

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННО БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННО АУТНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
ВЬЕТНАМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЛЕСНОЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО –
ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ,
ПРАКТИКА И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ»**

20 – 22 сентября 2021г

*Посвящается
15-летию кафедры экологической геологии геологического факультета
Воронежского государственного университета*

Воронеж 2021

УДК 553
ББК 26.38
Э 40

Научный редактор:

И.И. Косинова – доктор геолого-минералогических наук, профессор

Редколлегия:

Д.В. Панфилов – кандидат технических наук, доцент

Л.А. Ничкова – кандидат технических наук, доцент

С.И. Фонова – кандидат географических наук, доцент

VII Международная научно – практическая конференция «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы» / под ред. И.И. Косиновой. - Воронеж: АО «Воронежская областная типография», 2021. - 381 стр. ISBN 789-5-4420-0924-8

В сборнике представлена материалы VII Международной научно-практической конференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы», проходившей на площадке Севастопольского государственного университета 20-22 сентября 2021г. Включенные в сборник материалы отражают теоретические аспекты, практический опыт, современные тенденции, инновационные разработки в области эколого-геологических исследований, проблем техносферной и экологической безопасности, профильного экологического образования. Соучредителями конференции 2021г. стали ведущие вузы и научно – исследовательские организации России, Белоруссии, Азербайджана и Вьетнама. Материалы сборника включают результаты исследований ведущих ученых , практиков, значимый блок публикаций представлен трудами молодых ученых.

Материалы сборника могут быть полезны научным работникам, представителям производства, преподавателям и обучающимся ВУЗов, осуществляющим свою деятельность в сфере экологических направлений естественных наук, сфере техносферной и экологической безопасности, инженерно-экологических изысканий.

УДК 553
ББК 26.38

VII Международная научно – практическая конференция «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы»

ISBN 789-5-4420-0924-8

© Воронежский государственный технический университет



Содержание

И.И. Косинова О НАПРАВЛЕНИЯХ УЧЕБНОЙ, МЕТОДИЧЕСКОЙ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПЕРИОД ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ	11
В.Т. Трофимов, В.А. Королев, М.А. Харькина, В.В. Шанина РОЛЬ УЧЕБНЫХ И НАУЧНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЗНАНИЯМИ О НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЛИТОСФЕРЫ	17

Глава 1

Экологические функции литосферы и их трансформация в эпоху техногенеза

О.И. Аптикаева ДОБРОТНОСТЬ ЛИТОСФЕРЫ И СЕЙСМИЧНОСТЬ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГЭС	21
Е. В. Архипова, А. Д. Жигалин, О. А. Ковалева, О. С. Забайкина КОМПЛЕКСНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ МАЛЫХ ГОРОДОВ	26
В.А.Королев К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМАТИКИ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ	31
А.М. Кузин ВЛИЯНИЕ ФЛЮИДА НА ОТОБРАЖЕНИЕ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ В ДАННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ	36
П. В. Лобанов, И.Ю. Григорьева ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ ХАРВУТИНСКОЙ ПЛОЩАДИ ЯМБУРГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	39
В.И. Лысенко ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАНА СООБЩЕСТВОМ ПРОКАРИОТ И АРХЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	44

С.П. Пасмарнова , В.Р. Стародубцева АНАЛИЗ ВОДООБИЛЬНОСТИ ГОТЕРИВ-СЕНОМАНСКОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ (ВОРОНЕЖСКАЯ, КУРСКАЯ ОБЛАСТИ)	49
О.Г. Столова , Р.Р. Гильмутдинов ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ РОССИИ: ИХ ЗНАЧЕНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЭПОХУ ТЕХНОГЕНЕЗА	53
В.Т. Трофимов ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ, АТМОСФЕРЫ, ПОВЕРХНОСТНОЙ ГИДРОСФЕРЫ: СОДЕРЖАНИЕ, ЕДИНЫЙ ПОДХОД К ИХ СИСТЕМАТИКЕ	58
В.Т. Трофимов КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АБИОТИЧЕСКИХ СФЕР ЗЕМЛИ И НОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИИ КАК МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ НАУКИ	64
V.A.Mammadov, H.Kh.Khalilova TRANSFORMATION OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS IN TECHNOGENIC DISTURBED ZONES (CASE STUDY: THE ABSHERON PENINSULA)	69

Глава 2

Проблемы техносферной и экологической безопасности территорий

Ф. Ф. Ахметшина, Л. И. Осадчая, Л.А. Ничкова ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ СФЕРЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ В ГОРОДЕ СЕВАСТОПОЛЬ	75
О.В.Базарский, Д.А.Пантелеев, И.М. Семилетов, В.В.Ильяш, А.А. Курышев ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕГРАДАЦИИ РЕЛЬЕФА ПОЛИГОНА «ПОГОНОВО»	78
О.В. Безгодова ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ХАМАР-ДАБАНА (НА ПРИМЕРЕ ПРИТОКОВ Р. ИРКУТ)	82
М.Г. Вахнин РОЛЬ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА НА СЕВЕРЕ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ	86
А.Р. Герасимов, Л.И. Осадчая, Л.А. Ничкова СТРУКТУРА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ	90

И.В.Иванусь , А.С.Волынский МЕТОДИКА ФЕРРООЧИСТКИ ТЕРРИТОРИИ КАК КОМПОНЕНТ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ	92
В.И Лысенко, Н.В. Шик ЛИНЕЙНО-ВЫТЯНУТЫЕ ОСЫПИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА КАК ФАКТОР РИСКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	96
Л.И. Надежка, А.Е. Семенов, И.Н. Сафронич, И.Т. Ежова, Э.И. Золототрубова, И.А. Сизаск СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	101
Т.Г. Окунева , А.А. Селезнев , Д.В.Киселева , С.В. Карпова ПРИМЕНЕНИЕ ИЗОТОПОВ CU, ZN И Pb ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В КРУПНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ГОРОДЕ (ЕКАТЕРИНБУРГ, РОССИЯ)	107
А.А. Селезнев,И.В. Ярмошенко,Г.П. Малиновский,М.В. Стрелецкая, М.В. Червяковская, Н.А. Реутова ИЗОТОПНЫЕ ОТНОШЕНИЯ СВИНЦА В СОВРЕМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ НАНОСАХ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ ГОРОДОВ	112
К.Ю. Силкин МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ	116
О.В. Шершнёв, А.И. Павловский, И.И. Косинова ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗРАБОТОК МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	125
Н.Кh.Khalilova, A.S.Alosmanov, V.A.Mammadov, S.A. Garaybeyli, I.T. Poladova A NEW APPROACH TO ECOLOGICAL SITUATION IMPROVEMENT IN STONE CARRIERS USING MULTICOMPONENT NARHTHENATES	131
Е.Э. Бурак, С.И. Фонова, И.И. Косинова, Р.А. Лучников РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В Г. ЖЕЛЕЗНОГОРСК	134

Глава 3

Экологические последствия практически-хозяйственной деятельности в геосферах

Т.Т. Абрамова ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СВОЙСТВ СЛАБЫХ ГРУНТОВ НА ДЛИТЕЛЬНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ	140
---	-----

Т.А. Барабошкина ЭКОЛОГО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАССИВОВ НАМЫВНЫХ ГРУНТОВ РАЙОНОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ	145
Н.В. Бобровников, А.Г. Десятерик, Н.Г. Голованник ГИДРОГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ В СТЕПНОМ КРЫМУ. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ ОРОШЕНИЯ ПО СИСТЕМЕ СКК	149
В.А. Бударина, И.И. Косинова, В.И. Попов, Ф.Н. Лисецкий, Л.С.Чернова ТИПИЗАЦИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНОВ ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНО- ЧЕРНОЗЕМНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РЕГИОНА	153
И.С. Дубоделов, Ю.М. Зинюков ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕРРИТОРИИ, НАХОДЯЩЕЙСЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КРУПНОГО ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ТАМБОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, ГАВРИЛОВСКИЙ РАЙОН)	158
А.Д. Жигалин, Е.В. Архипова, Н.А. Федорук, В.В. Сазонова ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ УРБОЭКОЛОГИЯ. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО В ГОРОДАХ	163
Т.В. Иванова, Г.А. Сигора МЕТОДЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ КАРЬЕРОВ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА	168
В.В.Ильяш, Д.А. Белозеров ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В ЮГО-ВОСТОЧНЫХ РАЙОНАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	171
Н.А. Ларионова ОТХОДЫ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	177
А.И. Павловский, О.В. Шершнев, С.В. Андрушко, В.Л. Моляренко ИСТОЧНИКИ И ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ КРУПНЫХ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	183
О.В. Панина ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО СКЛОНА СЕВЕРО- ЗАПАДНОГО КАВКАЗА В СВЯЗИ СО СТРОИТЕЛЬСТВОМ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ	188
Н.Н. Ткаченко, И.И. Косинова, А.Н. Галкин ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ	191
Н.Н. Ткаченко, И.И. Косинова, Д.А. Белозеров НИТРАТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЛИПЕЦКОГО ПРОМРАЙОНА	195

Харькина М.А., Валиева А. ПОСЛЕДСТВИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ЭКОЛОГО- ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УЧАСТКА ДОЛИНЫ РЕКИ КЛЯЗЬМА	197
С.В. Шахов, М.С. Добросоцкий, С.Р. Овчаренко АРБОЛИТ – НОВЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРОДУКТ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	201

Глава 4

Техногенные и экологические риски

В.И. Аксёнов, С.Г. Геворкян, А.В. Иоспа ВИД ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ЛЬДИСТОСТИ СИЛ СМЕРЗАНИЯ ПЕСЧАНЫХ И ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ СВАЯМИ	206
Л.А. Анисимов, О.Л. Донцова, О.В. Панина УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН «ЭЛЬТОН»	211
А.Г. Аронов, Т.И. Аронова СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В РАЙОНЕ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ В БЕЛАРУСИ	215
А.Е. Вольвач, Г.С. Курбасова, К.Х. Канониди, О.В. Боборыкина МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ, ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В КРЫМУ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ГЕЛИО-ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА «СИМЕИЗ-КАЦИВЕЛИ»	220
И.С. Геворкян БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ КАК СРЕДСТВО БОРЬБЫ С ПЕРЕНОСЧИКАМИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ТРАНСМИССИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ	222
Т.В. Гусева, И.С. Крупенникова ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС О ДЕФОРМАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КРЫМУ	226
Ф.Х. Каримов К ГЕОФИЗИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КОВИД-19	232
В.Н. Комлев ГЛУБИННЫЙ ЯДЕРНЫЙ МОГИЛЬНИК В РОССИИ: УНИКАЛЬНОЕ НЕСООТВЕТСТВИЕ КАНОНАМ	238
Г.Г. Кочемасов СВЯЗЬ КРАНИОМЕТРИИ ЧЕЛОВЕКА С КОЛЕБАНИЯМИ ЛИТОСФЕРЫ (ЩИТ-	250

БАССЕЙН)

- Д. К. Кузьмин**
ТЕХНОГЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ НЕФТИ И ГАЗА 255
- Ю.Г. Кутинов ,З.Б. Чистова**
МИНЕРАГЕНИЧЕСКАЯ ПРОВИНЦИЯ, КАК ОСНОВНАЯ ЕДИНИЦА
РЕГИОНАЛЬНОГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА 260
- А. А. Лысак, Г. А. Сигора**
ПРОБЛЕМА ЗАГРУЖЕННОСТИ АВТОТРАНСПОРТОМ УЛИЦ Г.
СЕВАСТОПОЛЯ 266
- Т.В. Любимова, В.В. Стогний , Г.А. Стогний**
ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ПРИМЕРЕ
РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ 268
- А.А. Поморцева, О.А. Поморцев, Д.С. Кузьмин**
ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НА УЧАСТКАХ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОСВОЕНИЯ В КРИОЛИТОЗОНЕ ЯКУТИИ 273
- И.Н. Сафронич,В.А. Бударина, А.Н. Галкин**
СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ ФОНОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО
ПОЛЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ НА ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ
ПЛАТФОРМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ 277
- И.Н. Сафронич, М.А. Ефременко, В.А. Бударина, А.И. Павловский**
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСТОЧНИКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ,
ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ОТКРЫТЫМ
СПОСОБОМ 283
- А.Л. Стром**
МНОГОУРОВНЕВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАМЕННЫХ ЛАВИН И ЕЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ 290
- В.Т. Трофимов ,М.А. Харькина**
К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ
ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ 294
- Усупаев Ш.Э., Едигенов М.Б.**
ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНО-РУДНИЧНОЙ ГЕОЛОГИИ И ЕЕ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ
ВЕТВИ 298
- С.И. Фонова, А.В. Эпиташвили, Я.М. Фирсов**
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБ ВОЗДУХА (ГАЗА) НАД СТОЧНЫМИ ВОДАМИ
ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ 307
- Нгуен Тхань Хунг, Фан Ван Туан**
ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И 313

ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРОВИНЦИИ ДОНГ НАЙ, ВЬЕТНАМ

В.В. Шанина

КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОСЛЕДНЕГО
ДЕСЯТИЛЕТИЯ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ 319

О.В. Шершнёв, А.И. Павловский, А.Ф. Акулевич

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ ЗОНЫ АЭРАЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО
ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА 323

А.С. Шешнёв, Д.С. Маджид

ОСОБЕННОСТИ СТОКА НЕФТЕПРОДУКТОВ ПО ГОРОДСКИМ ОБРАЖНО-
БАЛОЧНЫМ КОМПЛЕКСАМ (НА ПРИМЕРЕ САРАТОВА) 328

Глава 5

Молодые в науке

О.В. Безгодова

ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК
ХАМАР-ДАБАНА (НА ПРИМЕРЕ ПРИТОКОВ Р. ИРКУТ) 331

А.Ч. Гараханов, М.Ч. Гапуров, А. Ходжаев

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИАРАЛЬСКОГО
РЕГИОНА ТУРКМЕНИСТАНА 335

А.В. Гережун, М.А. Фролова, П.А. Пономаренко, С.С. Безотосный

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПРОТОНОВ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ РАБОТАЮЩЕГО ВОДО-
ВОДЯНОГО РЕАКТОРА НА ПРИМЕРЕ ИР-100 340

М.В. Горбунова, М.А. Харьковина

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НАДЫМСКОГО
РАЙОНА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПРОЦЕССЕ ИХ ТЕХНОГЕННОГО ОСВОЕНИЯ 343

А.В. Дубачева, И.И. Косинова, Ж.Ю. Кочетова

ВЫСОКОДОСТОВЕРНЫЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФфуЗИИ ГАЗОВ
В ГРУНТАХ 348

В.С.Королев, И.Ю.Григорьева, В.А.Королев

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УЧАСТКА
САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ) 353

М.А. Митрофанова, И.И. Косинова

ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯНАО 358

Д.С. Нестеров, В.А. Королёв

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ 361

М.С. Подольская, Г.А. Сигора ОСОБЕННОСТИ И НЕДОСТАТКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА	367
П.А. Пономаренко, А.Ю. Потапчук, С.С. Безотосный, М.А. Фролова, Е.В. Буркова, Г.А. Сигора АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ ДОЛИ ЗАПАЗДЫВАЮЩИХ НЕЙТРОНОВ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА РАЗМНОЖЕНИЯ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ В ТЕПЛОВЫХ РЕАКТОРАХ	369
И.В. Романова К ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ В МОСКВЕ	374
О.Г. Фонова МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛОГИСТИКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ	378
У.А. Ходжаева, О.Б. Ёллыева, Э.М. Аннагулыева, А. Ходжаев ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ГОРОДА АШХАБАДА ПО ДАННЫМ HVSR-АНАЛИЗА	381



О НАПРАВЛЕНИЯХ УЧЕБНОЙ, МЕТОДИЧЕСКОЙ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПЕРИОД ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

И.И. Косинова kosinova777@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Аннотация. На примере работы кафедры экологической геологии ФГБОУ ВО ВГУ представлены основные направления учебной, методической и научной деятельности в период 2020/2021гг. Обозначены достоинства и недостатки дистанционного образования. Подчеркивается, что в сфере естественнонаучного образования полноформатное дистанционное представление материала значительно снижает уровень освоения компетенций обучающегося. Подчеркиваются возможности широкого общения в рамках научных конференций.

Ключевые слова: образование, дистанционная форма, компетенции, уровни, освоение, достоинства, недостатки

Настоящая конференция посвящена пятнадцатилетнему юбилею кафедры экологической геологии Воронежского государственного университета. Следует подчеркнуть, что 2020/2021 учебный год кардинально отличался от предыдущих лет деятельности кафедры, что связано с режимом работы в условиях эпидемиологических ограничений. Данное обстоятельство послужило причиной значительной перестройки учебного процесса в сторону его цифровизации. В то время как внедрение цифровых технологий предполагалось проводить постепенно, используя их как один из инструментов образовательного процесса, обстоятельства вынудили перейти в новый режим работы стихийно, в кратчайшие сроки. По результатам прохождения 2020/2021 учебного года в среде профессорско-педагогического состава сформировались представления о возможностях, достоинствах и недостатках дистанционного образования, которые продемонстрированы на примере методической и научной работы кафедры.

Учебная работа включала как аудиторные занятия, так и проведение учебных и производственных практик бакалавров и магистров. Новацией в этом плане является дистанционная форма проведения образовательного процесса, которую кафедра осуществляла в течение осеннего и весеннего семестров 2020-2021 учебного года. Преподавателями были созданы учебные курсы всех преподаваемых дисциплин, которые выгружались на МУДЛ. Общение со студентами проходило как в виде видеоконференций, так и в дистанционной форме. Предварительный анализ позволяет выделить общие и частные особенности процесса:

1. Неспособность всей студенческой аудитории к преимущественному виду самостоятельной работы. В ФГОС 3++ уже были заложены подходы, ориентированные на талантливых, способных легко обучаться студентов. Это было отражено в дроблении учебного процесса на аудиторную и самостоятельную формы работы. Предполагалось, что студент вуза 50% своего рабочего времени должен уделить самообразованию. Опыт работы в вузе демонстрирует несостоятельность подобного подхода. Только 10-15% обучающихся соответствуют предложенной схеме. Они систематически работают с литературой, интернет – источниками, осваивают новые методы исследований, разрабатывают собственное видение на те, или иные разделы науки. Около 20-25% обучающихся самостоятельно не работают. Это связано не только с нежеланием уделять время получению дополнительных знаний, но и неспособностью самостоятельно их усвоить. И если в очной форме обучения эта группа студентов получала основы профессиональных знаний, то при дистанционной форме эти студенты начинают выпадать из образовательного процесса. Опыт весенней сессии и выпуска 2019-2020 учебного года демонстрирует данную тенденцию. Студенты не способны положительно сдать сессию, некоторые из них не могут подготовить выпускные

квалификационные работы. При этом, усилия, прилагаемые профессорско-преподавательским составом - титанические. Формирование ВКР во многом ложится на плечи научных руководителей. Большая часть студентов, которая составляет около 60% студенческой аудитории, справляется с возникшей ситуацией согласно личным техническим и психофизиологическим возможностям. Это отображается в изобретении способов и методов сдачи зачетов, экзаменов, не утруждая и не загружая себя знаниями общего и профессионального характера. Основной целью становится успешное преодоление сессии с незначительным объемом приобретаемых знаний, умений и навыков.

2. Вторая особенность формирования специалиста дистанционной формы подготовки представляет собой ограниченность и недостаточность знаний. Она проистекает из первой. Секвестированность знаний приводит к отсутствию необходимых компетенций, лежащих в основе формирования специалиста. Основной формой оценки знаний становятся тесты. Несомненно, что тесты могут применяться как один из элементов оценки знаний, однако отсутствие очного общения не позволяет формировать навыки личных формулировок, изложения материала, защиты полученных материалов и т.п. Данное обстоятельство давно обсуждается в практике образовательного процесса. Подчеркивается, что тесты позволяют:

- А) Выявить знания по стандартизированной выверенной форме;
- Б) Исключают практически мнение преподавателя о знаниях студента;
- С) Сокращают до минимума временные затраты на оценку знаний обучающегося.

Данные позиции, заявленные как достижения, в действительности трактуют недостатки метода тестирования. Тестовая форма оценки является специфическим педагогическим приемом, позволяющим в ускоренном режиме получить усредненную оценку знаний обучающегося. Она исключает либо сводит до минимума креативность научного мышления, творческий подход к проблеме, определяет его замкнутость в заданных границах.

3. Положительным моментом текущего года стало проведение учебных и производственных практик в очном режиме. Это позволило значительно поднять уровень осваиваемых компетенций обучающихся. Все студенты получили положительные оценки по следующим учебным практикам:

- по основам геоэкологии;
- экологической геологии;
- методам эколого-геологических исследований.

В процессе производственной практики были выявлены недостатки подготовки студентов, которые сформировались в процессе дистанционного обучения. Студенты-практиканты с трудом усваивают поставленную задачу, имеют проблемы с компьютерной обработкой материалов, с трудом справляются с построением тематических карт. Однако весьма успешно работают в системе Интернет-поиска.

4. Психологические и моральные факторы, не позволяющие преподавателям в сложной ситуации пандемии ставить неудовлетворительные оценки. Анализ результатов весенней сессии обучения студентов профилизации «экологическая геология» показал специфику ситуации, отраженную на рис. 1.

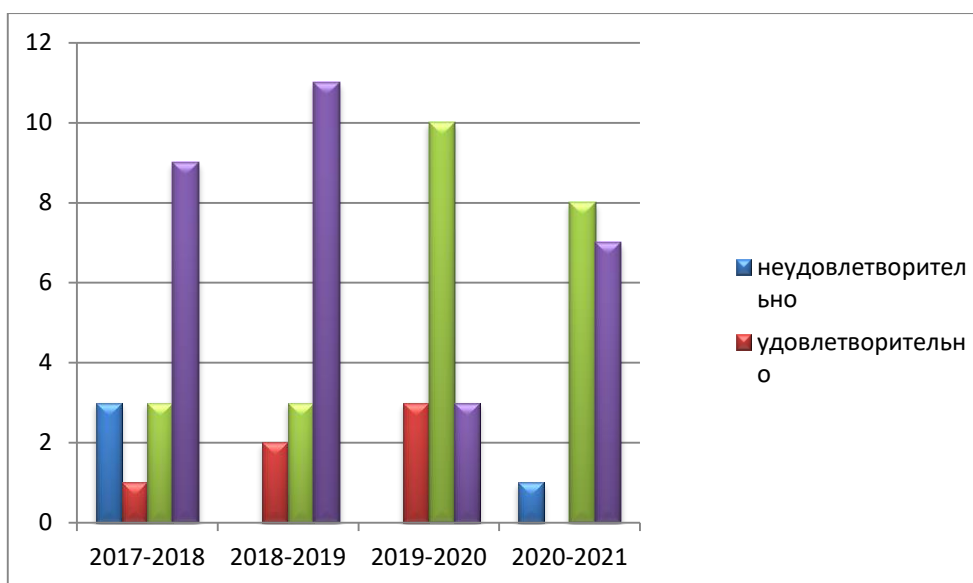
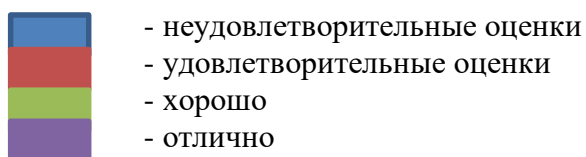


Рисунок 1 – Усредненные показатели результатов весенней сессии бакалавров профилизации «экологическая геология».



Данный график демонстрирует трансформацию качества оценок за счет повсеместного увеличения оценок «хорошо». Категория неудовлетворительных оценок перешла в класс удовлетворительных. Недостаточность получаемых знаний отражена значительном уменьшении отличных оценок, которые перешли в категорию «хорошо». Явно просматривается дотягивание преподавателями оценок до удовлетворительных (из слабых ответов) и хороших (из удовлетворительных). Данная ситуация совершенно закономерна, т.к. преподаватели осознают трудности, с которыми студенты столкнулись при подготовке к весенним сессиям обучения в период эпидограничений.

Методическая работа проводилась сотрудниками кафедры в течение года весьма активно. Это проявлялось в следующих направлениях:

А) Разработка методического обеспечения дистанционной формы образовательного процесса.

Б) Активная работа по актуализации рабочих учебных программ и методических пособий.

В) Разработка программа заочной магистратуры «Инженерные изыскания и экологическое проектирование». Разработан ООП, рабочие учебные программы для магистратуры. Произведен набор студентов на данную магистратуру. Следует подчеркнуть, что 50% обучающихся пришли на заочную магистратуру с кафедры экологической геологии. Заочная договорная форма оставляет только сугубо заинтересованных в получении профильных знаний магистров. Положительным моментом является факт профильного трудоустройства поступивших магистров.

Г) Начата работа по организации учебного процесса по СПО по рациональному природопользованию.

Д) В течение 2020-2021 учебного года подготовлены и сданы к публикации 3 учебных пособия.

Е) Весьма затянулось издание учебника, подготовленного Косиновой И.И., Гуман О.М., Бударинной В.А., Ильяшом В.В. «Методы эколого-геологических исследований и

рациональное недропользование». В связи с дистанционной формой работы не удалось вовремя получить гриф ФУМО, присвоенный данному учебнику в феврале текущего года. Учебник был доработан согласно замечаниям рецензента-Проф.Трофимова В.Т. При получении грифа в сентябре 2021г учебник будет передан в редакцию для издания.

Е) Кафедра приняла активное участие в методической работе по обеспечению ФГОСЗ++. В настоящее время подготовлен каркас ООП для специализации «экологическая безопасность недропользования», разработано около 50% рабочих учебных программ. Завершение данной работы планируется на сентябрь 2021.

Научная деятельность кафедры. Несмотря на сложности дистанционного общения, кафедра активно участвовала в научной работе. Была проведена серия научных мероприятий, среди которых:

А) Международная научно-практическая конференция «Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов»- 17-19 ноября 2020 г., г. Воронеж. Конференция проведена при поддержке: Российского фонда фундаментальных исследований, Договор № 20-55-00010 от 30.04.2020г. и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, Договор №Х20Р—284 от 04.05.2020г. В ее работе рассматривались следующие направления:

1. Трансформация экологических функций геосфер горнодобывающих районов: источники, направления, критерии оценок.
2. Проблемы техногенной и экологической безопасности на предприятиях горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, техногенные и экологические риски.
3. Экологическое образование.
4. Системы рационального природопользования в пределах горнодобывающих районов.

Б) I Международная научно-практическая конференция «Современные методические и практические особенности развития внутреннего туризма в регионах Российской Федерации». 25 ноября 2020 г., г. Воронеж. Соучредителями конференции, помимо ВГУ, стали Общество с ограниченной ответственностью «ДОНЭКОПАРК», Компания «ДАКТЕЛА» SRO Чешская республика.

Вопросы, рассмотренные на конференции:

1. Правовые и экономические особенности развития региональной туристической отрасли.
2. Методология развития системы ООПТ федерального и регионального значения.
3. Экологическое образование.
4. Менеджмент туристических территорий.

В) Восьмой международный молодёжный инновационный проект «Школа экологических перспектив». В работе проекта приняло участие около 100 студентов. Начало работы проекта было реализовано в компакт-лекциях ведущих ученых. Среди них лекция Заведующего кафедрой геологии и географии Гомельского государственного университет имени Франциска Скорины, кандидата географических наук, доцента Павловского Александра Илларионовича на тему : «Экологические проблемы геологической среды горнопромышленных районов Беларуси», кандидата геолога – минералогических наук, старшего научного сотрудника кафедры инженерной и экологической геологии Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова Жигалина Александра Дмитриевича на тему : «Геофизическая урбэкология. Безопасность и комфорт». В рамках проекта была проведена встреча с потенциальными работодателями, на которой была возможность задать вопросы, касающиеся трудоустройства. Прошло заслушивание и обсуждение результатов специалистов и молодых ученых по актуальным экологическим проблемам, экологическим аспектам инженерных изысканий в строительстве, теоретическим

и практическим, экономико-правовым и медицинским вопросам экологической и геологической деятельности, экологического образования и воспитания школьников.

Г) Региональная научно-практическая конференция «День Земли» прошла 22 апреля, в международный день Земли. Согласованными участниками данного мероприятия стали:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский университет»;

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования центр дополнительного образования «Созвездие»;

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №48 г. Воронеж;

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №97 г. Воронеж;

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение Лицей №1 г. Воронежа;

Муниципальное казённое общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 1;

Муниципальное казенное общеобразовательное учреждение Борисоглебского городского округа «Чигоракская общеобразовательная школа».

Данное мероприятие имеет большое значение в рамках проф-ориентационной работы. В целом в работе данного проекта приняло участие более 300 школьников и студентов, наблюдающих прохождение конференции в он-лайн режиме.

Первый этап конференции был посвящен работе секции «Юные в науке». Высший уровень проведенных экологических исследований продемонстрировали обучающиеся центра дополнительного образования «Созвездие». Представленные работы касаются проблем экологического состояния атмосферы, водных объектов Воронежа и Воронежской области. Большой интерес вызвали проекты преподавателей и учеников 48 и 97 общеобразовательных школ, взаимосвязывающие гуманитарные и естественные ветви знания на основе любви к природе.

Второй этап конференции «День Земли» объединил доклады ведущих ученых, аспирантов и магистров. Спектр рассматриваемых проблем весьма широк: экологический менеджмент районов предприятий логистики нефтепродуктов, эколого-гидрогеологическая оценка отдельных территорий, методология исследований экологических функций литосферы и др.

В результате научного мероприятия были решены задачи профориентационной ориентации учащихся общеобразовательных школ, акцентированы вопросы экологического образования и просвещения, представлены рекомендации улучшения экологической ситуации в пределах техногенных нагруженных территорий города Воронежа и Воронежской области.

Д) С 19 по 25 июля 2021 года на площадке Воронежского государственного университета проходил международный научно-практический семинар на тему «Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнодобывающих регионов». Данный семинар проходил в рамках одноименного международного гранта, который выполняется Воронежским государственным университетом, а также Гомельским государственным университетом имени Франциска Скорины, (Республика Беларусь). Для участия в мероприятии в Воронеж прибыла делегация белорусской стороны, которая включала руководителя гранта от Белоруссии, заведующего кафедрой геологии и географии доктора Павловского А.И. и молодых коллег, преподающих на кафедре геологии и географии данного университета. Семинар проходил в достаточно динамичном формате. Первый день 19 июля представлял собой пленарное заседание, в рамках которого выступили научные руководители и основные исполнители Гранта. Семинар проходил в формате Пленарного заседания, серии выездных тематических круглых столов. Тематика круглых столов была достаточно широкая: Проблемы природных

и искусственно созданных водных объектов региона; Закономерности трансформации экологических функций литосферы при добыче гранитного сырья; Экологические проблемы Воронежского водохранилища; Закономерности трансформации экологических функций литосферы при добыче карбонатного сырья; Экологический мониторинг природных территорий.

Заключительная часть семинара представляла собой встречу всех участников и обсуждение полученных результатов. Несомненно, что мероприятия данного формата представляют большой научный и практический интерес. Они позволяют на международном уровне не только обмениваться результатами фундаментальных и методических разработок в области обеспечения экологической безопасности техногенно нагруженных территорий, но и осуществить выезды на конкретные объекты с целью анализа эффективности внедрения природоохранных рекомендаций на отдельных объектах. По результатам конференций были изданы сборники материалов.

Рассматривая опыт работы кафедры экологической геологии Воронежского государственного университета в условиях эпидемиологических ограничений, можно сделать следующие выводы:

1. Дистанционное обучение является одним из инструментов реализации образовательного процесса при подготовке студентов естественного профиля. Полная цифровизация данных образовательных программ приводит к формированию специалиста, не освоившего все необходимые компетенции, не способного к полноценной практической работе.

2. Цифровизация образования требует разработки значительного количества методических и учебных пособий, отражающих технологию приобретения необходимых умений и навыков. При этом, данные методические разработки должны включать информацию в видеоформате для возможности повторения ее обучающимися.

3. Полученный опыт продемонстрировал значительное преимущество очного обучения обучающихся естественного профиля относительно дистанционного.

4. Преимуществом дистанционного формата является возможность широкого проведения научных мероприятий с привлечением значительной аудитории докладчиков, слушателей. Важным аспектом таких мероприятий является форма дискуссионной площадки, в рамках которой могут коллективно обсуждаться поставленные проблемы, разрабатываться направления дальнейшего развития.

ON THE DIRECTIONS OF EDUCATIONAL, METHODOLOGICAL AND SCIENTIFIC ACTIVITIES IN THE PERIOD OF EPIDEMIOLOGICAL RESTRICTIONS

*Kosinova I.I. kosinova777@yandex.ru
Voronezh State University, Voronezh, Russia*

Annotation. On the example of the work of the Department of Environmental Geology of the VSU, the main directions of educational, methodological and scientific activities in the period 2020/2021 are presented. The advantages and disadvantages of distance education are indicated. It is emphasized that in the field of natural science education, full-format remote presentation of the material significantly reduces the level of mastering the competencies of the student. The possibilities of wide communication within the framework of scientific conferences are emphasized.

Keywords: education, distance form, competencies, levels, mastering, advantages, disadvantages.

**РОЛЬ УЧЕБНЫХ И НАУЧНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
СОДЕРЖАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ ИМЕНИ М.В.
ЛОМОНОСОВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЗНАНИЯМИ
О НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ФУНКЦИЙ ЛИТОСФЕРЫ**

*В.Т. Трофимов, В.А. Королев, М.А. Харькина, В.В. Шанина, trofimov@rector.msu.ru
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

Аннотация. Сформулировано содержание дисциплины «Экологическая геология», преподавание которой осуществляется на геологическом факультете во всех классических университетах России. Рассмотрены учебные и научные произведения эколого-геологического содержания геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, дающие полную фундаментальную теоретическую основу учения о ресурсной, геодинамической, геохимической и геофизической экологических функциях литосферы, дающие преподавателям и студентам возможность расширить знания и получить реальные представления о негативных последствиях функционирования экологических функций литосферы для подготовки грамотных специалистов.

Ключевые слова: дисциплины, учебники, учебные пособия, экологическая геология, экологические функции литосферы, эколого-геологические условия, экологические последствия.

Сотрудниками геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова в конце XX века создано новое направление исследований в геологии — экологическая геология, исследующая экологические функции литосферы, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием природных и техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью биоты и прежде всего человека [1, 9]. Теоретико-методологические основы нового направления в геологии рассмотрены в монографиях "Теория и методология экологической геологии" (1997) [4] и "Экологические функции литосферы" (2000) [12], опубликованных под редакцией В.Т.Трофимова. Теоретической и методической базой экологической геологии является учение об экологических функциях литосферы, которое подразумевает изучение роли внешней твердой неорганической оболочки Земли как среды существования биоты (растительного и животного мира и человеческой популяции). Литосфера является одновременно *источником энергии* и ее *поглотителем*. Значительная часть этой энергии расходуется на поддержание геологических процессов, а также на создание условий, пригодных для жизни. Эти качества литосферы реализуются через ресурсную, геодинамическую, геофизическую и геохимические функции.

Развитие направления экологическая геология обеспечено созданием учебников и учебных пособий сотрудниками геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова. Первым был выпущен учебник «Экологическая геология» [9], в котором сформулированы объект и предмет этой науки, охарактеризованы ресурсная, геодинамическая, геохимическая и геофизическая функции литосферы. В его основу положен материал программы курса "Экологическая геология", читаемый студентам геологического факультета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, подробнее с ним можно ознакомиться в Лекциях по экологической геологии В.Т. Трофимова (2005, 2009, 2018) [5-7].

В 2008 г. вышел учебник «Экологическая геодинамика» [11], в котором даны представления о негативных последствиях функционирования экологических функций литосферы, обусловленные проявлением катастрофических, опасных, неблагоприятных и благоприятных геологических процессов, а также геодинамических зон. В нем представлена информация о закономерностях трансформации экстенсивности и интенсивности развития современных геологических и других природных процессах при различных видах

техногенных воздействий. Предложены критерии оценки эколого-геологических условий, обусловленных проявлением экологической геодинамической функции литосферы.

В 2013 г. вышло учебное пособие «Геоэкология» [2], в котором освещены проблемы и история становления геоэкологии как науки; основные понятия и определения в системе геоэкологических знаний; теоретические положения по вопросам строения, динамики и взаимодействия геосфер Земли и представлен новый взгляд в определение геоэкологии: «Геоэкология – междисциплинарная отрасль знаний, рассматривающая экологические последствия природных и антропогенных процессов, происходящих в геосферах Земли». В учебном пособии рассмотрены негативные последствия функционирования экологических функций литосферы и реакция на них экосистем Земли; уделено внимание экологическим последствиям функционирования природно-технических систем различных типов: городских, промышленных, сельскохозяйственных, энергетических и др. Позднее В.Т. Трофимов представил уточненную формулировку содержания понятия «геоэкология» – междисциплинарная наука, изучающая экологические функции абиотических сфер Земли – экотопа экосистем, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием современных природных и антропогенных воздействий в связи с жизнью и деятельностью биоты, включая человека – биоценоза экосистем [8].

В 2016 г. опубликовано 3-х томное учебное пособие «Эколого-геологические условия России» [13], регулярно используемое студентами и преподавателями в рамках одноименного курса, а также курса «Эколого-геологическое картографирование». В учебном пособии отражены достижения российской науки в области исследования эколого-геологических обстановок, обусловленных пространственным распределением и сочетанием природных и антропогенно трансформированных экологических функций литосферы. В *первом томе* описаны специальные характеристики, определяющие влияние геологических факторов на живое, общие закономерности формирования и морфологическая выраженность экологических функций литосферы – ресурсной, геохимической, геофизической и геодинамической – как природных образований, пространственное распределении составляющих экологических функций литосферы на территории России.

Во *втором томе* рассмотрены вопросы антропогенного воздействия на литосферу и их роль в изменении четырех экологических функций литосферы на территории России. Приводятся сведения об экологических последствиях трансформации биогенных, минерально-сырьевых ресурсов, особое внимание уделено трансформации экстенсивности и интенсивности геологических процессов, а также экологических последствиях антропогенно обусловленной трансформации геохимических и геофизических полей.

В *третьем томе* описаны эколого-геологические условия России как современные проявления экологических функций литосферы. Дана оценка экологического риска при функционировании эколого-геологических систем, рассмотрено состояние эколого-геологического мониторинга в России и пути его совершенствования. Сформулированы задачи экологической геологии в области управления экологическими обстановками в целях сохранения ими оптимального состояния. Дана оценка экологического риска при функционировании эколого-геологических систем на территории России. Сформулированы задачи экологической геологии в области управления экологическими обстановками в целях сохранения ими оптимального состояния. На примере конкретных районов России рассмотрены вопросы геологического обоснования схем инженерной защиты зданий, сооружений и территорий от воздействия современных геологических процессов как негативных последствиях функционирования экологических функций литосферы, описано экологическое значение лавинно-, селе-, оползнезащиты [13].

В 2018 г. вышла монография «Экологические функции абиотических сфер Земли» [10], используемая магистрантами при подготовке к экзаменам по эколого-геологическим дисциплинам. В книге изложены основы геоэкологии, теоретическим базисом которой являются представления об экологических функциях геосфер Земли. Описаны этапы формирования экологических функций абиотических сфер Земли, включая природные и

техногенно-природный. Для каждой абиотической сферы Земли (литосферы, поверхностной гидросферы, педосферы и атмосферы) определены закономерности формирования ресурсной, геодинамической, геохимической и геофизической экологических функций и следствия их изменения под влиянием техногенеза.

Показано, что эволюция экологических функций геосфер Земли представляет собой природный процесс, развитие которого обусловлено земными (извержения вулканов, землетрясения и др.) и космическими факторами. Даны основные позиции обоснования управления экологическим состоянием природных и природно-техногенных систем для снижения негативных последствий функционирования экологических функций литосферы.

В 2019 г. опубликована монография «Современная динамика литосферы и ее экологические последствия» [3], используемая магистрантами-геоэкологами при сдаче экзаменов. В книге рассмотрены вопросы о негативных последствиях функционирования экологических функций литосферы, связанные с изучением воздействия природных и антропогенных геологических процессов на биоту и социум, как с позиции оценки возможных катастроф, так и с точки зрения комфортности ее проживания. Охарактеризована современная эндогеодинамика (активные геодинамические зоны, вулканизм, сейсмическая активность, тектонические процессы и связанные с ними геохимические и геофизические неоднородности Земли) и экзогеодинамика (гравитационные склоновые процессы; процессы, связанные с деятельностью поверхностных и подземных вод; процессы, связанные с деятельностью ветра, мерзлотные процессы и др.). Дана информация об экологические последствия проявления геологических процессов. Современные экзогенные геологические процессы рассмотрены как причина изменения качества геологического пространства для проживания социума и функционирования экосистем. Приводится обоснование схем инженерной защиты для обеспечения функционирования экосистем и снижения негативных последствий функционирования экологических функций литосферы.

Наиболее полно позиции учения об экологических функциях абиотических сфер Земли рассмотрены В.Т. Трофимовым в монографии «Теоретические аспекты геоэкологии», опубликованной в 2020 году [8]. Важно отметить, что материальным носителем проявления последствий функционирования экологических функций литосферы, который можно измерить и отразить на картографических моделях являются экологические свойства литосферы. Экологическое свойство литосферы – одна из сторон литосферы, ее специфический, экологически значимый атрибут, обусловленный природой ее вещественного состава, геодинамических, геохимических и геофизических полей и органически связанный с жизнеобеспечением биоты, условиями ее существования и эволюции. Экологические свойства литосферы следует рассматривать как результат ее эволюционного развития и техногенного преобразования, с которым связано существование биоты и ее дальнейшее функционирование [8].

Использование выше приведенных учебных и научных произведений эколого-геологического содержания не только в геологических ВУЗах, но и ВУЗах, осуществляющих экологическое образование, поможет преподавателям и студентам расширить знания и получить реальные представления о негативных последствиях функционирования экологических функций литосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базовые понятия инженерной и экологической геологии: 280 основных терминов / Трофимов В.Т., Королев В.А., Харьковина М.А. и др. Под ред. В.Т. Трофимова. М.: ООО «Геомаркетинг», 2012. 320 с.
2. Григорьева И.Ю. Геоэкология: Учеб. пособие. — М: ИНФРА-М, 2013. — 270 с

3. Современная геодинамика литосферы и ее экологические последствия / В.Т. Трофимов, М.А. Харькина, Т.А. Барабошкина, А.Д. Жигалин и др. Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Московского университета, 2019. 256 с.
4. Теория и методология экологической геологии / Под ред. В.Т. Трофимова / Т. И. Аверкина, Б. В. Виноградов, Г. А. Голодковская и др. — Изд-во МГУ Москва, МГУ, 1997. — 368 с.
5. Трофимов В. Т. Лекции по экологической геологии. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. — 182 с.
6. Трофимов В. Т. Лекции по экологической геологии. Лекции 6-10 // Лекции по экологической геологии. — М.: Изд-во МГУ, 2009. — С. 152.
7. Трофимов В. Т. Лекции по экологической геологии. — М.: Издательство Московского университета, 2018. — 132 с.
8. Трофимов В. Т. Теоретические аспекты геоэкологии. — Москва, 2020. — 146 с.
9. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология. Учебник. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. 415 с.
10. Трофимов В.Т., Харькина М.А., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д. Экологические функции абиотических сфер Земли: монография. Под ред. В.Т.Трофимова. М.: «КДУ», «Университетская книга», 2018. 608 с.
11. Трофимов В.Т., Харькина М.А., Григорьева И.Ю. Экологическая геодинамика. Учебник. М.: КДУ, 2008. 473 с.
12. Экологические функции литосферы / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг, Т. А. Барабошкина и др. — Москва, 2000. — 432 с.
13. Эколого-геологические условия России: учебное пособие / Под ред. В.Т. Трофимова. В 3-х томах. М.: «КДУ», «Университетская книга», 2016.

**THE ROLE OF EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC WORKS OF THE
ECOLOGICAL-GEOLOGICAL CONTENT OF THE GEOLOGICAL FACULTY OF THE
LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY IN PROVIDING TRAINING OF
SPECIALISTS WITH KNOWLEDGE ABOUT THE NEGATIVE CONSEQUENCES OF
THE FUNCTIONING
OF THE ECOLOGICAL FUNCTIONS OF THE LITHOSPHERE**

*V.T. Trofimov, M.A. Kharkina, V.A. Korolev, V.V. Shanina, trofimov@rector.msu.ru
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

Abstract. The content of the discipline " Ecological Geology" has been formulated, which is taught at the Faculty of Geology in all classical universities of Russia. Educational and scientific works of the ecological-geological content of the geological faculty of the Lomonosov Moscow State University, giving a complete fundamental theoretical basis for the doctrine of the resource, geodynamic, geochemical and geophysical ecological functions of the lithosphere, giving teachers and students the opportunity to expand knowledge and get real ideas about the negative consequences of the functioning of the ecological functions of the lithosphere for the preparation of competent specialists.

Keywords: disciplines, textbooks, study guides, ecological geology, ecological functions of the lithosphere, ecological-geological conditions, ecological-geological consequences.

Глава 1

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЭПОХУ ТЕХНОГЕНЕЗА



УДК 550.34

ДОБРОТНОСТЬ ЛИТОСФЕРЫ И СЕЙСМИЧНОСТЬ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГЭС

О.И. Антикаева, antikaevaoi@mail.ru

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Для изучения характеристик поля поглощения в районе площадки Рогунской ГЭС анализировалась короткопериодная кода местных землетрясений, записанных станциями ЧИСС в 1958-1989 гг., а также цифровые сейсмограммы землетрясений, произошедших в этом районе с 1989 по 2021 гг. Показано, что поле поглощения включает изометричные в плане высокодобротные зоны (блоки) и близкие к линейным зоны сильного поглощения (ослабленные зоны), которые совпадают с зонами разломов. Наиболее сильное землетрясение, зарегистрированное в районе Рогуна имеет магнитуду 5.0. После заполнения Нурекского водохранилища доля сильных событий существенно снизилась. Аналогичная тенденция ожидается в результате заполнения Рогунского водохранилища.

Ключевые слова: кода-волны, добротность, пространственные и временные вариации, поле поглощения, сейсмичность

Плотина Рогунской ГЭС относится к особо опасным объектам, поэтому полный комплекс инженерно-геологических и геофизических исследований разного масштаба на территории строительства должен включать в себя и материалы инструментальных сейсмологических наблюдений для изучения, в частности, сейсмичности и глубинного строения.

Во второй половине прошлого века на территории Таджикистана силами Института физики Земли АН СССР (КСЭ ИФЗ) и Института сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Таджикской ССР (ТИССС) была создана и успешно функционировала уникальная система сейсмологических и геофизических наблюдений. Стационарные и передвижные пункты наблюдений были оснащены в том числе и станциями ЧИСС [5]. К сожалению, в годы гражданской войны система наблюдений была фактически выведена из строя.

В настоящее время усилиями Геофизической службы АН РТ, ООО «RMP International» и ОАО «Рогунская ГЭС» создается локальная система сейсмического и деформационного мониторинга на Нурекско-Рогунском полигоне.

Большая часть имеющихся в настоящее время сейсмологических материалов по этому району получена с помощью аналоговых сейсмостанций, их обработка с помощью современных компьютерных технологий затруднена. Тем не менее, их целесообразно использовать как отправную точку для дальнейших исследований.

В настоящем исследовании поле поглощения в районе Рогунской ГЭС изучалось методом короткопериодной коды. Появление этого метода обязано обнаруженным

экспериментальным данным, свидетельствующим о том, что кода местных землетрясений на частотах $\sim 1-10$ Гц сформирована, в основном, поперечными волнами, отраженными от многочисленных слабых субгоризонтальных границ в земной коре и верхней мантии, и что определяющее влияние на формирование сейсмического волнового поля оказывает структура поля поглощения [1, 2]. Методика опробована на данных более чем 40-летнего сейсмического мониторинга на Гармском прогностическом полигоне в Таджикистане и использована на Алтае, Кавказе, в Восточной Анатолии, а также в эпицентральных областях ряда сильнейших землетрясений.

В работе использовались записи как аналоговых станций ЧИСС [5] (Гарм, Чиль-Дора, Мускинобод) за 1958-1989 гг., так и цифровых станций сетей IRIS (GRM, SIMI) и TJ (IGRN) за 1989-2021 гг. Проанализирована кода более 400 землетрясений Таджикской депрессии и ее окрестностей на частоте ~ 1 Гц (фильтр аналогичный каналу ЧИСС 1-1.6 Гц). Эпицентральные расстояния составляли 10-200 км.

В связи с тем, что в работе использовались записи аналоговых и цифровых станций необходимо было убедиться в том, что совместно обрабатываемый материал однороден.

Рис. 1, а демонстрирует безусловное совпадение огибающих коды землетрясений, локализованных в одном месте, но записанных в разное время станцией Гарм ЧИСС (03.12.1987 г., $t_0=18:10:47$, $\varphi=38.9$, $\lambda=70.47$, $K=9.5$) и цифровой станцией GRM сети IRIS (04.08.1991 г., $t_0=06:20:52$, $\varphi=38.87$, $\lambda=70.46$, $K=10$), (t_0 – время в очаге).

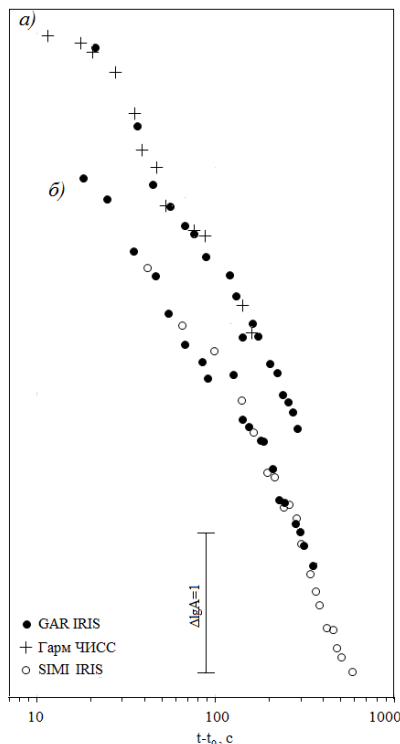


Рисунок 1 – Примеры огибающих коды землетрясений на частоте 1 Гц по записям станций Гарм (ЧИСС) и GRM (IRIS) (а), огибающие коды землетрясений 24.09.1989, $t_0=18:19:43$, $\varphi=38.62$, $\lambda=70.27$, $K=10$ и 21.09.2019, $t_0=11:30:56$, $\varphi=38.64$, $\lambda=70.22$, $M=4.6$ соответственно по записям станций GRM и SIMI (эпицентральные расстояния соответственно 43 и 105 км) (б)

Опыт предыдущих исследований показывает, что условия под станцией влияют в большей степени на уровень огибающих коды. Форма же огибающих коды совокупности землетрясений, записанных одной станцией, во временном окне от 5 до 100 с варьирует в больших пределах, чем форма огибающих коды одного и того же события, записанного разными станциями. Это наблюдение подтвердилось в процессе анализа рассматриваемого материала (рис.1, б). Таким образом, для оценок характеристик поля поглощения в равной степени использовались огибающие коды землетрясений, записанных каждой из упомянутых станций.

Как видно из приведенного рисунка, при $t-t_0 \sim 100-120$ с наклон огибающих коды меняется. На временах больших 100-120 с огибающие коды относительно однородны, на меньших временах пологие и крутые участки огибающих коды чередуются.

Согласно выбранной модели формирования коды, на достаточно больших временах кода-волны сравнительно круто пересекают низы коры и верхи мантии и несут информацию о строении среды в области между эпицентром и станцией. Существование в этой области зон повышенного или пониженного поглощения S-волн отражается на характеристиках коды, приводя соответственно к заметному усилению или ослаблению ее затухания. Участки огибающих коды большего или меньшего наклона могут быть описаны выражением:

$$A(t) \sim \exp\left(-\frac{\pi t}{Q_s T}\right) / t, \text{ где } A(t) - \text{амплитуда коды в окрестностях времени } t; Q_s -$$

эффективная добротность; T – период колебаний. При картировании поля поглощения, его характеристики приписываются области эпицентров.

Поле поглощения по методу короткопериодной коды в районе Таджикской депрессии на глубинах менее 200 км чрезвычайно неоднородно (рис. 2). Эффективная добротность Q_s , на частоте 1 Гц варьирует, в основном, от 70 до 300 и только в локальной области на юго-востоке района исследований достигает 600.

Области низких значений добротности $Q_s=70-110$ (ослабленные зоны) линейно вытянуты в направлениях, совпадающих с направлениями основных разломов: северо-восток – юго-запад или в субширотном направлениях. Наряду с ослабленными зонами имеют место изометричные в плане области относительно высоких значений добротности $Q_s=200-300$ (блоки). Их размеры варьируют от нескольких километров до первых десятков километров. Один из таких блоков ($Q_s=200$) выделен в районе площадки Нурекской ГЭС. В районе площадки Рогунской ГЭС значения добротности блоков выше ($Q_s=300$), с северо-запада и юго-востока площадки располагаются ослабленные зоны ($Q_s=70-110$). Приведенные значения Q_s в районе площадки Рогунской ГЭС несколько выше по сравнению с Q , полученными здесь ранее [4] при изучении частотной зависимости эффективной добротности по сводным огибающим коды землетрясений, которая описывается выражением $Q=65\sqrt{f}$. Это обстоятельство может быть связано с тем, что сейсмичность ослабленных зон много выше, чем блоков, т.е. построенные по огибающим коды многих землетрясений сводные огибающие отражают преимущественно добротность в ослабленных зонах.

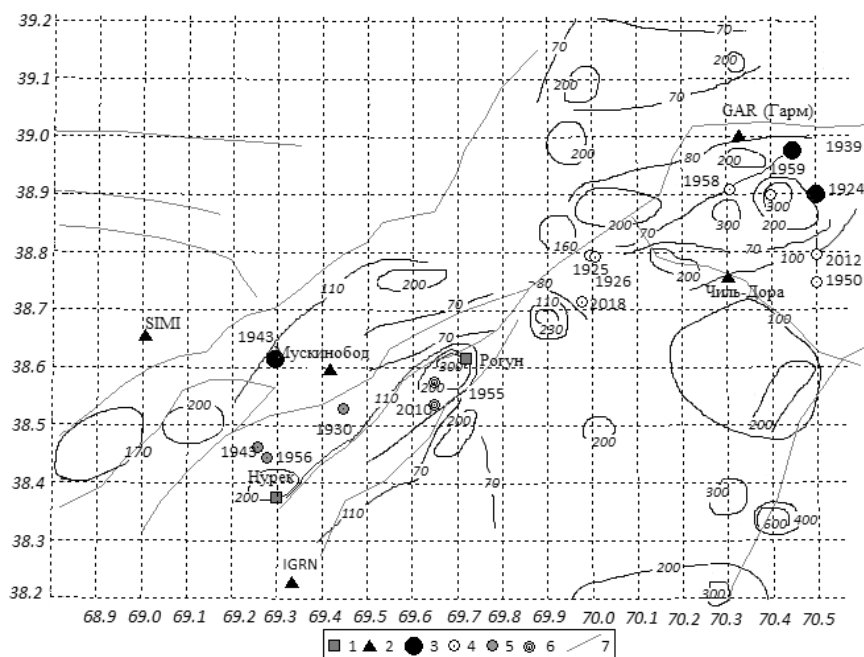


Рисунок 2 – Пространственное распределение эффективной добротности Q_s на частоте 1 Гц и глубине менее 200 км в районе Таджикской депрессии: 1 – площадки Нурекской и Рогунской ГЭС; 2 – сейсмические станции; 3 - эпицентры землетрясений с $M>6.0$; 4, 5 - эпицентры землетрясений с $5.5<M<6.0$ (вторые из Нурекской зоны); 6 - эпицентры землетрясений с $M=5.0$ за период 1955-2010 гг. в окрестностях Рогунской ГЭС; 7 – разломы

Сильнейшие землетрясения района с $M>6.0$, которые произошли в исследуемом районе в течение инструментального периода наблюдений с 1900 г., локализованы на периферии Нурекско-Рогунского полигона. Ближайшее к нему землетрясение 11.01.1943 $M=6.0$ и 12.01.1943 $M=5.5$ в Нурекской зоне, очевидно, генетически связаны. Вместе с тем, в

районе Нурекской ГЭС за последние 120 лет более сильных землетрясений не регистрировалось. А в районе Рогунской ГЭС наиболее сильные зарегистрированные землетрясения имели магнитуду еще меньше $M=5.0$. Начиная с 1955 г. здесь произошло только два таких землетрясения, последнее в 2010 г. (рис.2, 3).

Как показывают наблюдения, часто землетрясения, близкие по силе, происходят в одних и тех же местах и являют собой результат адаптации геодинамического объекта к изменяющимся внешним воздействиям. В качестве внешнего фактора рассмотрим вариации скорости вращения Земли. Как видно из рис.3, в районе Нурекской ГЭС самые сильные землетрясения с $M=5.5$ происходят, когда значения скорости вращения Земли максимальны, по крайней мере, на представленном временном интервале. При этом, периодичность их возникновения составляет 13 лет (1930, 1943, 1956 гг.). В районе Рогунской ГЭС интервал между зарегистрированными более слабыми землетрясениями ($M=5.0$) составляет 55 лет.

После заполнения Нурекского водохранилища с 1972 по 1987 (и в последующие годы) по сравнению с периодом до заполнения с 1955 по 1971 гг. число землетрясений в районе ГЭС, в целом, увеличилось вдвое. Наклон графика повторяемости также увеличился: если до заполнения $\gamma=-0.41$, то после него $\gamma=-0.53$. Уменьшилось количество относительно сильных событий. До заполнения с 1955 по 1971 гг. в зоне водохранилища произошло одно событие энергетического класса $K=14$ (1956 г.), три события $K=13$, шесть событий $K=12$. После заполнения – ни одного землетрясения $K>12$ не зарегистрировано [6].

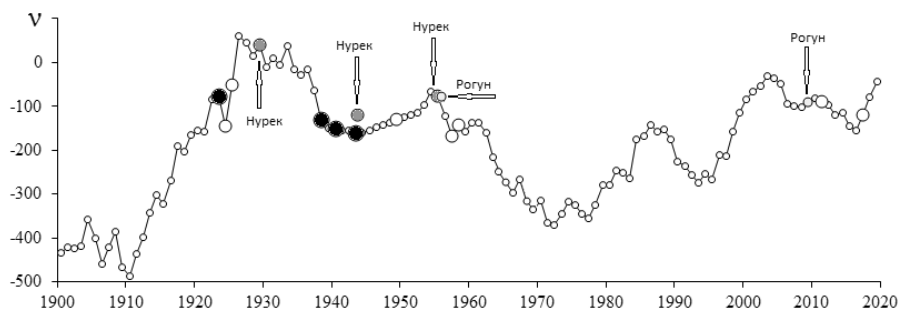


Рисунок 3 – Моменты возникновения сильных землетрясений района на фоне вариаций скорости вращения Земли. Условные обозначения рис.2

На глубинах более 200 км поле поглощения также очень контрастно $Q_s=200-1000$ (рис. 4). При этом линейных ослабленных зон ($Q_s=200-300$) меньше, чем в верхних этажах, а размеры блоков заметно больше. На рис. 4 показано также пространственное распределение землетрясений со скачками напряжений менее минус 0.5 (минимальным, исходя из трех градаций величины скачка напряжений относительно средней зависимости по [3]), которое имело место после заполнения водохранилища. Эта величина не зависит от сейсмического момента и расстояния и определяется только условиями в очагах землетрясений. Обращает на себя внимание существенно большее число «мягких» подвижек в районе площадки Нурекской ГЭС, чем на Нурекско-Рогунском полигоне в целом. Авторы цитируемой работы отмечают, что после заполнения Нурекского водохранилища землетрясения стали более «мягкими» и по частотному составу.

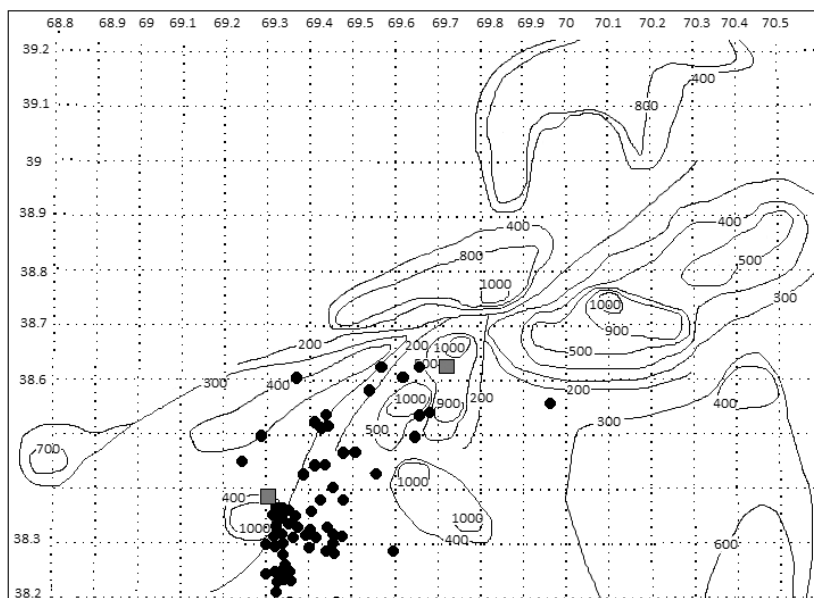


Рисунок 4 – Пространственное распределение эффективной добротности Q_s на частоте 1 Гц и глубине более 200 км, точки - эпицентры землетрясений за 1975 и 1979 гг. со скачками напряжений менее минус 0.5 по [3]

Эпицентры низкочастотных землетрясений как в 1971-1972 гг., так и в 1977 г. [3] локализованы в линейной ослабленной зоне, причем, их положение согласуется также с пространственным распределением поля кажущихся напряжений за более поздние годы с 1978 по 1990 гг. (рис. 5).

Как уже отмечалось, после заполнения Нурекского водохранилища доля сильных событий существенно снизилась. Снятие же накопленных в связи с продолжающейся тектонической активностью напряжений в земной коре происходит, по большей части, за счет плавных, криповых, пластических движений по разломам и трещинам. Аналогичная тенденция ожидается в результате заполнения Рогунского водохранилища.

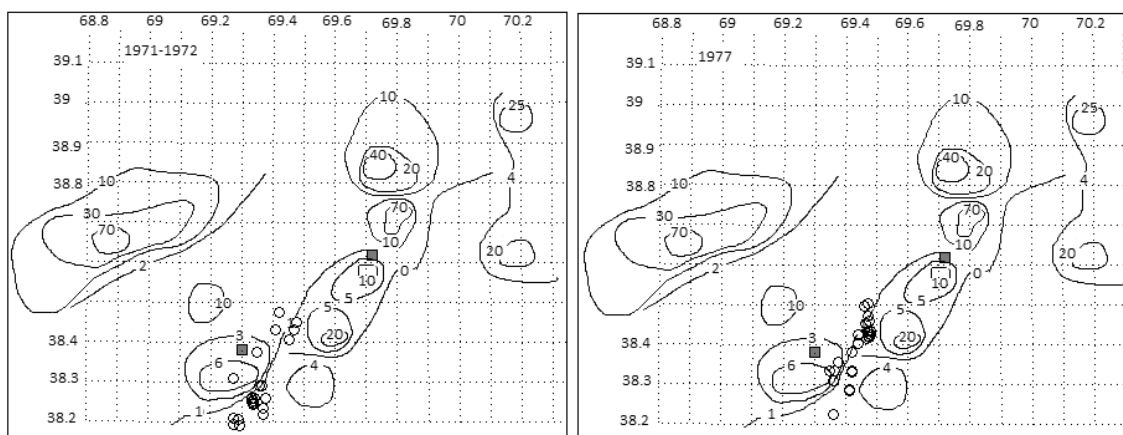


Рисунок 5 – Изолинии кажущихся напряжений в районе Рогунской ГЭС по землетрясениям за 1978-1990 гг., кружками обозначены эпицентры низкочастотных землетрясений за 1971-1972 гг. и 1977 г. по [3]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аптикаева О.И., Копничев Ю.Ф. Тонкая структура литосферы и астеносферы Гармского района и ее связь с сейсмичностью// Докл. АН СССР. 1991.Т.317.№3.С.326-330.
2. Аптикаева О.И., Копничев Ю.Ф. Детальное картирование литосферы и астеносферы Гармского района по поглощению поперечных волн// Вулканология и сейсмология. 1992. №5-6. С.101-118.
3. Голубятников В.Л., Павлова А.И. Исследование спектральных характеристик землетрясений Нурекского района/ Прогноз землетрясений. Душанбе: Дониш, 1982. С.352-362
4. Голубятников В.Л., Никифорова М.М., Максименко Т.И., Белгородская И.Б. Частотные и временные характеристики колебаний при местных землетрясениях в районе строительства Рогунской ГЭС и прогноз сейсмических воздействий/ Прогноз землетрясений. Душанбе: Дониш, 1982. С.363-381
5. Запольский К.К. Частотно-избирательные станции ЧИСС// Экспериментальная сейсмология. Москва: Наука. 1971.С. 20-26
6. Мирзоев К.М., Николаев А.В., Лукк А.А., Юнга С.Л. Наведенная сейсмичность и возможности регулируемой разрядки накопленных тектонических напряжений в земной коре// Физика Земли. 2009. №10. С.49-68

THE Q-FACTOR OF THE LITHOSPHERE AND SEISMICITY IN THE CONSTRUCTION AREA OF THE ROGUN HPP

O.I. Aptikaeva, aptikaevaoi@mail.ru

Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The seismic coda waves attenuation characteristic in the area of the Rogun HPP site were studied. The short-period coda waves of the local earthquakes, recorded by the frequency-selective seismic stations in 1958-1989, and digital seismogram data earthquakes that had been occurring in the area of the Rogun HPP site since 1989 until 2021 were analyzed. The attenuation field is represented by the zones (blocks) having high Q-factor and being close to isometric in plan and by the linear zones of strong attenuation (weakened zones), which coincide with faults.

The strongest earthquake recorded in the Rogun area has a magnitude of 5.0. After the filling of the Nurek reservoir, the share of strong events decreased significantly. A similar trend is expected as a result of the filling of the Rogun reservoir.

Keywords: coda waves, Q-factor, spatial and temporal variations, attenuation field, seismicity

УДК 551.594.12

КОМПЛЕКСНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ МАЛЫХ ГОРОДОВ

¹Е. В. Архипова, olenageo@mail.ru, ^{2,3}А. Д. Жигалин, zhigalin.alek@yandex.ru,

¹О. А. Ковалева, oxana.kovaleva.333.2001@mail.ru, ¹О. С. Забайкина, zabaikina.olya@yandex.ru

¹Государственный университет "Дубна", Дубна, Россия

² Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрены общие особенности трансформации отдельных составляющих эколого-геофизической обстановки малых городов Московской и Тверской областей. Отмечено практически повсеместное физическое загрязнение за счет присутствия электромагнитных полей низкой частоты, крайне низкое содержание аэроионов в приземном

слое урбанизированных территорий. Предложены практические рекомендации по нормализации эколого-геофизической составляющей современной урбосферы.

Ключевые слова: эколого-геофизическая обстановка, малые города, аэроионы, электромагнитное загрязнение, урбоэкология, геофизический мониторинг

Интенсивное развитие техносферы и процессы урбанизации, в особенности в центральных областях России, приводят к общему ухудшению состояния окружающей среды и, в частности, к снижению качества ее геофизической составляющей. В настоящее время основное внимание уделяется, главным образом, вещественному загрязнению, проблемам загрязнения воздушной и водной среды, проблемам бытовых отходов. Точечный контроль физической составляющей урбосферы малых городов ведется, в основном, только для радиационного загрязнения как наиболее опасного фактора воздействия. Вместе с тем, на городских территориях происходит существенная трансформация естественных физических полей, к которым человек адаптирован в процессе эволюционного развития, а также создаются новые локальные техногенные поля, таких как шумовые, вибрационные, электромагнитные, которые со временем приобретают всеобъемлющий характер. Геофизическая составляющая городских территории в значительной степени изменена, и этому изменению пока не уделяется достаточного внимания. Исследования, проводимые в последнее десятилетие на кафедре экологии и наук о Земле государственного университета «Дубна» совместно с коллегами из ИФЗ РАН им. О.Ю. Шмидта, посвящены анализу электромагнитных полей низкой частоты (ЭМП НЧ), а также трансформации аэроионного состава воздуха на городских территориях [4, 5, 6, 9]. На данный момент наблюдениями физической составляющей охвачено около 10 городов на смежной территории Московской и Тверской областей, и в докладе планируется общий обзор результатов, полученных в ходе этих исследований.

На современном этапе определены несколько механизмов воздействия низкочастотных ЭМП на человеческий организм. Одним из них является возникновение наведенных вихревых токов, нарушающих функционирование слабых электромагнитных полей живого организма, а также взаимодействие этих полей с естественными геофизическими полями. Одним из последствий может быть появление резонансных явлений на низких частотах, совпадающих с ритмами сердца и мозга человека. Еще одним из механизмов влияния является изменение свойств водных растворов-электролитов, включая кровь, лимфу и другие жидкости. Вследствие влияния ЭМП НЧ происходит нагрев тканей и жидкостей, снижение проницаемости клеточных мембран. Пребывание в условиях постоянного электромагнитного загрязнения приводит к общему ухудшению самочувствия. При интенсивном воздействии происходит помутнение хрусталика глаза, нарушение зрения, развитие сердечно-сосудистых заболеваний. Влияние электромагнитных полей низкой частоты пока полностью не изучено. Существует точка зрения, что длительное воздействие таких полей может иметь кумулятивный эффект и реализуется в виде нарушения репродуктивной функции и онкологических заболеваний [8].

Несмотря на наличие вполне очевидных механизмов воздействия и эффектов, человек не имеет своих рецепторов – детекторов ЭМП. Возможно, именно поэтому электромагнитным полям на городских территориях почти не уделяется внимания. Нормативы ЭМП промышленной частоты устанавливаются для отдельных объектов таких, например, как линии электропередач, в виде санитарно-защитных зон (СЗЗ), регламентирующих расположение различных объектов по отношению к ЛЭП. Электромагнитное загрязнение в целом нормируется по-разному и предельно допустимые уровни (ПДУ) зависят от обстановки, частоты, интенсивности и продолжительности воздействий. Основной проблемой в нормировании является то, что для разных условий нормативы могут отличаться на несколько порядков. Есть мнение, что такие нормативы устанавливаются, исходя не из реальных адаптационных возможностей человеческого организма, а из уровней достигаемых воздействий, которые значительно меняются.

Например, для обычных бытовых электроприборов и мощных промышленных установок ПДУ может варьировать, соответственно, от 0,25 до 8000 мкТл. В России наиболее жесткие нормативы в 250 нТл утверждены для зоны вблизи персональных компьютеров [1]. В странах, где занимаются детальными исследованиями тонких эффектов влияния ЭМП на организмы, рекомендуемые допустимые уровни составляют 200 – 300 нТл и не исключено, что в дальнейшем будет рекомендован переход к беспороговым нормам, когда любое присутствие полей промышленной частоты уже будет рассматриваться как опасное воздействие. В нашем случае ситуации с уровнем свыше 250 нТл рассматривались как электромагнитное загрязнение.

Методика исследования электромагнитных полей включала площадные измерения магнитной индукции по сети наблюдений вдоль городских улиц с расстоянием между пикетами около 100 м. Замеры магнитной индукции проводились с использованием измерителя магнитного поля ИМП-05. Для выявления направления излучения от поверхностных и подземных источников замеры выполнялись на расстоянии 50, 150 и 180 см от поверхности земли. Дальнейшая обработка полученных данных включала построение профилей изменения магнитной индукции вдоль городских улиц, а также построение карт плотности магнитной индукции (рис. 1).

Анализ данных, полученных в течение многолетних наблюдений показывает, что при отсутствии контроля со стороны государственных и муниципальных властей происходит быстрое наращивание масштабов и интенсивности ЭМ загрязнения. Отмечено практически повсеместное наличие полей промышленной частоты на урбанизированных территориях. Наиболее высокий уровень электромагнитного загрязнения выявлен для исторических центров старинных городов, в пределах которых современная инфраструктура вписана в тесное пространство узких городских улиц [6]. Проблемы ЭМ загрязнения частного сектора малых городов чаще всего связаны с наличием низких линий электропередачи, изношенной проводкой. Выявлены многочисленные случаи размещения мощных источников ЭМП НЧ вблизи жилых домов, школ, детских садов и площадок, медицинских учреждений. При проектировании современных кварталов используют подземную прокладку линий электропередачи. В большинстве случаев подземные кабели располагаются недостаточно глубоко, не экранируются и представляют собой невидимые источники мощных излучений, которые наиболее интенсивно действуют на высотах менее 1 м над поверхностью земли, там, где может происходить перемещение детей, особо уязвимых к воздействиям ЭМП.

Еще одним физическим фактором, значительно измененным на городских территориях, является аэроионный состав воздуха. Аэроионы представляют собой положительно или отрицательно заряженные частицы атмосферных газов, главным образом, кислорода, и, по-существу, являются биокатализаторами процессов обмена веществ – нормализуют и стимулируют метаболизм, способствуют активизации ферментов, гормонов, витаминов. Особенно необходимы для человеческого организма аэроионы с отрицательным зарядом, которые способствуют повышению сопротивляемости, активизируют восстановление клеток и тканей. Воздух, насыщенный отрицательными аэроионами, способствует повышению работоспособности, снижению утомляемости, улучшению общего самочувствия [7].

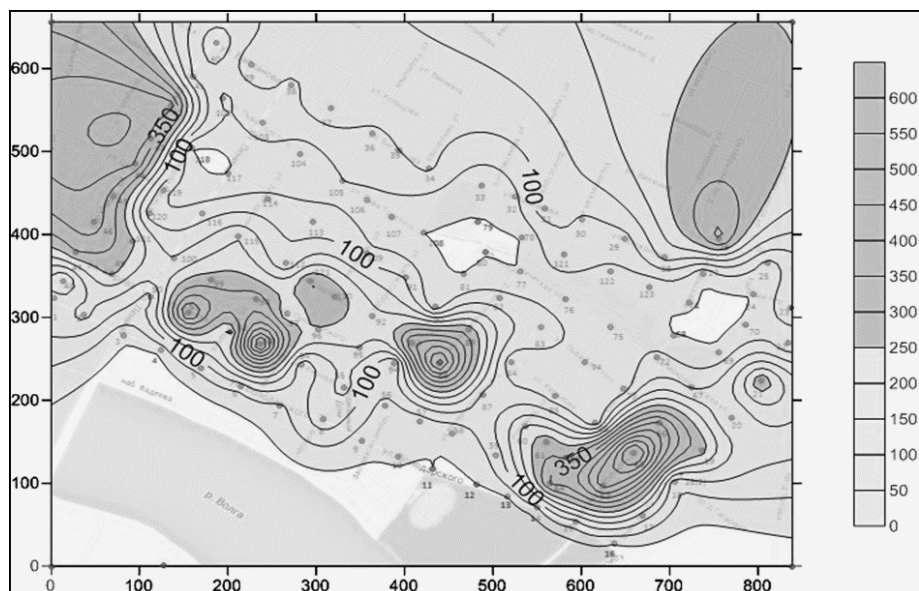


Рисунок 1 – Карта-схема плотности магнитной индукции В (нТл), г. Кимры, район Центр

На современном этапе аэроионный состав воздуха в городской среде контролируется только в особых случаях. На производстве в соответствии с Р 2.2.2006-05. 2.2. «Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» количество аэроионов «рекомендуется измерять в рабочих помещениях, воздушная среда которых подвергается специальной очистке или кондиционированию; где есть источники ионизации воздуха (УФ-излучатели, плавка и сварка металлов), где эксплуатируется оборудование и используются материалы, способные создавать электростатические поля (ВДТ, синтетические материалы и пр.), где применяются аэроионизаторы и деионизаторы» [3, с.1]. Для содержания аэроионов установлены минимально необходимый, оптимальный и максимально допустимый диапазоны содержания (табл. 1).

Таблица 1 – Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений в соответствии СанПиН 2.2.4.1294-03 [2]

Уровни содержания аэроионов в воздухе	$n^+ / \text{см}^3$	$n^- / \text{см}^3$
Минимально необходимый	400	600
Оптимальный	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимый	50000	50000

На территории малых городов измерение количества аэроионов обеих полярностей производилось с помощью малогабаритного счетчика аэроионов МАС-01 в различных обстановках на открытом воздухе. Выяснилось, что уровень концентрации в основном большинстве случаев не соответствует требованиям норм СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений» [2]. На городских территориях уровень аэроионов в среднем составляет 470-500 в 1см^3 , что ниже существующих минимально допустимых норм для положительно заряженных ионов в 400 на 1см^3 и отрицательно заряженных ионов в 600 на 1см^3 , установленных для производственных помещений. При этом наиболее низкие концентрации аэроионов наблюдаются в условиях высокой запыленности вдоль

транспортных магистралей и на придомовых территориях в районах с селитебной застройкой. Более высокие концентрации аэроионов, в особенности отрицательных, отмечены в лесных и парковых массивах, вблизи фонтанов и водоемов в периоды активной волноприбойной деятельности. В целом обстановка по содержанию аэроионов в воздухе малых городов весьма неблагоприятна и может рассматриваться как значимый фактор, который отрицательно сказывается на состоянии здоровья населения.

Подводя итог, исследования физической составляющей окружающей среды на территории малых городов демонстрируют тревожную ситуацию. Систематический мониторинг физической составляющей окружающей среды фактически не ведется. При этом наблюдается практически повсеместное загрязнение полями промышленной частоты, низкое содержание аэроионов в приземном слое атмосферы городов. Для того, чтобы провести оптимизацию физической составляющей городской среды прежде всего необходим мониторинг физических факторов. При выявлении источников низкочастотных ЭМП их следует экранировать, размещать на удалении от жилых и инфраструктурных объектов, более жестко контролировать соблюдение СЗЗ в окрестности объектов – источников ЭМП НЧ, снижать общий уровень энергопотребления за счет более высокой эффективности использования электроэнергии.

Повышение уровня аэроионов в воздушной среде городов возможно при снижении запыленности городских территорий, размещении парковых насаждений, городских фонтанов с активным движением воды, искусственных ионизаторов воздуха. Необходимо информировать население о неблагоприятной аэроионной обстановке, давать рекомендации по установке искусственных ионизаторов воздуха в городских квартирах, посещению аэрокурортов с горным и морским воздухом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электроно-вычислительным машинам и организации работы. (с изменениями от 25 апреля 2007 г.)
2. СанПиН 2.2.4.1294-03 Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений
3. Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
4. Архипова Е. В., Жигалин А. Д., Федорук Н. А. и др. Контроль аэроионного состава атмосферы урбанизированных территорий // *Геоэкология*. — 2020. — № 1. — С. 28–31
5. Жигалин А. Д., Богословский В. А., Архипова Е. В. Геофизическая урбоэкология — новое направление в изучении геоэкологических условий городских территорий / В сб. Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. Вып. 18. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (24-25 марта 2016 г.). Москва: РУДН, 2016. С. 289-293.
6. Савватеева О. А., Архипова Е. В., Белова А. Н., Власова А. А. Трансформация окружающей среды старинных городов в условиях современной техногенной нагрузки по данным анализа экологического состояния г. Кимры Тверской области // *Самарский научный вестник*. — 2017. — Т. 6, № 3. — С. 34–40.
7. Сирота Т. В., Сафронова В. Г., Амелина А. Г. и др. Влияние отрицательных аэроионов на органы дыхания и кроветворения // *Биофизика*. — 2008. — Т. 53. — № 5. — С. 886–893.
8. Milham Samuel. *Dirty Electricity: Electrification and the Diseases of Civilization* / Режим доступа <http://www.sammilham.com/index.shtm>. (дата обращения: 19.01.2021).

9. Trofimov V. T., Zhigalin A. D., Bogoslovsky V. A., Arkhipova E. V. / The place of ecological–geophysical studies in the system of urban ecology // Moscow University Geology Bulletin. — 2017. — Vol. 72, no. 1. — P. 1–7.

COMPLEX TRANSFORMATION OF THE ECOLOGICAL AND GEOPHYSICAL ENVIRONMENT OF SMALL CITIES

¹E. V. Arkhipova, olenageo@mail.ru, ^{2,3}A. D. Zhigalin, zhigalin.alek@yandex.ru,
¹O. A. Kovaleva, oxana.kovaleva.333.2001@mail.ru, ¹O. S. Zabaykina, zabaikina.olya@yandex.ru
¹ State University "Dubna", Dubna, Russia
² Institute of Physics of the Earth named after O.Yu. Schmidt RAS, Moscow, Russia
³ Moscow State University. M.V. Lomonosov, Moscow, Russia

Annotation. The general features of the transformation of individual components of the ecological and geophysical environment of small towns in Moscow and Tver regions are considered. Almost ubiquitous physical pollution was noted due to the presence of low frequency electromagnetic fields, an extremely low content of air ions in the surface layer of urbanized areas. Practical recommendations for the normalization of the ecological and geophysical component of the modern urbosphere are proposed.

Keywords: ecological and geophysical environment, small cities, air ions, electromagnetic pollution, urban ecology, geophysical monitoring

УДК 504.062.2

К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМАТИКИ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*В.А.Королев, va-korolev@bk.ru
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, геологический факультет,
г.Москва, Россия*

Аннотация. Рассмотрены различные подходы к разработке систематики эколого-геологических систем (ЭГС) различных иерархических уровней. Предложены варианты систематизации ЭГС по их происхождению и факторам формирования, а также общая систематизация природных ЭГС, учитывающая и их иерархический уровень, геоморфологические признаки и особенности их компонентного состава.

Ключевые слова: эколого-геологическая система, систематика, иерархия, классификация, признаки систематизации

Эколого-геологические системы (ЭГС) представляют собой основные объекты исследований экологической геологии. Однако их систематика остается пока слабо разработанной, несмотря на выполненные в этой области научные исследования [2-5,7,9]. К настоящему времени имеются классификации ЭГС, построенные по разным признакам систематизации: по иерархии ЭГС [2], по происхождению и факторам формирования (рис.1), по полноте компонентов (полные, неполные) [2], по видам компонентов, участвующих в формировании ЭГС (по типам почв, по типам пород литотопа – массивам горных пород, на которых формируется ЭГС, по генезису литотопа и т.д.) [1-6], по условиям формирования (сухопутные, водные или аквальные) [2], по типам рельефа (горные, равнинные и т.п.) [2], по однородности параметров ЭГС (однородные, неоднородные) [2] и др. Между тем, для отдельных типов ЭГС, для отдельных иерархических уровней ЭГС такие классификации пока отсутствуют.



Рисунок 1 – Систематика эколого-геологических систем по происхождению факторам формирования

По происхождению и факторам формирования нами выделяется четыре типа ЭГС (рис.1): 1) природные ЭГС; 2) техно-природные ЭГС; 3) природно-техногенные и 4) техногенные (антропогенные или искусственные) ЭГС. Первые формируются под действием только природных факторов независимо от человека. Это самые распространенные ЭГС на Земле. Вторые и третьи представляют собой изначально природные системы, которые затем были видоизменены под влиянием техногенеза, т.е. это в той или иной степени техногенно преобразованные ЭГС. К техно-природным относятся ЭГС, в составе которых техногенные или измененные человеком компоненты занимают менее половины, а к природно-техногенным – ЭГС, в которых техногенные компоненты преобладают над природными. К таким системам относятся ЭГС, формирующиеся на техногенно освоенных и техногенно нарушенных территориях. Их количество постоянно увеличивается на Земле. Четвертый тип ЭГС представляет собой искусственные системы, которые полностью создаются человеком. К таковым относятся антропогенные ЭГС на территориях, занятых сельским хозяйством (сельскохозяйственные поля, тепличные комплексы, садоводческие комплексы и т.п.), а также рекреационные зоны на урбанизированных территориях, созданные в результате ландшафтного дизайна (искусственные газоны, скверы, парки и т.п.).

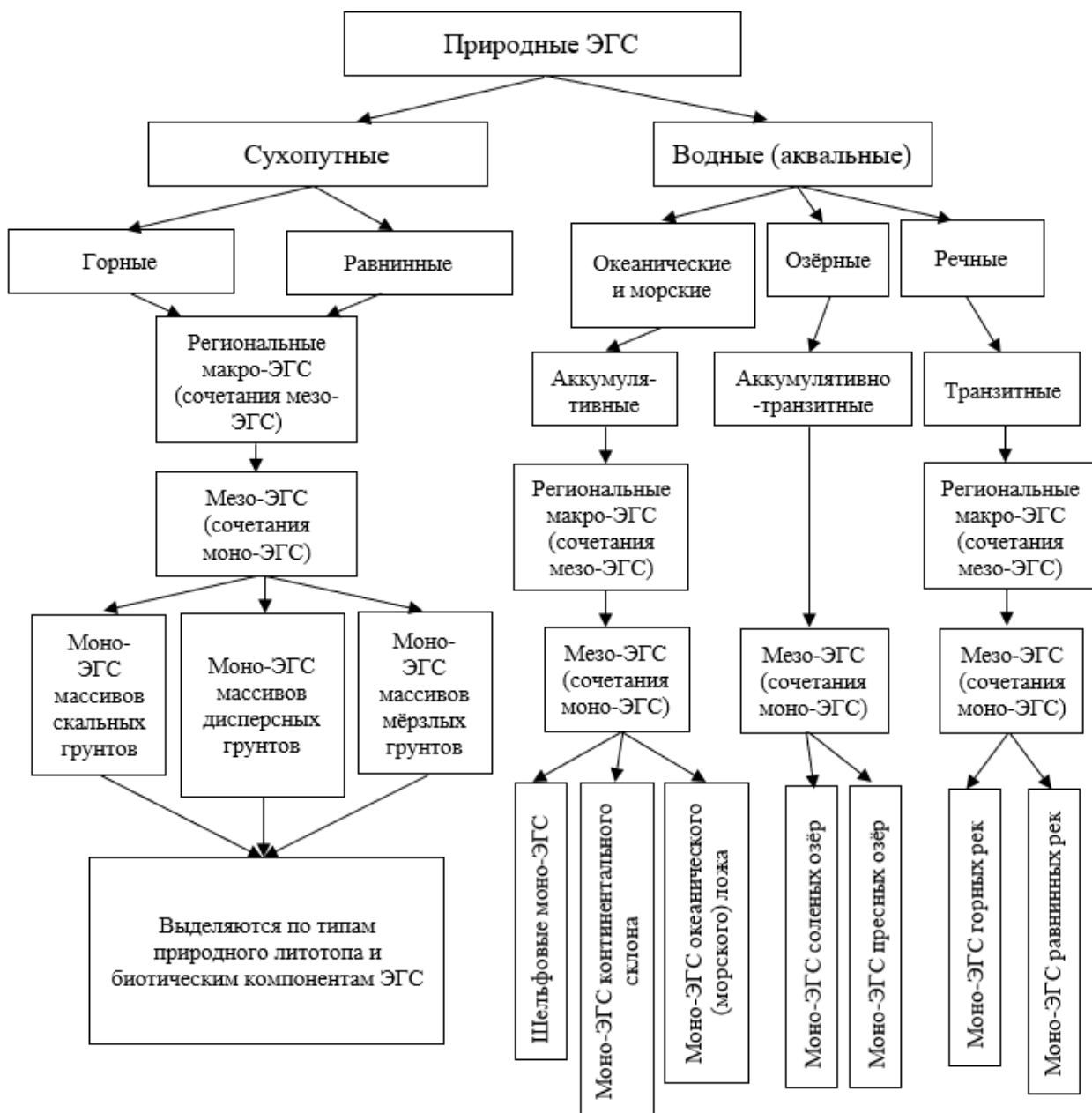


Рисунок 2 – Систематика природных ЭС разного иерархического уровня

Разработка систематики ЭС всех указанных четырех типов – дело ближайшего будущего. Пока же наиболее разработанными являются подходы к систематике лишь природных ЭС [2,5].

Один из таких подходов базируется на учете как сухопутных, так и водных (аквальных) ЭС разного иерархического уровня. Его схема показана на рис.2. Здесь среди сухопутных природных ЭС выделяются классы горных и равнинных ЭС. В каждом из этих классов выделяются ЭС соответствующих иерархических уровней от регионального (макро-ЭС как сочетания различных мезо-ЭС) до локального (мезо-ЭС как сочетания различных моно-ЭС) и элементарного, состоящего из однородных моно-ЭС.

Последние также могут подразделяться по различным признакам. Одним из них может быть выделение моно-ЭС по типам их литотопов – однородных по составу и строению массивов тех или иных грунтов (грунтовых толщ), составляющих литогенную основу данной ЭС с развитыми на них почвами (эдафотопом) и биотопом (микробоценозом, фито- и зооценозом).

На основе предложенных схем далее могут разрабатываться более детальные классификации ЭГС для отдельных их типов [6,8,10]. В качестве примера ниже (табл.1) приводится классификация природных ЭГС массивов карбонатных пород, разработанная нами для территории Бахчисарайского района Горного Крыма¹.

Таблица 1 – Классификация природных ЭГС массивов карбонатных пород Бахчисарайского района Горного Крыма

Название ЭГС		Абиотические компоненты		Биотические компоненты		
		Литотоп	Эдафотоп (тип почв)	Микробоценоз	Фитоценоз	Мезозооценоз
ЭГС кальцефильная скальных массивов	Известняковых массивов	Литотоп известняков резанской свиты	1.Бурые горно-лесные карбонатные 2.Дерново-карбонатные	Кальцефильный автохтонный микобактериево-актинобактериевый	Кальцефитный ковыльно-типчачковый лесостепного экотона	Кальцефильный бредулопсовый лесостепного экотона
		Литотоп мелоподобных известняков прохладненской свиты	Дерново-карбонатные маломощные	Кальцефильный автохтонный протобактериево-актинобактериевый	Кальцефитный ковыльно-асфоделиновый лесостепного экотона	Кальцефильный лесостепного экотона
		Литотоп криноидно-серпуло-мшанковых известняков инкерманской свиты	1.Литозёмы карбонатные 2.Дерново-карбонатные (выщелоченные) чернозёмные	Кальцефильный автохтонный аскомицетово-фузариемо-рортиерелловый	Кальцефитный дубово-ковыльно-типчачковый горно-лесного биома	Кальцефильный горно-лесного биома
		Литотоп нуммулитовых известняков симферопольской свиты	Чернозёмовидные остаточнок-карбонатные	Кальцефильный автохтонный ризиобиумбактериально-микобактериевый	Кальцефитный дубово-ковыльный горно-лесного биома	Кальцефильный горно-лесного биома
ЭГС кальцефильная скальных массивов	Мергелистых массивов	Литотоп мергелей белогорской свиты	1.Дерново-карбонатные 2.Буроземы карбонатные 3.Литоземы карбонатные	Кальцефильный автохтонный нитробактериево-протобактериевый	Кальцефитный дубово-боярышниково-можжевельниковый горно-лесного биома	Кальцефильный горно-лесного биома
		Литотоп мергелей кудринской свиты	1.Дерново-карбонатные маломощные 2.Литоземы карбонатные 3.Буроземы карбонатные	Кальцефильный автохтонный нитробактериево-протобактериевый	Кальцефитный ковыльно-тополево-ореховый горно-лесного биома	Кальцефильный горно-лесного биома
ЭГС кальцефильная осыпных массивов		Литотоп коллювиальных известковых отложений	Литозёмы карбонатные	Кальцефильный автохтонный актинобактериево-протобактериево-фузариевый	Кальцефитный люцерново-ламирово-льняной горно-лесного биома	Кальцефильный горно-лесного биома

¹ В разработке классификации участвовала С.Б.Абдыкадырова

	Литотоп коллювиальных мергелистых отложений	Литозёмы карбонатные	Кальцефильный автохтонный актинобактериево-протобактериево-фузариевый	Кальцефитный люцерново-ламирово-льняной горно-лесного биома	Кальцефильный горно-лесного биома
--	---	----------------------	---	---	-----------------------------------

В этой классификации выделяется 8 литотопов массивов карбонатных пород (резанской, белогорской, прохладненской, кудринской, инкерманской, симферопольской свит) и современных коллювиальных известковых и мергелистых отложений, и соответствующие им 8 эдафотопов, которые характеризуются различными типами почв и по своему определяют особенности экологических функций литосферы рассматриваемой территории. Микробоценозы ЭГС массивов карбонатных пород характеризуются представителями нескольких фил: их соотношение друг с другом определяется карбонатностью почв и рН среды. Фитоценозы ЭГС массивов карбонатных пород представлены облигатными и факультативными формами кальцефитов лесостепного экотона и горно-лесного биома, а зооценозы ЭГС массивов карбонатных пород здесь представлены факультативными формами горнолесной макрофауны и в подавляющем количестве – мезозооценозами.

Таким образом, эколого-геологические системы по своей структуре представляют собой довольно сложные, многофакторные динамичные образования, изменяющиеся под влиянием как природных, так и природных и техногенных факторов. Классифицировать ЭГС можно по различным признакам, в том числе по абиотическим и биотическим компонентам, по их полноте и т.п. Выделяемые при этом таксоны ЭГС должны отражать специфику взаимодействия в ЭГС абиотических и биотических компонентов, обеспечивающих их единство и своеобразие эколого-геологических систем, как естественно-исторических образований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдыкадырова С.Б., Королёв В.А. Кальцефиты в эколого-геологических системах Горного Крыма // V Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств», Гомель, 28-29 ноября 2019 (Беларусь). — Т. 2. — Гомельский гос. ун-т г. Гомель, 2019. — С. 7–9.
2. Королев В.А. Экологическая геокибернетика: Теория управления эколого-геологическими системами – М.: ООО Самполиграфист, 2020. - 440 с.
3. Королёв В.А. Состав, структура и классификация эколого-геологических систем // Ломоносовские чтения-2019. Секция Геология. — МГУ, Москва <https://conf.msu.ru/rus/event/5604/>, 2019. — С. 1–3
4. Королёв В.А. К разработке общей классификации эколого-геологических систем // Географические аспекты устойчивого развития регионов: IV Международная научно-практическая конференция (Гомель, 27-29 мая 2021 г.). — ГГУ им. Ф.Скорины г.Гомель, 2021. — С. 381–384.
5. Королёв В.А. Систематика эколого-геологических систем // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции (15-18 сентября 2019): в 2х частях. — Т. 1. — Министерство науки и высшего образования РФ; Воронежский государственный университет; под ред. И.И.Косиновой, Воронеж, 2019. — С. 38–43.
6. Лобус И.А., Королёв В. А. Эколого-геологические системы песчаных массивов и их особенности на территории Москвы // Труды XX Международной научно-практич.

конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования». — Т. 2. — М.: Изд-во РУДН, 2019. — С. 276–27

7. Трофимов В.Т. Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы // Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 2009, №2. С.48-52.

8. Трофимов В.Т., Королев В.А. Массивы песчаных грунтов как объекты эколого-геологических исследований. // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2018. № 2. С. 59–65.

9. Трофимов В.Т. Ещё раз об эколого-геологической системе как объекте экологической геологии: содержание, схема, положение в структуре экосистемы // Экологические проблемы недропользования. — Материалы XXVII международной молодёжной научной конференции. — Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 2017. — С. 7–10

10. Чадромцев Б.Д., Королев В.А. Особенности эколого-геологических систем массивов глинистых пород // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции (15-18 сентября 2019): в 2х частях. — Т. 1. — Министерство науки и высшего образования РФ; Воронежский государственный университет; под ред. И.И.Косиновой, Воронеж, 2019. — С. 75–79.

TO DEVELOPMENT OF SYSTEMATIZATION OF ECOLOGICAL-GEOLOGICAL SYSTEMS

V.A.Korolev, va-korolev@bk.ru

Moscow state university named M.V.Lomonosov, Faculty of Geology, Moscow, Russia

Abstract. Various approaches to the development of the taxonomy of ecological-geological systems (EGS) of various hierarchical levels are considered. Variants of systematization of EGS according to their origin and formation factors, as well as a general systematization of natural EGS, taking into account their hierarchical level, geomorphological features and features of their component composition, are proposed.

Key words: ecological-geological system, taxonomy, hierarchy, classification, signs of systematization

УДК 550.8.01

ВЛИЯНИЕ ФЛЮИДА НА ОТОБРАЖЕНИЕ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ В ДАННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

A.M. Кузин, amkouzin@ya.ru

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия

Аннотация. На основе экспериментальных данных показано значительное влияние флюида на сейсмические параметры в зонах разрывных нарушений. Отношение скорости продольной волны к скорости поперечной волны и рассеяние сейсмических волн позволяют разделять разрывные нарушения по фазовому составу флюида.

Ключевые слова: Разрывные нарушения, флюид, вода, газ, рассеяние, скорости сейсмических волн.

Картирование активных или потенциально активных и залеченных разрывных нарушений (РН) является крайне важной задачей. В силу своей физической основы сейсмический метод позволяет наиболее полно изучать РН. Существенное влияние на измерение упругих свойств горных пород оказывает флюид. Вода понижает упругие свойства твердого тела, особенно если оно имеет поры и/или трещины. Прочность на сжатие снижается в среднем от 10 до 50% [7]. По данным физического моделирования с

увеличением пустотности V_p падает, приближаясь в пределе к V_p в заполнителе пустот, при этом в газе падение скорости больше, чем в воде. Характер изменения V_p при водонасыщении может быть объяснен на основе контактной модели. На начальной стадии происходит заполнение капилляров и микротрещин, что приводит к увеличению площади контактов и заметному росту V_p . При дальнейшем насыщении вода заполняет поровое пространство, площадь контактов увеличивается медленно, V_p растет плавно [6]. Ещё большее различие от фазового состава флюида наблюдается для V_s/V_p . Ни в одной породе не было зарегистрировано уменьшение V_p после насыщения, а для гранитоидов характерной чертой оказалось ее увеличение вплоть до 22% [2].

Для гранитоидов водонасыщение оказывает существенное влияние на V_p/V_s . В атмосферных условиях V_p/V_s в сухих породах составляет 1,55–1,73, в водонасыщенных 1,76–1,83. Увеличение V_p/V_s в кристаллических породах при испытании образцов объясняется породах отсутствуют минералы способные к относительно быстрому взаимодействию с водой. Изучение V_s и V_p при различных вариациях жёсткости и пористости показало прямую зависимость V_s от жёсткости матрицы материала при различных значениях пористости [3]. Присутствие воды может оказывать двойное влияние на V_s . С одной стороны, насыщение водой способствует увеличению скорости за счет сдвиговой упругости связанной воды в щелевых порах, с другой – возбуждение дополнительной массы вещества в щелевых и объемных порах уменьшает V_s . Общей тенденцией при насыщении для V_s является ее неизменность или уменьшение, V_p может, как увеличиваться, так и уменьшаться. Уменьшение V_s при насыщении всегда больше, чем V_p [2].

Одной из причин аномальных (V_p/V_s) может являться газовая «дистилляция», когда в процессе двухфазной фильтрации происходит закономерное гидродинамическое расщепление фаз с обогащением фронтальных частей флюидных потоков газовой фазой [5]. В экранированных РН со слабопроницаемыми породами-экранами возможно длительное квазистационарное присутствие газовой фазы.

Флюидная зональность РН предопределяет возможность возникновения разности потенциалов электрического поля в зонах с различным фазовым составом флюида и соответственно электрической проводимостью, что ведет к активизации электрохимических реакций и в частности образования месторождений и залежей полезных ископаемых.

В зонах РН фазовый состав флюида оказывает существенное влияние в соотношении между рассеянной и зеркальной компонент волнового поля. По своей природе РН является рассеивающим сейсмические волны геологическим телом. В общем случае трещиноватая среда является азимутально-частотным фильтром [8]. По экспериментальным данным на сухой границе происходит существенное отражение энергии с высоким уровнем амплитуд временных импульсов и, соответственно, их амплитудно-частотных спектров. При смачивании границы раздела маслом амплитуды импульсов Р-волн исчезают и сейсмотрасса преобразуется в прямую линию [9]. Отсюда наличие влаги нивелирует эффект рассеяния и тем самым сглаживает влияние неоднородностей, способствует уменьшению затухания волны. Другие эксперименты позволили выявить в трещиноватой среде механизм захвата упругой энергии. Область диффузионного рассеяния ($l/l = 1$) с высокой плотностью трещин и большими углами падения характеризуется захватом трещиноватой средой упругой энергии [4]. Он проявляется в увеличении длительности волнового пакета, что приводит к кажущемуся падению скорости.

Выводы.

1. Значительные изменения в упругих свойствах РН в зависимости от фазового состава флюида позволяет на качественном уровне делать прогнозную оценку фазового наполнения зон РН.

2. Классификация РН по флюидному фактору - является важнейшей характеристикой строения геологического пространства.
3. Для задач геоэкологического картирования систематизация РН по фазовому составу флюида может значительно повысить эффективность исследований для территорий с повышенным уровнем сейсмичности, наличия опасных для природы и человека объектов.
4. Особое значение могут иметь исследования посвященные электрохимическим процессам возникающих в зонах РН с различной фазовой зональностью флюида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов С.Д., Троицкий П.А., Соловьева М.С. Изучение распространения упругих волн в среде с ориентированной трещиноватостью. Физика Земли. 1992. № 5. С. 42–56.
2. Воларович М.П., Томашевская И.С., Будников В.А. Механика горных пород при высоких давлениях. М.: Наука, 1979. 152 с.
3. Гаранин В.А. Особенности распространения продольных и поперечных волн в консолидированных пористых средах // Прикладная геофизика. 1973. М.: Недра. Вып. 71. С. 23–28.
4. Гельчинский Б.Я., Караев Н.А., Бейлькин Г.Я., Коган Л.Д. Теоретико-модельные исследования полей, образующихся на структурах разрыва // Сейсмические волновые поля в зонах разломов / Под ред. Николаева А.В. М.: Наука. 1978. С. 60–78.
5. Кошемчук С.К., Магомедов М.А., Алехин Ю.В. Лакштанов Л.З. Двухфазная фильтрация в системах вода-газ. Экспериментальное и теоретическое исследование. // Экспериментальное и теоретическое моделирование процессов минералообразования. М.: Наука, 1998. С. 279–296.
6. Петкевич Г.И. Информативность акустических характеристик неоднородных геологических сред. Киев: Наукова Думка, 1976. 214 с.
7. Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы / Под ред. акад. Е.М. Сергеева. М.: Недра, 1986, 332 с.
8. Урупов А.К., Трушников Э.Б. Двухмерное ультразвуковое моделирование распространения продольных волн в среде с одной системой трещин // Физика Земли. 1992. № 11. С. 29–53.
9. Ушаков Г.Д., Ушаков М.Г. Экспериментальное изучение рассеивания упругих волн на шероховатой границе раздела // Геология и геофизика. 1993. № 2. С. 103–111.

INFLUENCE OF FLUID ON THE DISPLAY OF FAULTS IN SEISMIC DATA

*A.M. Kouzin amkouzin@ya.ru
Oil and Gas Research Institute RAS (OGRI RAS)
Moscow, Russia*

Abstract. Based on the experimental data, a significant influence of the fluid on the seismic parameters in the fault zones was shown. The ratio of the P-wave velocity to the S-wave velocity and the scattering of seismic waves allow faults to be separated according to the phase composition of the fluid.

Keywords: Fractures, fluid, water, gas, scattering, seismic wave velocities

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ ХАРВУТИНСКОЙ ПЛОЩАДИ ЯМБУРГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

П. В. Лобанов, И.Ю. Григорьева, rexcore96@mail.ru, ikagrig@inbox.ru

Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. В данном исследовании для территории Харвутинской площади Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения, расположенного на юго-западе Тазовского полуострова, выполнена оценка эколого-ресурсного потенциала. При оценке эколого-ресурсного потенциала была использована авторская методика, позволяющая учесть экологическую стабильность биогеоценозов. Согласно данной методике площадь и прилегающие территории были разбиты на равномерные квадраты, в каждом из которых оценивалась стабильность компонентов природной среды, после чего определялся эколого-ресурсный потенциал каждого участка. Для оценки эколого-ресурсного потенциала учитывались такие факторы, как газосыщенность недр, степень деградации земель, уровень защищенности подземных вод, заболоченность, наличие аномалий магнитных полей, экстремальных температур, а также развитие таких экзогенных процессов, как термокарст, пучение грунтов и солифлюкция. При этом территория ранжировалась в зависимости от степени влияния каждого фактора на эколого-ресурсный потенциал и стабильность биогеоценозов. С учетом оценки эколого-ресурсного потенциала район был разделен на 4 различные зоны – с высоким (более 13), средним (10-13), низким (7-10), и с очень низким эколого-ресурсным потенциалом (менее 7). Данный подход может быть в дальнейшем рекомендован для оценки территорий, подверженных влиянию техногенеза, расположенных в районах Крайнего Севера.

Ключевые слова: Эколого-ресурсный потенциал, Харвутинская площадь, Ямбургское месторождение, экологическая стабильность, Крайний Север, эколого-геологические условия ресурс геологического пространства

Введение

При развитии инфраструктуры в условиях Крайнего Севера необходимо учитывать особенности развития биогеоценозов. При разработке месторождений нефти и газа происходит трансформация территорий, что влияет на компоненты природной среды и качество ресурса геологического пространства в целом.

Для понимания степени устойчивости природных ландшафтов к воздействию объектов нефтегазового комплекса необходимо оценить эколого-ресурсный потенциал территорий месторождений нефти и газа в условиях Крайнего Севера [1]. При различном воздействии на биогеоценозы необходимо производить количественную оценку качества ресурса геологического пространства территории. К сожалению, в настоящее время строгих критериев и показателей для подобных оценок не предложено.

В связи с интенсивной добычей углеводородного сырья на территории Харвутинской площади Ямбургского месторождения, начиная с 1996 года оказывается заметное влияние на компоненты природной среды, поэтому необходимо определить степень трансформации ресурса геологического пространства не только самой площади, но и прилегающих к ней территорий.

Район исследования характеризуется равнинным рельефом, с небольшими перепадами абсолютных отметок, высокой степенью заболачивания, развитием процессов термокарста и других экзогенных процессов, характерных для северной части Западной Сибири. Для Тазовского полуострова характерно широкое распространение кустарниковой растительности с маленькими ивняками и пушицами.

Оценка экологической стабильности биогеоценозов

Для оценки эколого-ресурсного потенциала Харвутинской площади Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения проводилась крупномасштабная (1:25000) оценка экологической стабильности той части территории, где расположены основные объекты нефтегазового комплекса, занимающие менее 5% от общей площади. Также выполнено мелкомасштабное (1:200000) картографирование всей Харвутинской площади и прилегающих областей. Территория, на которой проводилась оценка показателя экологической стабильности и эколого-ресурсного потенциала, была разделена на квадраты размером 4×4км для мелкомасштабной карты (1:200000) и 500×500 м для крупномасштабной (1:25000), в пределах которых учитывались особенности рельефа и степень техногенного преобразования биогеоценозов. Территория Харвутинской площади и прилегающих областей располагаются в зоне, где техногенная нагрузка представлена, в основном, объектами нефтегазового комплекса.

Основная часть исследованной территории покрыта тундрами и болотами, которые подвержены при отработке месторождения не столько механическим, сколько воздействиям природных физико-химических процессов.

Показатель экологической стабильности является одним из основных критериев оценки качества ресурса геологического пространства конкретной территории. С его помощью можно оценить общую стабильность биогеоценозов. При этом данный показатель отражает стабильность существования биоты под влиянием природных и техногенных процессов и явлений.

Коэффициент экологической стабильности рассчитывался по следующей формуле [3]:

$$K_{эс} = \frac{\sum K_i P_i}{\sum P_i} K_p, \quad (1)$$

где: $K_{эс}$ – коэффициент экологической стабильности территории; K_i – коэффициент экологической стабильности угодий i -го вида; P_i – площадь угодий i -го вида; K_p – коэффициент геоморфологической стабильности территории (от 1,0 – для территорий, классифицирующихся как стабильные, до 0,7 – для нестабильных территорий).

Геоморфологическая стабильность территории оценивалась исходя из особенностей рельефа территории, наличия оврагов, понижений и т.д. [4].

Для каждого вида угодий характерен определенный показатель стабильности, который учитывает и степень техногенного вмешательства в природные биогеоценозы (табл. 1).

Таблица 1 – Значения показателя экологической стабильности угодий по С.Н.Волкову [5]

Название угодий	Коэффициент экологической стабильности угодья K_i
Леса и древесно-кустарниковая растительность	1,0
Болота	0,79
Водные объекты	0,79
Сенокосы	0,62
Пастбища	0,68
Паровые земли	0,14
Залежь	0,70
Фруктовые сады, кустарники, многолетние насаждения	0,43
Застроенная территория и дороги, нарушенные земли	0,0
Прочие земли (пески, овраги, свалки и т.д.)	0,0

Многолетние насаждения и пашни не имеют на исследуемой территории широкого распространения, вследствие климатических особенностей зоны, в пределах которой расположена Харвутинская площадь. Поэтому наиболее характерными угодьями являются болота, с характерной для тундровых территорий Тазовского полуострова, покрытых мелкокустарниковой растительностью.

С учетом особенностей регионов Крайнего Севера были разработаны особые критерии оценки экологической стабильности территории, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Критерии оценки территории по показателю экологической стабильности

Баллы	Экологическая стабильность
Более 0,67	Высокая
0,51-0,66	Средняя
0,33-0,50	Низкая
Менее 0,32	Очень низкая

Оценка эколого-ресурсного потенциала территории

При проведении оценки эколого-ресурсных условий территории Харвутинской площади Ямбургского месторождения и прилегающих областей учитывалось геологическое строение территории, рельеф, развитие геохимических барьеров и геофизических полей, гидрогеологические и ландшафтные особенности территории, а также состояние растительного и почвенного покровов.

Для формирования комплексной оценки эколого-ресурсного потенциала территория была поделена на равные квадраты, в каждом из которых производился расчет эколого-ресурсных условий по формуле (2) на основе двух критериев (бальной оценки экологической стабильности территории и коэффициента экологической стабильности):

$$P_{\text{ЭРП}} = \text{ЭР}_y \cdot K_{\text{эс}}, \quad (2)$$

где: $P_{\text{ЭРП}}$ – эколого-ресурсный потенциал; ЭР_y – показатель эколого-ресурсных условий; $K_{\text{эс}}$ – коэффициент экологической стабильности.

Расчет эколого-ресурсных условий территории (ЭР_y) проводился по девяти признакам: степень газонасыщенности недр, степень деградации земель, защищенность подземных вод, степень заболоченности территорий, степень распространения опасных экзогенных геологических процессов: термокарста, криогенного пучения грунтов, солифлюкционных процессов, а также степень подверженности экстремальным температурам и наличие магнитных аномалий [6].

Каждый признак оценивался по трех бальной шкале в зависимости от степени благоприятности воздействия на живое. То есть если признак является благоприятным, как степень газонасыщенности, то тремя баллам оценивались территория с максимальными показателями, тогда как при оценке распространения опасных геологических процессов максимальным показателем соответствуют территории с наименьшим количеством проявлений данного фактора.

При проведении оценки территории по наличию геофизических магнитных аномалий минимальными показателями характеризовались как высокие, так и низкие показатели магнитной активности, поскольку чрезмерно низкие показатели магнитного поля также формируют биологически значимую аномалию [7, 8].

Таким образом показатели активности магнитного поля ниже -100 и выше 160 оценивались в 1 балл, показатели от -100 до -60 и от 100 до 160 оценивались в 2 балла, а диапазон от -60 до 100 характеризуется как зона, где аномалии магнитного поля отсутствуют и поэтому оцениваются в 3 балла (табл. 3).

Таблица 3 – Критерии расчета эколого-ресурсных условий территории

Факторы	Степень воздействия фактора		
	Негативное воздействие незначительное или отсутствует (1 балл)	Негативное воздействие не несет критичного характера (2 балла)	Негативное воздействие несет критичный характер (3 балла)
Газоносность (Плотность первоначальных потенциальных ресурсов нефти и газа)	менее 300 тыс. т/ км ²	от 300 до 500 тыс. т/ км ²	более 500 тыс. т/ км ²
Степень деградации (Площадь территорий с высокой степенью деградации от общей площади)	более 30%	от 10 до 30%	менее 10%
Защищенность подземных вод (Проницаемость перекрывающих пород)	более 0,01 м/сут.	от 0,001 до 0,01	менее 0,001
Заболоченность (Площадь территорий, подверженных заболачиванию от общей площади)	более 50%	20-50%	менее 20%
Развитие Термокарста (Площадь территорий, подверженных термокарстовым процессам от общей площади)	более 30%	10-30%	менее 10%
Криогенные пучения грунтов (Площадь территорий, подверженных процессам криогенных пучений от общей площади)	более 20%	5-20%	менее 5%
Развитие солифлюкционных процессов (Площадь территорий, подверженных солифлюкционным процессам от общей площади)	более 20%	5-20%	менее 5%
Экстремальные температуры (°С)	Ниже -40	От -25 до -40	Выше -25
Магнитные аномалии (Степень интенсивности магнитного поля в нТл)	ниже -100 и выше 160	от -100 до -60 и от 100 до 160	от -60 до 100

Критерии окончательной оценки территории Харвутинской площади Ямбургского месторождения и прилегающих областей представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Критерии оценки эколого-ресурсного потенциала территории

Баллы	Эколого-ресурсный потенциал
Более 13	Высокий
10-13	Средний
7-10	Низкий
Менее 7	Очень низкий

При оценки эколого-ресурсного потенциала затрагиваются не только отрицательные, но и положительные факторы, влияющие на состояние компонентов природной среды и эколого-ресурсного потенциала в целом.

Исходя из полученных предложенным методом расчета результатов, можно заключить, что эколого-ресурсный потенциал территории Харвутинской площади Ямбургского месторождения можно классифицировать как средний. Ухудшение показателей наблюдается в местах концентрации техногенной нагрузки, строительство и эксплуатация объектов нефтегазового комплекса и соответствующей инфраструктуры влечет за собой снятие почвенного покрова для строительных и эксплуатационных нужд, что приводит к активизации опасных экзогенных экологических процессов, кроме того негативно сказываются на экологической стабильности территорий техногенные преобразования.

Согласно полученным результатам, можно подтвердить приуроченность увеличения ухудшение показателей потенциала к территориям, испытывающим сильное техногенное вмешательство. Наиболее благоприятные условия характеризуются не только отсутствием объектов нефтегазового комплекса, но и высокими показателями экологической стабильности.

Заключение

Комплексные исследования территории Харвутинской площади Ямбургского месторождения были произведены при помощи оценки экологической стабильности данной территории, влияющей на качество ресурса геологического пространства. При этом, данный показатель является ключевым для оценивания эколого-ресурсного потенциала, представляющим собой количественную величину, включающую совокупность факторов, характеризующих потенциал конкретной территории.

По показателю эколого-ресурсного потенциала территория Харвутинской площади Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения характеризуется средними значениями, при отчетливой тенденции к понижению показателя на территориях расположения объектов нефтегазового комплекса.

Отдельно следует отметить, что эколого-ресурсный потенциал оценивается более негативно, по сравнению с показателем экологической стабильности. Причиной подобной тенденции является сильное влияние на показатель потенциала факторов, используемых при проведении комплексной оценки (ЭРу). Основными факторами, негативно сказавшимися на оценке состояния эколого-ресурсного потенциала, являются неблагоприятные климатические условия и широкое развитие опасных экзогенных геологических процессов и явлений различного генезиса, что несет дополнительную нагрузку на биогеоценозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эколого-геологические условия России: учебное пособие в 3-х томах под редакцией В.Т.Трофимова. Том 2. Трансформация экологических функций литосферы территории России под влиянием антропогенного воздействия и ее экологические последствия / В.Т. Трофимов, М.А.Харькина, Т.А. Барабошкина и др. – М.: Изд-во ООО «СамПолиграфист», 2015. – 309 с.
2. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Геоэкологическая оценка территории. – М: Наука, 2005. – 319 с.
3. Мазуркин, П.М. Территориальное экологическое равновесие = Territorial ecological balance: анализ. обзор // П.М. Мазуркин, С.И. Михайлова. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2010. 430 с.
4. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2018 г. Вып. 42, 2019. Талан Групп, Тверь
5. Волков С.Н. Строев Е.С., Земельный вопрос в России в начале XXI века (проблемы и решения). М.:ГУЗ, 2001. – 55 с.
6. Иванов Е.С. Экологическое ресурсоведение. – Изд-во.: URSS, 2015. – 512 с.
7. Кобелева Н.В., Окунева Е. Ю., Федоров А. С Особенности формирования почвенного покрова Ямбургского газоконденсатного месторождения// Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле №3 – 2007.– С.120-127.

8. Козин В.В. Ландшафтно-экологическая среда Западной Сибири. Часть I. Ямало-Гыданская область. – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2007. – 144 с.
9. Говорухин В. С. Очерк растительности летних пастбищ северного оленя в тундрах Обско-Тазовского полуострова // Землеведение. 1933. Т. 35. Вып. 1. С.68–92.

ECOLOGICAL-RESOURCE POTENTIAL ASSESSMENT OF THE KHARVUTINSKAYA AREA OF THE YAMBURG OIL AND GAS CONDENSATE FIELD

*Pavel Lobanov, Iya Grigorieva, rexcore96@mail.ru, ikagrig@inbox.ru
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

Abstract. In this study was made an attempt to assess the ecoresource potential of the territory of the Kharvutinskaya area of the Yamburg field, located in the south-west of the Taz Peninsula, using the author's method. That method was taking into account the ecological stability of biogeocenoses. According to this technique, the area and adjacent territories were divided into equal squares. Each of them were assessed by the stability of the components of the natural environment, after that the ecoresource potential of each site was determined. To assess the eco resource potential, we used criteria such as gas saturation of the subsoil, the degree of land degradation, the level of protection of groundwater, waterlogging, the presence of magnetic anomalies, extreme temperatures, as well as the development of their exogenous processes such as thermokarst, heaving of soils and solifluction. At the same time, the territory was ranked depending on the degree of influence of each factor on the eco resource potential and stability of biogeocenoses. Taking into account the assessment of the ecoresource potential, the district was divided into 4 different zones - with high (more than 13), medium (10-13), low (7-10), and a zone with very low ecoresource potential (less than 7). This method is suitable for assessing the territories of the Far North exposed to the influence of technogenesis.

Key words: Ecoresource potential, Kharvutinskaya area, Yamburg field, ecological stability, Far North, Eco-geological conditions, Ecological resource conditions

УДК 549. 551(477.75)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАНА СООБЩЕСТВОМ ПРОКАРИОТ И АРХЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.И. Лысенко

E-mail-niagara_sev@mail.ru

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Филиал МГУ в г. Севастополь, Россия

Аннотация. Автор экспериментально установил участие сообществ бактерий и архей в переработке метана в карбонат и в создании биогенного углеродистого вещества. Сообщество прокариот и архей по переработке углеводородных флюидов создают оазисы жизни в афотических зонах океанов и являются санитарями по защите географической оболочки от поступления метана из недр.

Ключевые слова: карбонаты углеводородного просачивания, бактерии, архей, углеводородный флюид, гераклиты, бактериальное обрастание, сера, арагонит.

При всём многообразии факторов, способствующих глобальному потеплению, не вызывает сомнения существенное участие метана в этом процессе не вызывает сомнения. За последние полвека научный взгляд на главные источники его поступления в атмосферу Земли поменялся кардинально. В шестидесятых годах XX века в северо-западной части Тихого океана на больших глубинах были обнаружены выходы метана с аутигенными карбонатными постройками [5]. Позже высокие концентрации метана были зафиксированы

на гидротермальных полях в зонах рифтовых систем всех океанов, на морском дне вблизи выходов «холодных сипов» (cold seeps) и грязевых вулканов. Поэтому большинство исследователей считают, что главным источником поступления углеводородов являются не процессы метаболизма жвачных животных или биохимические процессы в рисовых чеках, а его выходы из недр Земли [6]. Углеводородные флюиды распространяются в виде отдельных пузырьков и диффузией в водное пространство. Санитарами по переработке метана в карбонат органическое вещество являются сообщества архей и бактерий. Обычно рядом с выходами углеводородов находятся поля бактериальных матов и современные аутигенные карбонатные постройки. Часто процессы дегазации прекращаются, но на их месте остаются бактериальные карбонатные строения. В англоязычной литературе подобные образования получили название «карбонатов углеводородного просачивания» [5]. Они встречаются на современном морском дне и в более древних породах. В наше время уделяется внимание экспериментам для выяснения вопросов механизма образования карбонатного вещества за счёт бактериального хемосинтеза по переработке метана. Имеется большой объём результатов исследований по этой теме, но нет ответа на последовательность реакций по переработке углеводородов.

Автор много лет изучал карбонатные постройки прокариот из миоценовых пород Крыма, известных как гераклиты (карбонаты просачивания углеводородов). У них отсутствуют следы воздействия процессов катагенеза и метагенеза [3]. Это позволило выдвинуть предположение о сохранности в гераклитах спорового материала сообществ бактерий и способности их к возрождению. Для подтверждения гипотезы, автором были выполнены эксперименты по возрождению спорового материала миоценовых сообществ архей и бактерий в искусственной водной среде. Это позволило приблизиться к решению некоторых вопросов переработки метана прокариотами карбонат и органическое вещество.

Для экспериментов использовался мелко истёртый порошок и дроблённый материал гераклитов. Для раствора опытов использовалась морская вода Чёрного моря, предварительно очищенная от живых обитателей. Для создания высокомолекулярного углеводородного органического вещества, сообществу архей и бактерий всегда требуется азот и сера. Поэтому в водный раствор добавили азотную кислоту и сульфид натрия. Бурный продув метана осуществлялся 10 -15 минут от трёх до пяти дней в неделю из баллончика «Турист». Было выполнено два эксперимента. В первом опыте, который длился полгода, кратковременное воздействие рассеянного света составляло не более часа в неделю. Второй эксперимент длился десять месяцев. При его выполнении, ёмкости с материалом были покрыты светозащитной плёнкой, что позволило исключить влияние солнечной энергии на происходящие процессы. Эти различия не оказали влияние на конечные результаты опытов.

По окончанию экспериментов было хорошо видно, что поверхность обломков гераклитов покрыта бактериальным обрастанием, которое имеет зональную окраску. Верхняя часть представлена оранжевой или розовой мохнатой плёнкой мощностью до 2,0 см. По оттенкам цветов бактериальное обрастание делится на две части. Верхняя волокнистая - темно-оранжевого цвета, а нижняя представлена желе подобной светло-оранжевой массой. Перед прокачкой метана наблюдалось своеобразное увядание верхней бактериальной поросли, а с началом поступления газа происходило резкое поднятие тёмно-оранжевого ветвистого материала. На границе раздела цветовой окраски отмечаются точечные новообразования белого кальцита, который имеет комковатую форму сростков сферолитов. Ниже находится зона черно-коричневого цвета с довольно резкими границами. Её окраска связана с органическим веществом. На дне экспериментальных сосудов под чёрным материалом находится зона белого цвета. Она имеет резкие контакты с верхней зоной. В этой зоне стенки химического стакана и крупнообломочный материал гераклитов покрыты белым налётом новообразованного карбоната. Мощность цветовой окраски составляет 45-50 мм.

Значительно изменился внешний вид поверхностей обломков гераклитов после проведения опытов. Большая их часть была покрыта серо-коричневой или белой плёнкой

карбоната мощностью 0,5-2,5 мм с характерными микродырчатými отверстиями. Встречаются отдельные участки на гераклитах, покрытые сотовыми образованиями с вертикальными микротрубочками. Наружная поверхность некоторых обломков гераклитов покрыта присыпками белого карбоната пластинчатой и сферолитовой формы. В промытом материале, участвующем в эксперименте, встречаются новообразования карбоната различной формы размером до трёх миллиметров. Это своеобразные «стяжения» удлинённой неправильной формы с дырчатой поверхностью в виде микрократеров. Они напоминают описание «микрометанолитов» «шлаковидных» гераклитов и современных «карбонатов углеводородного просачивания» (Лысенко и др. 2019). Кроме этого, встречаются сферолитовые образования, плоские пластинки и войлочные скопления удлинённых кристаллов арагонита.

Карбонатные новообразования наших экспериментов вступали в реакцию с кислотами через некоторый промежуток времени, а высушенные – мгновенно. Это доказывает, что они были покрыты бактериальной плёнкой, которая защищает карбонат от кислоты и разрушается в воздушной среде. После растворения карбонатных новообразований на предметном столе остаются чёрные точки. Предположительно, это следы органического вещества бактерий.

При детальном осмотре в конечном продукте между новообразованиями были обнаружены пластинки самородной серы размером до 2,0 мм. При их прокаливании выделялся сернистый газ с характерным запахом.

В ходе эксперимента были выполнены замеры щёлочности и температуры раствора прибором рН-метром Inolab рН Level-2. Измерения в разные дни перед началом прокачки установили, что рН раствора изменялся от 5,750 до 6,674 (морская вода характеризуется первичным рН=8,264). В момент прокачки метаном происходит увеличение щёлочности раствора на 0,525 – 0,925 от предшествующего значения. Абсолютные значения рН особенно сильно увеличивались после первых 5 минут поступления газа. После окончания процедуры прокачки происходило медленное увеличение кислотности до первоначального значения.

Через 30-40 минут после начала прокачки и её остановки наблюдался медленный рост температуры раствора. В течение 2 - 6 часов она повышается на 0,3° - 0,5°, а после этого температура раствора и рН в нем понижалась до первоначальных величин.

За время опытов произошло значительное изменение состава раствора. В первичной морской воде содержание катионов составляло $Ca^{+2} = 14,5$ ммоль/дм³ и $Mg^{+2} = 39,25$ ммоль/дм³. По окончании опытов в растворе увеличилась концентрация Ca^{+2} до 150,3 ммоль/дм³ и уменьшилась - Mg^{+2} до 29,8 ммоль/дм³. Повышение содержания кальция связано с растворением карбонатного вещества гераклитов в кислой среде. Изменение катионов Mg^{+2} в растворе указывают на их участие в образовании карбоната. Значительные перемены в растворе связаны с изменениями концентраций SO_4^{-2} . В конце проведения эксперимента содержание сульфатов в нём составляло 4,704 г/л, а в первичной морской воде – 1,152 г/л, что можно объяснить окислением материала сульфида натрия.

Выше сообщалось о присутствии чёрной органики в осадке. Кроме этого, по данным анализов в растворе присутствует более тридцати органических соединений. Значительная их часть представлена органическими кислотами и эфирами. Наш раствор являлся своеобразным реактором по производству высокомолекулярного органического вещества, которое использовалось для построения новых клеток микроорганизмов.

Большинство исследователей считают, что только цианобактериальные сообщества могут создавать постройки у которых присутствуют микротрубоччатые, сферолитовые и полосчатые структуры [2]. Наши опыты доказали, что карбонат, созданный сообществом архей и бактерий за счёт переработки метана, имел довольно сложную структуру и текстуру на микроуровне. Разнообразие бактериального выделения карбоната довольно трудно изучать по отдельным срезам в шлифах. При исследовании микритовых образований древних и современных «карбонатов просачивания углеводородов» с помощью электронного микроскопа хорошо видно, что они представлены сплетением пластинчатых, трубчатых,

нитевидных, округлых, хлопьевидных и гантелеобразных форм, которые являются продуктами фоссилизации бактерий [3]. Создание подобных разнообразных форм новообразований карбоната происходило и в наших экспериментах.

Сферолитовые образования присутствуют в материале новообразования карбонатов всех экспериментов. Их внешняя морфология наличия микрократеров, трубчатых образований имеет большое сходство с поверхностью современных и древних «карбонатов углеводородного просачивания» [5]. В русскоязычной литературе первые описания сферолитовых образований на поверхности современных карбонатных построек приводятся в работах Е.Ф. Шнюкова с соавторами [4], а англоязычной литературе они известны, как botryoids или nodular masses [5, 6]. Позже в бактериальном обрастании матов В.Ф. Гальченко обнаружил мелкие включения «карбонатного жемчуга», которые через некоторый промежуток времени срastaются между собой в карбонатную корку [1]. В наших опытах точечные образования карбоната в бактериальном обрастании являются аналогами зародышей «жемчужин».

Поведение бактериальной «поросли» при прокачке, обрастание пузырьков газа кристаллами кальцита, а также изменения в растворе pH и температуры свидетельствуют, что метан является главным компонентом для создания карбоната и органического вещества сообществами прокариот. Их формирование не связано с солнечной энергией. Сферолитовые, микротрубчатые, сотовые и пластинчатые обрастания поверхности обломочного материалов в экспериментах имеют внешнее сходство с описанием образований, которые известны как микрофитолиты и тромболиты [2]. В то же время подобные микроскопические, морфологические формы выделения карбоната характерны для современных и древних «карбонатов просачивания» [5]. Подобное сходство морфологических микрообразований, созданных за счёт разных видов энергии и материала, можно объяснить тем, что цианобактерии и сообщества метанотрофных и метаногенных бактерий являются родственниками одного царства прокариот.

Значительное разнообразие форм выделения карбонатов свидетельствует, что существует многообразие объединений различных микроорганизмов, связанных кооперацией по созданию органического вещества из метана для продолжения жизни. В настоящее время нет единого взгляда на химические реакции преобразования CH_4 в карбонатное вещество в анаэробных условиях. Существует больше двадцати формул реакций преобразования метана и углекислого газа в биогенное углеводородное вещество и карбонат. Большинство исследователей связывают окисление метана с деятельностью сульфатредуцирующих бактерий, которые используют кислород из сульфатов морской воды. В результате проведения наших экспериментальных работ концентрация SO_4^{2-} в растворе увеличилась в четыре раза и появилась самородная сера, что связано с окислением добавок сульфида натрия. Этот факт позволил отказаться от предположения, что ведущую роль в окислении метана осуществляли сульфатредуцирующие бактерии. Сера является обязательным компонентом создания органического вещества, но в растворе прокариоты окисляют её до сульфатов.

Откуда берётся кислород? Он необходим для создания органического вещества бактерий, окисления метана и серы. Прокариоты метаногенов и метанотрофов известны с архея, когда в гидросфере отсутствовали соединения с кислородом. Поэтому для окисления CH_4 в анаэробных условиях, по нашему предположению, прокариоты научились добывать кислород за счёт разложения воды. В дальнейшем эту методику получения кислорода переняли у них цианобактерии и растения. Можно предположить, что в наших опытах бактериальные сообщества для создания биогенного углеродистого вещества используют не только энергию окисления метана, а также энергию образования конечного продукта карбоната. Энергия Гиббса окисления метана до CO_2 – 394,4 кДж/моль и H_2O – 228,6 кДж/моль, а получение кристаллического кальцита – 1127,2 кДж/моль. Поэтому в клетках бактерий происходит полный цикл окисления метана с образованием карбоната. В солевом составе вод Мирового океана содержание катионов кальция в три-четыре раза меньше, чем

магния. Почему же для создания современных и древних карбонатных построек археи и прокариоты образуют в основном арагонит и кальцит, иногда магнезиальный кальцит и очень редко доломит? Возможно, это связано с энергетической причиной. Энергия Гиббса образования молекулы CaCO_3 (1128 кДж/моль) несколько выше формирования MgCO_3 (1029 кДж/моль). Магний использовался бактериальным сообществом в моменты значительных выбросов метана, когда в воде создавался дефицит катионов кальция для получения карбоната.

В кислой среде растворов наших опытов происходит образование карбонатного вещества, предположительно, в клетках прокариот, где живые организмы создают контролируемые щелочные условия, необходимые для осаждения карбонатов. Возможно, разнообразие форм выделения новообразований карбоната в эксперименте можно объяснить эластичностью и пластичностью мембраны клетки. Можно предположить, что усложнение морфологии карбонатных новообразований связано со срастанием аморфных кальцитовых частиц. Данный процесс дополнительно может контролироваться коагуляцией коллоидных систем клетки и кристаллографическими законами образования арагонита, а также преобразования его в кальцит с изменением объёма.

Экспериментальные работы подтвердили, что главными условиями образования высокомолекулярного углеродистого биогенного вещества и построек «карбонатов просачивания углеводородов» являются поступления метана из недр и присутствие сообществ бактерий и архей по его переработке. По результатам изучения современных и древних «карбонатов просачивания углеводородов» установлено, что поступление флюидов из недр происходят в отдельные временные периоды. Между ними могут существовать перерывы в миллионы лет. Сложно объяснить такую периодичность, объёмы выбросов и состав флюидов деятельностью прокариот или прогревом органики в осадочной толще. Процессы поступления метана, углекислого газа, сероводорода и других из недр происходили с момента образования атмосферы и гидросферы на Земле и продолжают в наши дни. В разные этапы геологического развития выбросы метана, азота, углекислого и других газов контролировались тектоникой и имели разную интенсивность. Наиболее значительные поступления газового дыхания происходили в период 4,0-2,5 млрд. лет. В это время поверхность Земли была покрыта плотной сеткой разломов, через которые шло активное поступление флюидов для формирования атмосферы и гидросферы. Первичная вода в палеоокеанах была насыщена метаном, который являлся пищей для метаногенных и метанотрофных прокариот. После, когда «санитары» очистили гидросферу от метана, жизнь сообществ простейших сместилась к активным тектоническим зонам. Благодаря их деятельности по переработке углеводородов в карбонат и в органическое вещество происходит значительное уменьшение поступления метана в атмосферу и гидросферу. Прокариоты, перерабатывая метан, создают органическое вещество с избытком. Поэтому в наши дни к площадям интенсивного поступления флюидов с углеродами приурочены участки биопродуктивности с рыбопродуктами (Перуанская котловина, Гвинейский и Калифорнийский заливы, Ньюфаундлендская банка, районы Исландии и Сейшельских островов). Жизнь на Земле связана с солнечной энергией и поступлением углеводородов из недр, а их переработка сообществом прокариот в органическое вещество и карбонат являются защитой от поступления метана в географическую оболочку. Такие процессы происходили в прошлом, настоящем и будут продолжаться в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии. М.: ГЕОС, 2001. 500 с.
2. Крылов И.Н. Строматолиты рифея и фанерозоя СССР. М.: Наука, 1975. 243 с.
3. Лысенко В.И., Азовскова О.Б., Михайличенко Т.В. Геохимические особенности микроболитов миоцена (Юго-Западный Крым) по результатам ICP-MS исследований. // Литосфера. – 2019. – Том 19. – № 4. – С. 625-639.

4. Шнюков Е. Ф., Щербаков Е. Е., Шнюкова Е. Е. Палеоостровная дуга севера Черного моря. – Киев.: «Чернобыльинформ», 1997. – 287 с.
5. Campbell, K.A. Hydrocarbon seep and hydrothermal vent paleoenvironments and paleontology: Past developments and future research directions // *Palaeogeography Palaeoclimatolog. Palaeoecology.*-2006.-v.232.-p.362–407.
6. Judd, A.G., Hovland, M., Dimitrov, L.I., García Gil, S., Jukes, V., 2002. The geological methane budget at Continental Margins and its influence on climate change. *Geofluids* 2, 109–126.
7. Гальченко В. Ф. Метанотрофные бактерии: Монография / В. Ф. Гальченко . – М.:, 2001. – 500с.
2. Крылов И. Н. Строматолиты рифея и фанерозоя СССР: Монография / И. Н. Крылов. – М.: Наука, 1971. – 243 с.
8. Лысенко, В. И. Геохимические особенности микробиолитов миоцена (Юго-Западный Крым) по результатам ICP-MS исследований// *Литология* / В. И. Лысенко, О. Б. Азовскова, Т. В. Михайличенко. – Екатеринбург.: – Том 19. – № 4, 2019. – С. 625-639.
9. Шнюков Е. Ф. Палеоостровная дуга севера Черного моря: Монография / Е. Ф. Шнюков, Е. Е. Щербаков, Е. Е. Шнюкова – Екатеринбург: , 2019. – 287с.
10. Campbell K. A. Hydrocarbon seep and hydrothermal vent paleoenvironments and paleontology: Past developments and future research directions// *Palaeogeography Palaeoclimatolog. Palaeoecology* / K. A. Campbell . .-2006.-v.232.- p.362–407.
11. Judd, A G. The geological methane budget at Continental Margins and its influence on climate change// *Geofluids* 2 / A. G. Judd, M. Hovland, L. I. Dimitrov [et al.]. – 2002.v.2 – p. 109–126.

ECOLOGICAL ASPECT OF METHANE PROCESSING BY THE COMMUNITY OF PROKARYOTES AND ARCHAEA ACCORDING TO THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES

V.I. Lysenko

E-mail-niagara_sev@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, the branch in Sevastopol

Abstract. The author experimentally established the participation of communities of bacteria and archaea in the processing of methane into carbonate and in the creation of biogenic carbonaceous matter. The community of prokaryotes and archaea for the processing of hydrocarbon fluids create oases of life in the aphotic zones of the oceans and are orderlies to protect the geographic envelope from the influx of methane from the subsoil.

Keywords: hydrocarbon seep carbonates, bacteria, archaea, hydrocarbon fluids, heraclites, bacterial growth, sulfur, aragonite.

УДК 556:(470.323)+(470.324)

АНАЛИЗ ВОДООБИЛЬНОСТИ ГОТЕРИВ-СЕНОМАНСКОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ (ВОРОНЕЖСКАЯ, КУРСКАЯ ОБЛАСТИ)

Пасмарнова С.П., Стародубцева В.Р.

pasmarnova-sp@yandex.ru

ФБГОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Аннотация. проведен территориальный анализ водопроводимости готерив-сеноманского водоносного горизонта, используемого для централизованного водоснабжения в западной части Воронежской и восточной части Курской областей. Проанализированы факторы, определяющие условия водообильности.

Ключевые слова: водоносный горизонт, фильтрационные свойства, удельный дебит, водопроницаемость.

При планировании всех видов хозяйственной деятельности одним из объектов обязательной экологической оценки являются ресурсы подземных вод питьевого назначения. Проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения в различных регионах связаны не только с ухудшением качества подземных вод, но и с недостаточным их количеством. Дефицит в питьевой воде может быть обусловлен как природными, так и техногенными факторами.

В настоящей работе авторы предлагают ознакомиться с результатами анализа водообильности готерив-сеноманского водоносного горизонта, используемого для централизованного водоснабжения в западной части Воронежской и восточной части Курской областей. Указанный горизонт практически повсеместно распространен в пределах рассматриваемой территории, отсутствуя по долинам крупных рек Олым и Девица.

Водовмещающими породами служат пески мелко-, средне- и разномеристые, часто неравномерно глинистые. Мощность водоносного горизонта изменяется от первых метров в северной части территории до 50 м в центральной и восточной части площади исследований. Глубина залегания изменяется от первых метров в долинах рек до 85 метров на водораздельных пространствах. По долинам рек, обводнённые отложения имеет тесную гидравлическую связь с залегающими выше водоносными горизонтами в четвертичных аллювиальных образованиях.

Горизонт сверху перекрывается турон-сантонским водоносным горизонтом, с которым имеет общий уровень подземных вод. Выдержанного перекрывающего водоупора горизонт не имеет, иногда им является фосфоритовая плита в кровле сеноманских отложений. Нижний водоупор обычно также отсутствует, но локально постилающим водоупором могут выступать глины аптского яруса.

Воды горизонта преимущественно безнапорные. На участках аллювиальных террас горизонт приобретает условный напор – уровень подземных вод горизонта устанавливается на отметках залегания уровня грунтовых вод перекрывающих водоносных отложений. Уклоны потока подземных вод направлены от водоразделов в сторону речных долин.

Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков на участках, где водовмещающие отложения выходят на поверхность или перекрываются покровными четвертичными отложениями небольшой мощности.

Для горизонта характерна вертикальная гидродинамическая зональность, обусловленная изменениями гранулометрического состава песчаных отложений, соответственно, фильтрационных свойств водовмещающих отложений в вертикальном разрезе. Первая (верхняя) зона, приуроченная к отложениям сеноманского и альбского ярусов меловой системы, представлена преимущественно средне-мелкозернистыми песками, в восточной части территории – крупнозернистыми [5]. Средняя часть разреза горизонта сложена континентальными образованиями аптского яруса – разномеристыми, участками гравелистыми песками, песчаниками и глинами. Нижняя часть разреза, приуроченная к отложениям готерив-барремского возраста, практически повсеместно сложена алевритистыми песками, алевритами и глинами.

Наиболее водообильны альбские, а в юго-восточной части территории также и аптские отложения, представленные песками, содержащими гравий и прослойки трещиноватых песчаников. Коэффициент фильтрации песков и трещиноватых песчаников изменяется в пределах 1,2-10,6 м/сутки.

Следует отметить, что большинство эксплуатационных скважин (преимущественно восточная и юго-западная часть рассматриваемой территории) оборудовано на верхнюю зону готерив-сеноманского водоносного горизонта. В юго-восточной части территории исследований эксплуатируется нижняя зона.

Водообильность водоносного горизонтов условно можно оценить по значению водопроницаемости. Для расчета водопроницаемости авторами была использована следующая формула: $T = 130 * q$ (1)

где q – удельный дебит скважины, измеряемый в л/сек на 1 метр понижения [3].

Сведения об удельных дебитах скважин, пробуренных на рассматриваемой территории, собраны в процессе геологосъемочных работ сотрудниками НИИ Геологии ВГУ. Систематизация фондовых материалов показала, что удельный дебит скважин, эксплуатирующих готерив-сеноманский водоносный горизонт, изменяется от десятых долей л/сек до 6 л/сек; иногда достигает 10 л/сек. В результате анализа полученных результатов установлено, что значения водопроницаемости на рассматриваемой территории изменяются от 13 м²/сут до 371,4 м²/сут (выборочно представлены в таблице №1).

Таблица №1 – Фильтрационные параметры готерив-сеноманского водоносного горизонта

№ п/п	№ скважины	Удельный дебит (л/сек)	Водопроницаемость (м ² /сут)
1	268	0,10	13,0
2	1180	2,50	18,0
3	1353	0,57	26,0
4	1321	2,22	28,8
5	1261	1,94	31,5
6	1256	2,78	36,1
7	1354	2,50	40,3
8	1366	2,78	48,0
9	677	2,00	52,0
10	695	5,00	65,0
11	1355	5,56	72,0
12	704	3,10	80,6
13	778	2,78	95,0
14	1276	2,50	107,9
15	1250	4,60	119,6
16	1116	5,94	148,7
17	1026	2,78	180,0
18	1196	1,50	195,0
19	913	1,60	208,0
20	1094	1,67	217,0
21	1154	7,20	312,0
22	920	2,7	351,0
23	761	10,00	371,4

В результате анализа построенной авторами карты водопроницаемости (рис.1) было установлено, что на большей части рассматриваемой территории водопроницаемость варьирует в пределах 50-100 м²/сут.

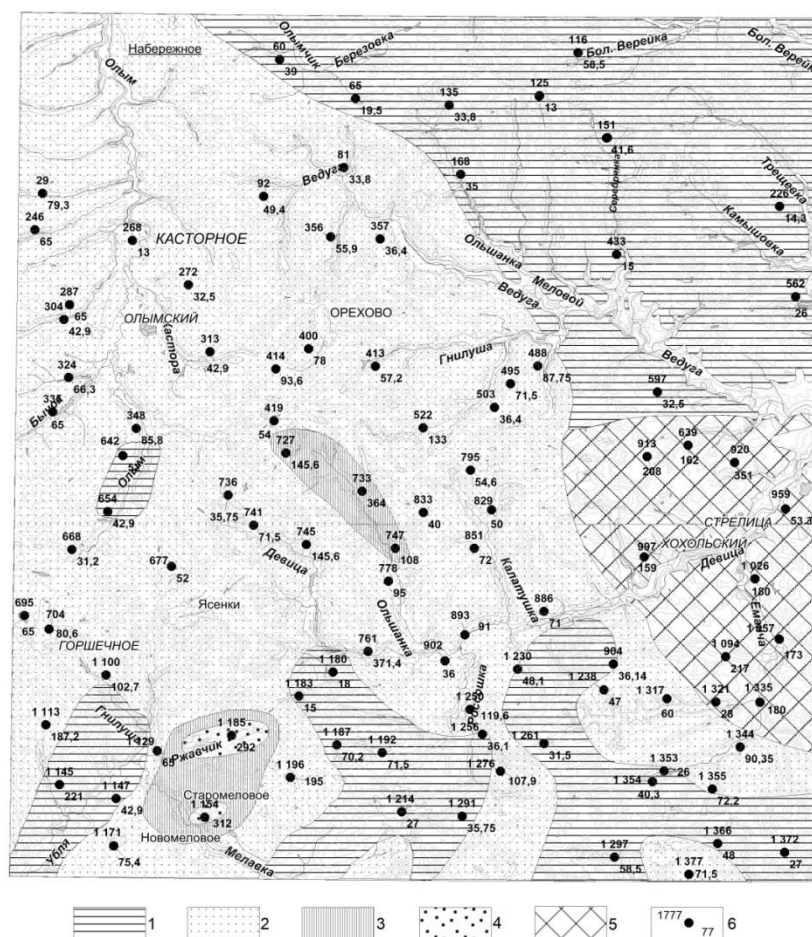


Рисунок 1 – Схематическая карта водопроницаемости готерив-сеноманского водоносного горизонта. Значения водопроницаемости, $\text{м}^2/\text{сут}$: 1- менее 50; 2 – (50-100); 3 – (100-150); 4 – (150-300); 5- частые изменения водопроницаемости в интервале 10-180 $\text{м}^2/\text{сут}$. 6 – скважина; цифры: сверху-номер скважины по реестру, внизу - значение водопроницаемости, $\text{м}^2/\text{сут}$

Зона с повышенным значением водопроницаемости (до 150 $\text{м}^2/\text{сут}$) приурочена к верховьям долины реки Ольшанка и связана с преобладанием в геологическом разрезе отложений нижнемелового возраста песчаной составляющей над глинистой. Также высокие значения водопроницаемости отмечены на юго-западе рассматриваемой территории в верховьях ручья Ржавчик и в районе сел Верхнемеловое и Нижнемеловое. Здесь значения водопроницаемости готерив-сеноманского горизонта достигают 312 $\text{м}^2/\text{сут}$. На данном участке мощность водовмещающих отложений альбского яруса увеличивается до 30 м, а отложения аптского яруса представлены крупнозернистыми песками [1], характеризующимися высокими фильтрационными свойствами.

Зоны подземных вод с водопроницаемостью менее 50 $\text{м}^2/\text{сут}$ распространены в западной, южной и северо-восточной частях территории исследований. Минимальные значения водопроницаемости объясняются тем, что здесь выполнено опробование нижней зоны горизонта, где водовмещающие отложения представлены глинистыми песками готерив-барремского возраста. При этом в северо-восточной части территории наблюдается также и уменьшение в целом мощности готерив-сеноманского водоносного горизонта до 10 м и менее (в долинах рек).

В восточной части территории исследований выделена зона подземных вод, где отмечены частые изменения водопроницаемости в диапазоне 30-250 $\text{м}^2/\text{сут}$, а по единичным скважинам и более (до 371 $\text{м}^2/\text{сут}$). Это обусловлено неравномерностью

гранулометрического состава песчаных отложений аптского возраста и присутствием в них прослоев глин различной мощности.

Таким образом, для рассматриваемой территории характерна значительная изменчивость водообильности готерив - сеноманского водоносного горизонта как по площади, так и в вертикальном разрезе. Следует отметить, что наиболее перспективен для добычи подземных вод с целью хозяйственно-питьевого водоснабжения готерив - сеноманский водоносный горизонт на территории восточной части Курской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савко А.Д. Объяснительная записка к Атласу фациальных карт Воронежской антеклизы / А.Д. Савко, С.В. Мануковский, А.И. Мизин и др. - Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та – Вып. 20. В.: Из-во ВГУ, 2004г. – 107 с.

2. Соколов Д.С. Гидрогеология СССР. Том IV. Воронежская и смежные области / Д.С. Соколов. - М.: Недра, 1971.- 499 с.

3. Максимов В.М. Справочное руководство гидрогеолога Том 1, 2 / В.М. Максимов. – М.: Недра, 1979.- 294 с.

WATER CAPACITY ANALYSIS GOTERIV-SENOMAN WATER-BEARING HORIZON IN THE CENTRAL PART OF THE VORONEZH ANTECLISE (VORONEZH, KURSK REGIONS)

Pasmarnova S.P., Starodubtseva V.R.

pasmarnova-sp@yandex.ru

Voronezh State University, Voronezh, Russia

Abstract. A territorial analysis of the water permeability of the Hauteriv-Cenomanian aquifer used for centralized water supply in the western part of the Voronezh and eastern parts of the Kursk regions is carried out. The factors determining the conditions of water abundance are analyzed.

Key words: aquifer, filtration properties, specific flow rate, water permeability.

УДК 504. 55.04

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ РОССИИ: ИХ ЗНАЧЕНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЭПОХУ ТЕХНОГЕНЕЗА

О.Г. Столова¹, Р.Р. Гильмутдинов²

olga_stolova@bk.ru, 79grr@mail.ru

¹ АО «ЦНИИГеолнеруд», Казань, Россия, ² ФГБОУ ВО «КНИТУ», Казань, Россия. «Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых» и «Казанский научно-исследовательский технологический университет»

Аннотация: По шести номинациям систематизированы объекты гидросферы и показаны функции их взаимодействия в окружающей среде (атмосфере, литосфере и астеносфере, неразрывно связанных друг с другом). С учётом разнообразия предложено создать для них своеобразные эталоны – гидрогеологические памятники природы (ГгПП), которые объектив-но отвечали бы определённым критериям оценки используемых вод, их целевому назначению и осуществляли функции мониторинга. Приведённые примеры состава двух ГгПП по Татарстану с динамикой во времени свидетельствуют об изменении их состава.

Ключевые слова: гидрогеологический памятник, природа, эталон, критерий, оценка, вода, состав, мониторинг, экология, функция, сбережение.

Принято считать, что *гидросфера* – это сплошная оболочка Земли, так как моря и океаны переходя в подземные воды на суше и скапливаясь в атмосфере, между собой осуществляют постоянный круговорот воды, ежегодный объем которого составляет 100 тыс. км³. Известно также, что воде свойственны высокая теплоемкость, теплота плавления и испарения. Вода является хорошим растворителем, поэтому в ней содержится множество химических элементов и органических соединений, необходимых для поддержания жизни. Всесторонне разбирая модель взаимодействия составных частей различных вод с иными оболочками нашей планеты, обнаруживается тот факт, что благодаря их взаимному проникновению создаются своеобразные «симбиозные» участки внутри оболочек планеты, которые неразрывно связаны друг с другом. С помощью таблицы.1 сделана попытка в каком-то виде систематизировать объекты атмосферы, гидросферы, литосферы и астеносферы, чтобы показать их общие точки соприкосновения и взаимодействия.

Таблица. 1 – Особенности строения и взаимодействие при техногенезе оболочек Земли

Оболочки Земли	Составные части и характеристика оболочек	Взаимодействие оболочек Земли при техногенезе
Атмосфера	1) <i>Атмосферные осадки</i> : ливни, грозы, град, снег, туманы, облака и дожди. 2) <i>Стихии природы</i> : вьюги, смерчи, шторма, наводнения, цунами и др.	Кислотные дожди, ялениые взрывы с выбросами палио активных веществ в атмосферу и водоёмы, а также в колодцы, водохранилища, бассейны, сливные ямы и отстойники, эксплуатационные скважины с системами водоснабжения, ирригационные каналы, колонки (это – катастрофы).
Гидросфера	3) Океаны, моря и озёра: кратерные, карстовые, проточные и застойные (болота). 4) Реки, ручьи, родники и источники. 5) Покровные материковые (в том числе: горные, наземные и пещерные) льды. 6) Водотоки пещер, водопады, грифоны и гейзеры.	С нефтью, газом, солью и прочими ресурсами МСБ.
Литосфера	Каменная оболочка планеты, состоящая из биоорганики, минералов, горных пород, магмы и воды.	С нефтью, газом, солью и прочими ресурсами МСБ.
Астеносфера	Предположительно – это слой в верхней <u>мантии</u> планеты <u>Земля</u> . Он более пластичен, чем вышележащие слои, что даёт возможность <u>двигаться</u> по ней им, а также обеспечивает их общее <u>изостатическое</u> равновесие (инкогнито).	

Как следует из табл. 1. *гидросфера* представлена на нашей планете *поверхностными водами*: мировым океаном, пресными водами рек и озер, ледников и *подземными водами*, которые проникают по трещинам и пустотам вглубь оболочки, а также и иными составными частями, весьма разнообразными и присутствующими в атмосфере. Общие запасы воды на Земле составляют 1,5 млрд. км³. Из этого количества 97 % приходится на соленую морскую воду, 2 % составляет замерзшая вода ледников и 1 % – пресная вода.

Таким образом, *гидросфера* – это не сплошная оболочка Земли, так как моря и океаны переходят в подземные воды на суше, а между сушей, атмосферой и водным пространством идёт постоянный круговорот воды, который стирает чёткие границы оболочек планеты. В какой-то мере – вода вездесуща и заполняет все предоставленные природой ей ниши.

Известно, что большую часть поверхности Земли занимает *Мировой океан* (71% всей поверхности нашей планеты), который окружает материки (Евразию, Австралию, Северную и Южную Америку, Африку и Антарктиду) и острова. Он делится материками на четыре части: Тихий (50% площади Мирового океана), Атлантический (25%), Индийский (21%) и Северный Ледовитый (4 %) океаны.

Важной частью гидросферы Земли являются разной величины *реки* – водные потоки, текущие в естественных руслах и питающиеся за счет поверхностного и подземного стока с их бассейнов. А также, *озера и болота* – не менее существенная часть гидросферы Земли.

Ледники, образующие ледяную оболочку Земли (криосферу), также являются частью гидросферы нашей планеты. Они занимают 1/10 часть поверхности Земли. Именно в них содержатся основные запасы пресной воды (~3/4). На них до недавнего времени возлагались основные надежды, как на резерв, обеспечивающей МСБ воды жителей планеты.

Однако в настоящее время основными источниками водоснабжения всё ещё являются подземные воды, поскольку традиционно они эксплуатировались мировым сообществом.

Подземные воды распространены по всей территории планеты, в том числе и для России, они являются одним из главных источников питания рек. Непосредственно большая их часть связана с речным стоком и озерными котловинами. Объём естественных ресурсов подземных вод оценивается в 787,5 км³/год, а статические запасы составляют 28 тыс. км³.

На территории нашего государства разведано 3367 месторождений подземных вод, из них эксплуатируется лишь 48%. Эксплуатационные запасы разведанных месторождений составляют 28,5 км³/год. Степень их использования в среднем по РФ не превышает 33%, около половины использованной воды расходуется на хозяйственно-питьевые нужды [3]. В условиях нарастающего ухудшения качества поверхностных вод пресные подземные воды – нередко единственный источник обеспечения населения питьевой водой высокого качества, защищённый от загрязнения. Именно с ним и предстоит решать одну из первостепенных задач: сбережения экологически пригодных источников воды МСБ России.

Суммарный отбор подземных вод составляет всего лишь 4,5% от потенциальных эксплуатационных ресурсов (около 230 км³/год), т.е., несмотря на достаточно существенные запасы пресных подземных вод, их использование остается невысоким. Из общего объёма эксплуатационных ресурсов около половины (113 км³/год) не связаны с речным стоком. Особенно это характерно для нефтедобывающих регионов, где в большинстве случаев само загрязнение подземных вод, хотя и носит локальный характер, но в 3-ем тысячелетии оно на базе удручающей экологической обстановки, становится небезопасным к использованию.

Источники – это системы транспортировки, с помощью которых обычно происходит естественный выход подземных вод на земную поверхность. Подземные воды находятся в полостях, трещинах и порах горных пород в верхней части земной коры. Верхняя граница водонасыщенной зоны называется зеркалом, или уровнем, подземных вод. Именно там, где водоносные горизонты пересекаются с земной поверхностью и возникают такие источники.

Поскольку глубина грунтовых вод меняется в зависимости от сезона и количества выпадающих осадков, источники могут внезапно исчезнуть, или стать просачивающимися, капельными, или вдруг забить ключом. Существует несколько разновидностей источников.

Источники встречаются и на склонах холмов. В районах с расчлененным рельефом часть воды, которая просачивается в грунт в верхней части холма, может снова выйти на поверхность ниже по склону в виде источника, расположенного выше уровня водотока. Это происходит, если зеркало грунтовых вод находится выше уровня водотока. *Источники* возникают ещё и там, где вода при движении вниз встречает водоупорный горизонт, а затем выходит на поверхность в месте обнажения водопроницаемых пород. Расход воды таких источников на склонах холмов обычно невелик и изменчив.

Помимо них, ранее перечисленных, существуют ещё и *артезианские источники*. Их вода, поступающая в пористые проницаемые слои, перекрытые водонепроницаемыми породами, может под давлением фонтанировать в низко расположенных выходах, образуя именно такой источник. Иногда артезианские водоносные горизонты занимают значительную площадь, то тогда такие источники имеют высокий и довольно постоянный расход воды. Часть известных оазисов пустынных регионов приурочена к именно таким артезианским источникам: там, где имеются разломы в земной коре, и артезианские воды поднимаются из водоносных горизонтов вдоль линий разломов. Однако в период между сезонами дождей они нередко иссякают.

Карстовые источники. Крупнейшие в мире источники часто связаны с выходом вод из карстующихся осадочных пород. Содержащие углекислый газ, просачивающийся в них с помощью вод, они способны растворять сульфатные и карбонатные породы, в связи с чем, во

многих регионах, сложенных гипсами, доломитами и известняками, часто распространены пещеры, для которых весьма обычны: разветвлённая сеть залов с нишами и промоинами, поноры, колодцы, провалы и каналы их связывающие. Для таких районов весьма типичны подземные реки, озёра и даже очень крупные карстовые источники с грифонами.

Горячие источники. Большинство их приурочено к вулканическим областям, в которых вода нагревается от вмещающих их горных пород в слоях земной коры, расположенных вблизи вулканов; хотя при этом, не исключено, что часть воды поступающей из очагов извержений, имеет и магматическое происхождение. В некоторых горячих источниках высокая температура воды обусловлена её подъёмом с больших глубин, и при этом с учётом того, что температура пород растёт на 1°C с увеличением глубины на каждые 30 м. Относительно холодных, тёплых и горячих источников воды имеют более высокую минерализацию, поскольку химические реакции в них протекают более интенсивно при повышенных температурах и взаимодействии с газовыми выбросами в подземные камеры.

Минеральные источники. Вода этих источников содержит значительное количество растворённых в ней органических и не органических химических веществ, которые в некоторых случаях является лечебными. С древних времён в России известны источники с мёртвой и живой водой, и это – не предания старины далёкой, а вполне – имеющей место факт. Речь о них пойдёт чуть позже. А пока нам хотелось бы заострить внимание на весьма явном и значительном разнообразии источников воды, которые являются предметом снабжения ей в качестве *питьевой* населения нашего государства. Разнообразные по своей силе и природе процессы, непрерывно происходящие в гидросфере, трансформируют её, в той или иной степени, подвергая изменениям, посредством взаимодействия с астеносферой, литосферой и атмосферой. Однако эти трансформации обычно не регламентируются и не учитываются ни государственными, ни административными границами, и именно поэтому целесообразно проблемы, связанные непосредственно с изменением экологии гидросферы, рассматривать повсеместно в совокупности: и в отдельных регионах нашей страны, и в целом на обширном пространстве Отечества. При таком разнообразии было бы также целесообразным создать эталоны или гидрогеологические памятники природы (ГгПП), которые объективно отвечали бы определённым критериям оценки используемых вод, учитывая их целевое назначение.

В принципе такая система объектов существует в электронном варианте для регионов России и ей можно воспользоваться. Это – http://www.geomem.ru/mem_all.php?objoblast [1]. Правда, она создавалась под эгидой «Уникальных геологических объектов России» в начале третьего тысячелетия, но собранная в ней информация может быть использована и теперь, правда, в какой-то мере подкорректированная с помощью постоянного мониторинга УГО.

Учитывая то, что наша планета – настоящая лаборатория, где природа формирует не только бесчисленные варианты химических систем и показывает нам результаты синтеза в чрезвычайно широком диапазоне внешних условий (давление, температура и т.д.), потому-то априорные данные о структуре и физико-химических свойствах их зачастую являются отправной точкой исследований в экологии ГгПП. Прогресс в экспериментальной технике позволил человеку не только наблюдать за поведением вещества в условиях планеты, но и продвинуться дальше, открывая новые знания и технологии в околоземном пространстве, чем и следует обязательно воспользоваться в перспективе. При этом увеличение объёмов лабораторных исследований на эталонных объектах – актуально и целесообразно.

Проанализировав ГгПП в трёх федеральных округах России (Приволжском, Северо-Западном и Сибирском) были установлены такие интересные факты. Именно объекты этого профиля очень неравномерно акцентированы на предмет их «уникальности» в регионах. Для каждого конкретного случая степень изученности должна быть подкреплена определёнными объективными результатами исследований, а они, как правило, отсутствуют, или просто – не приводятся. Более того: для многих из них в «Справочной системе УГО России» [1] (для ГгПП) отсутствуют их фотографии на местности, что лишает возможности судить хотя бы об

их эстетической привлекательности, как об объектах геологического наследия страны. В ней идёт только их перечисление в списочном порядке с указанием географического положения.

Этого явно не достаточно. Так, в Иркутской области: из приведённых 187-ми объектов разного профиля, 95 являются ГгПП (это – чуть более 50%). С долей высокой степени вероятности можно утверждать, что в каждом из российских 84-х регионов общее число родников, озёр, болот, рек и прочих памятников природы в «списочном» варианте можно легко расширить. Но оценить их уникальность или хотя бы привлекательность (лишь на основании перечисления) затруднительно из-за их слабой изученности. Более того среди них, как правило, изучаются лишь источники питьевого водоснабжения и бальнеологические, да и то – инкогнито. А уж, если вдруг вы захотите узнать, что течёт у вас в квартире из крана, то официальным путём эти сведения будут не достигаемыми. А уж тем более, об уникальности ГгПП и говорить не приходится (всё – на уровне слухов!). Их информационный потенциал в электронной «Справочной системе УГО России» [1] весьма низок, а жаль!

В течение ряда лет нами изучались «Голубые озёра» в семи российских регионах: Архангельской и Самарской областях, Пермском крае, республиках Татарстан, Мари-Эл, Башкортостан и Чувашии. Эти данные опубликованы [2] и свидетельствуют об их общности в том, что в тех из озёр, где обнаружен *стронций* в значительном количестве (от 1 до 9 мг/л) – цвет воды небесно-голубой, а рыба не водится. Температура воды в них обычно находится в интервале 6-8°С, а определённое содержание натрия и хлора способствует тому, что они не замерзают даже зимой. Однако, как показали повторно проведённые исследования на водах двух из них («Голубые озёра» и «Акташский провал» в Татарстане) с разницей анализов через 14 лет (2007 и 2021), оба эти ГгПП претерпели трансформацию состава (см. табл. 2 ▼):

Сравнение результатов анализа проб воды (разных лет) двух ГгПП РТ, содержащих

Sr и 25 др. элементов.

Со временем их воды по составу изменились ►
 Полужирным шрифтом выделены их наиболее существенные различия элементов. Приведённые в *таблице 2* анализы проб воды ГгПП выполнялись в разное время и в 2-х различных лабораториях, но по одной стандартной методике при работе на существующих серийных приборах указанных ниже:
 в 2007 г. – в организации – ВГУП «ЦНИИгеолнеруд», а в 2021 году в – ФГБОУ ВО «КНИТУ» в комплексной лаборатории «Нано Аналитика», на следующем оборудовании:
 1) Масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой NexION 300D.
 2) Оптическом эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой iCAP 6300 Duo.

Элементы, <i>мг/л</i>	Акташский провал, РТ		Голубое озеро, РТ	
	<i>07. 2007</i>	<i>05.2021 г.</i>	<i>06. 2007</i>	<i>05.2021 г.</i>
Литий	0,0229	<0,0162	0,0152	0,0200
Бор	–	0,0056	0,0249	0,064
Ванадий	0,0024	0,0011	0,0008	0,0009
Хром	0,0030	0,0018	0,0009	0,0005
Марганец	–	0,0015	0,0008	0,0023
Кобальт	1,687	0,0002	0,0003	0,0007
Никель	9,608	0,0035	0,0058	0,0108
Медь	0,0029	0,0038	0,0004	0,0014
Цинк	0,0009	0,0063	0,0015	0,0050
Мышьяк	0,0033	0,0005	–	0,0003
Селен	0,0059	0,0008	0,0013	0,0009
Стронций	1,74	1,26	7,221	5,74
Молибден	<0,0010	0,0014	0,0066	0,0032
Кадмий	<0,1698	0,00002	0,00001	0,00002
Барий	0,0227	0,134	0,026	0,011
Ртуть	0,0009	0,00002	–	0,00002
Свинец	0,0009	<0,0001	0,0001	<0,0001
Бром	0,0253	0,076	–	0,034
Йод	0,0002	0,003	–	0,005
Кремний	4,56	5,72	4,062	4,45
Кальций	78,0	96,0	282,5	597,0
Магний	37,0	36,33	27,38	76,0
Натрий	15,68	19,0	4,507	11,0
Калий	–	1,48	1,449	0,896
Железо	–	0,005	0,005	0,0 1
Фосфор	–	0,037	0,168	0,004

Особая значимость рассмотренных нами объектов заключена в том, что они преимущественно тяготеют не только к карстопроявлениям, но и к районам распространения нефтегазовых месторождений, а возможно даже соседствуют с источниками минерализованных вод, перспективных на получение редкоземельных металлов. В этой связи многогранность этих ГгПП позволяет рассматривать их как комплексные ГПП и способствует использованию их выявленных преимуществ в составе для различных поисковых целей и, в том числе – в качестве эталонов полиминеральных источников получения ценных полезных ископаемых МСБ России. Их потенциал ещё не использован полностью, а поэтому они ещё должны быть полезными и служить в качестве геоинформационных научных пособий, созданных самой Природой. Таким образом, эти солидные по возрасту, региональные ГПП составляют каркас для всестороннего изучения и бережного к ним отношения по сути – **Объектов геологического наследия России**, как со стороны населения, так и администраций регионов и учёных высокой квалификации гидрогеологического профиля, экологов, карстоведов, врачей и специалистов многих других профессий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочно-поисковая система Уникальные геологические объекты России. – http://www.geomem.ru/mem_map.php?s_pict=karel.gif&id=14222., – С-Пб, 2011.
2. Столова О.Г., Гильмутдинов Г.Г. Стронциевые воды на закарстованных территориях европейской части России: их изученность, особенности и значение. //Сб. научных статей «Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Изд-во Пермск. ун-та.– Пермь, 2020.– вып. 23, С.324-331.
3. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза. /Под ред. В. Т. Трофимова. М: Изд-во «Ноосфера», 2006. 720 с.

ECOLOGICAL FUNCTIONS OF NATURAL HYDROGEOLOGICAL MONUMENTS OF RUSSIA: THEIR SIGNIFICANCE AND TRANSFORMATION IN THE ERA OF TECHNOGENESIS

O.G. Stolova¹, R.R Gilmudinov²

olga_stolova@bk.ru 79grr@mail.ru

¹ *АО «Central geological research institute of nonmeral mineral resources», Kazan, Russia*

² *FGBOU VO «Kazan national research technological institute», Kazan, Russia*

Annotation: Objects of hydrosphere are systematized using six values and functions of their interaction in the environment (lithosphere, asthenosphere and atmosphere, inextricably linked with each other) are demonstrated. Taking their diversity into account, it is suggested to create standards for them – hydrogeological natural monuments that would objectively meet certain criteria of grading the used waters, their purpose and would perform monitoring functions. The given examples of the composition of two hydrogeological natural monuments in Tatarstan Republic with dynamics in time indicate a change in their composition. Keywords: hydrogeological, monument, nature, standard, criteria, grade, composition, ecological function, monitoring, preserving.

УДК 55; 502; 504

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ, АТМОСФЕРЫ, ПОВЕРХНОСТНОЙ ГИДРОСФЕРЫ: СОДЕРЖАНИЕ, ЕДИНЫЙ ПОДХОД К ИХ СИСТЕМАТИКЕ

В.Т. Трофимов, trofimov@rector.msu.ru

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Аннотация. Сформулировано содержание понятий «экологические функции абиотических сфер Земли»; ресурсной, геохимической, геофизической и геодинамической

экологических функций литосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы. Приведены схемы систематики экологических функций этих геосфер.

Ключевые слова: экологические функции, литосфера, атмосфера, гидросфера, систематика.

Экологические функции абиотических сфер Земли и их типы

Под экологическими функциями абиотических сфер Земли предложено понимать все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение этих геосфер (атмосферы, гидросферы, литосферы и педосферы), включая их состав, объем, динамику функционирования, геохимические и геофизические поля, в жизнеобеспечении биоты, в первую очередь человеческого сообщества [1-6]. Основное с рассматриваемой точки зрения предназначение всех абиотических сфер Земли – литосферы, педосферы, атмосферы и гидросферы – ресурсное и энергетическое обеспечение жизни и развития биоты. Это предназначение названных геосфер и их экологических функций реализуется ресурсной, геодинамической, геохимической и геофизической экологическими функциями каждой абиотической сферы Земли, которые рассматриваются в качестве типов.

Содержание этих функций определено следующим образом:

– ресурсная экологическая функция абиотических сфер Земли определяет роль минеральных, органо-минеральных и органических твердых, жидких и газообразных ресурсов литосферы, атмосферы, педосферы и поверхностной гидросферы, а также литосферного, атмосферного и гидросферного пространства для жизни и развития биоты в качестве как биогеоценоза, так и социальной структуры;

– геодинамическая экологическая функция абиотических сфер Земли отражает способность литосферы, атмосферы, педосферы и поверхностной гидросферы влиять на условия жизни биоты, ее состояние, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные процессы и явления;

– геохимическая экологическая функция абиотических сфер Земли определяет свойства геохимических полей литосферы, атмосферы, педосферы и поверхностной гидросферы природного и техногенного происхождения влиять на условия жизни и состояние биоты в целом, включая здоровье человека;

– геофизическая экологическая функция абиотических сфер Земли отражает свойства геофизических полей литосферы, атмосферы, педосферы и поверхностной гидросферы природного и техногенного происхождения влиять на условия жизни биоты в целом, включая здоровье человека [1-6].

О подходе к определению содержания и систематике экологических функций каждой абиотической сферы Земли

Содержание экологических функций каждой абиотической сферы Земли определяется конкретным выражением экологических свойств этих сфер. Поскольку фазовое состояние преобладающей части вещества литосферы, поверхностной гидросферы и атмосферы принципиально различно, то и влияние этих сфер на биоту будет не одинаковым, но всегда необходимым для ее жизни и развития. Неодинаковы и их составы, динамика развития, поля, действующие на биоту, включая человека. Но при этом всегда совокупность экологических свойств каждой абиотической сферы, как и все они в целом обеспечивают ресурсные и энергетические потребности живого.

Исходя из этого, следует сделать вывод, что каждая абиотическая сфера Земли, с одной стороны, обладает своим, в главных чертах специфическим содержанием ресурсной, геодинамической, геохимической и геофизической экологических функций, а с другой – именно совокупность этих особенностей и обеспечивает необходимые условия «дома планеты Земля». Это позволяет разрабатывать индивидуальные классификации экологических функций каждой абиотической сферы на основе общего подхода, общей теоретической основе. При реализации этой идеи целесообразно использовать опыт построения систематики экологических функций литосферы [4, 6, 7].

При использовании такого подхода на первом уровне в классификации, для любой без исключения абиотической сферы Земли, должны быть выделены четыре ранее определенные экологические функции – ресурсная, геодинамическая, геохимическая и геофизическая. Но уже на втором этапе классифицирования неизбежно появятся отличия, обусловленные составом, состоянием и свойствами конкретных абиотических сфер.

Например, геологическое пространство литосферы будет «заменено» воздушным пространством атмосферы и аквапространством поверхностной гидросферы. Аналогично будут замещены геологические процессы атмосферными и гидрологическими. Вероятно, наряду с природными и антропогенными процессами и аномалиями, следует выделять и антропогенно-природные, поскольку в атмосфере и поверхностной гидросфере они развиты более широко по сравнению с литосферой.

Существенно более глубокие отличия появятся на следующем уровне классификации. Ресурсы, потребляемые биотой для жизни из литосферы, педосферы, атмосферы и гидросферы, существенно неодинаковы по фазовому состоянию и составу. Катастрофические для живого процессы также различны: землетрясения, извержение вулканов, оползни и др. в литосфере, тайфуны, торнадо, смерчи и т.п. – в атмосфере, нагоны, наводнения, цунами – в поверхностной гидросфере. Неодинаковыми будут и конкретные «наборы» геохимических и геофизических полей, свойственных каждой абиотической сфере Земли.

Продвигаясь в этой работе далее, мы все в большей и большей степени учитываем индивидуальные экологически значимые качества каждой из сред. Но при этом строго сохраняется выбранный подход к созданию систематики экологических функций. А это, в свою очередь, позволит создать индивидуальные систематики этих функций всех абиотических сфер Земли, сопоставимые друг с другом.

Систематика экологических функций абиотических сфер Земли

Эта идея отражена на рис. 1, 2 и 3, на которых приведены систематики экологических функций литосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы соответственно. Это первый вариант таких построений; он свидетельствует о правомерности реализации такого подхода.

Изложенные положения позволяют не только с единых теоретических позиций подойти к анализу экологической роли всех абиотических сфер Земли, к разработке классификаций экологических функций каждой из них, но и на этой основе сформировать новую структуру геоэкологии как действительно междисциплинарной науки [2, 3, 5]. А это представляется автору чрезвычайно важным с общеметодологической точки зрения.

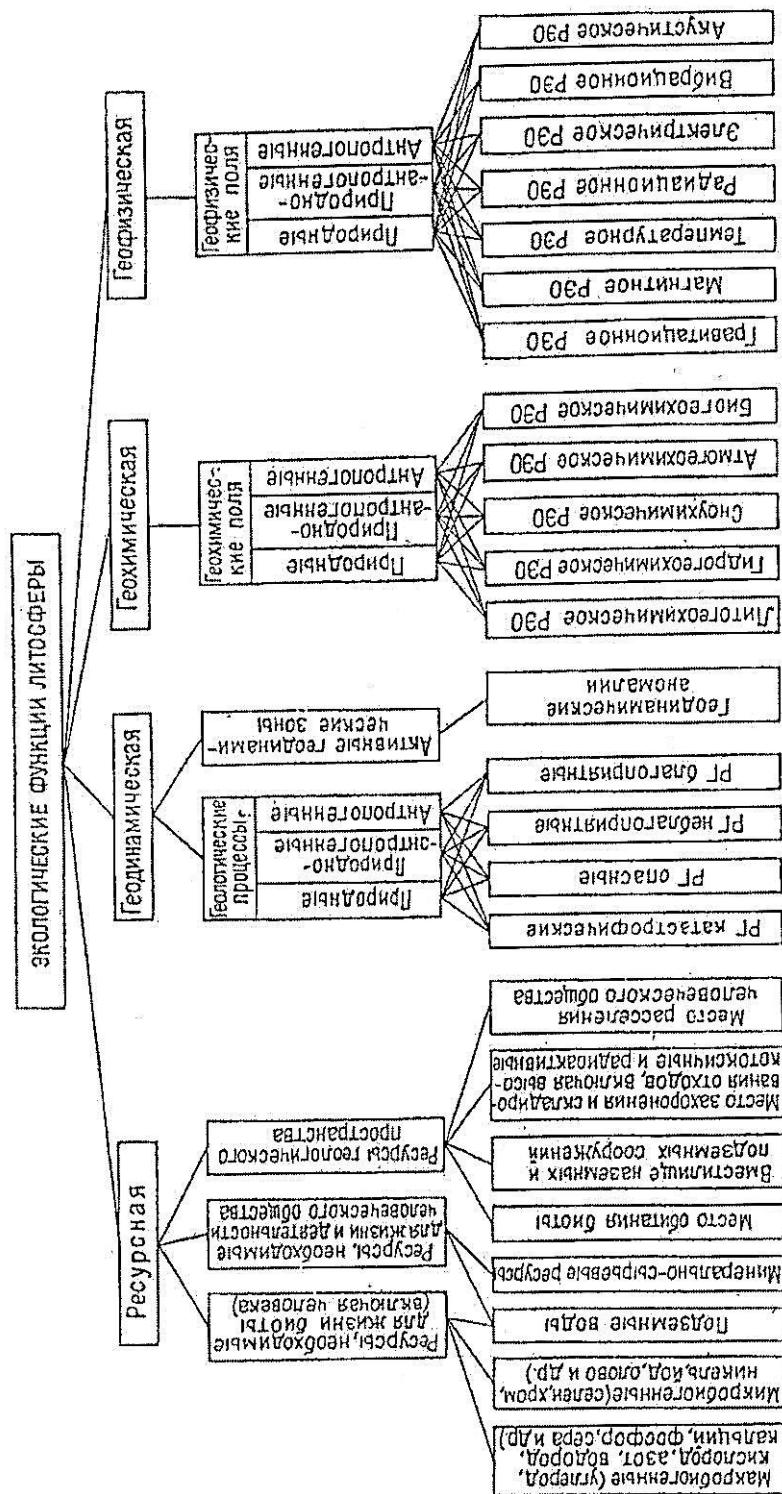


Рис. 1. Систематика экологических функций литосферы и их составляющих (по В. Т. Трофимову и Д. Г. Зилингу)
 РК - разного генезиса; РЗО - разной экологической опасности

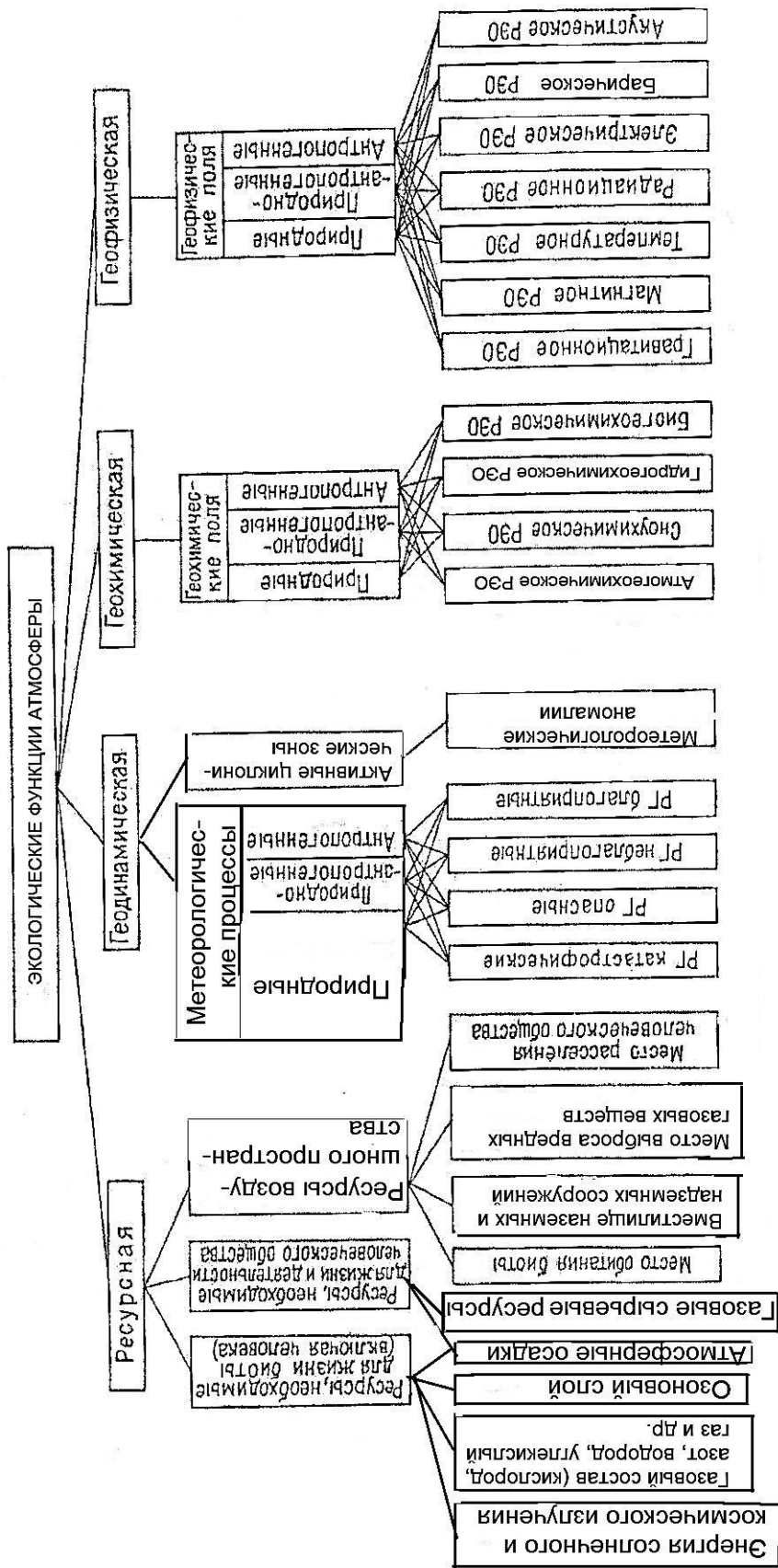


Рис. 2. Экологические функции атмосферы и их составляющие (составил В.Т. Трофимов)
 РГ - разного генезиса; РЗО - разной экологической опасности

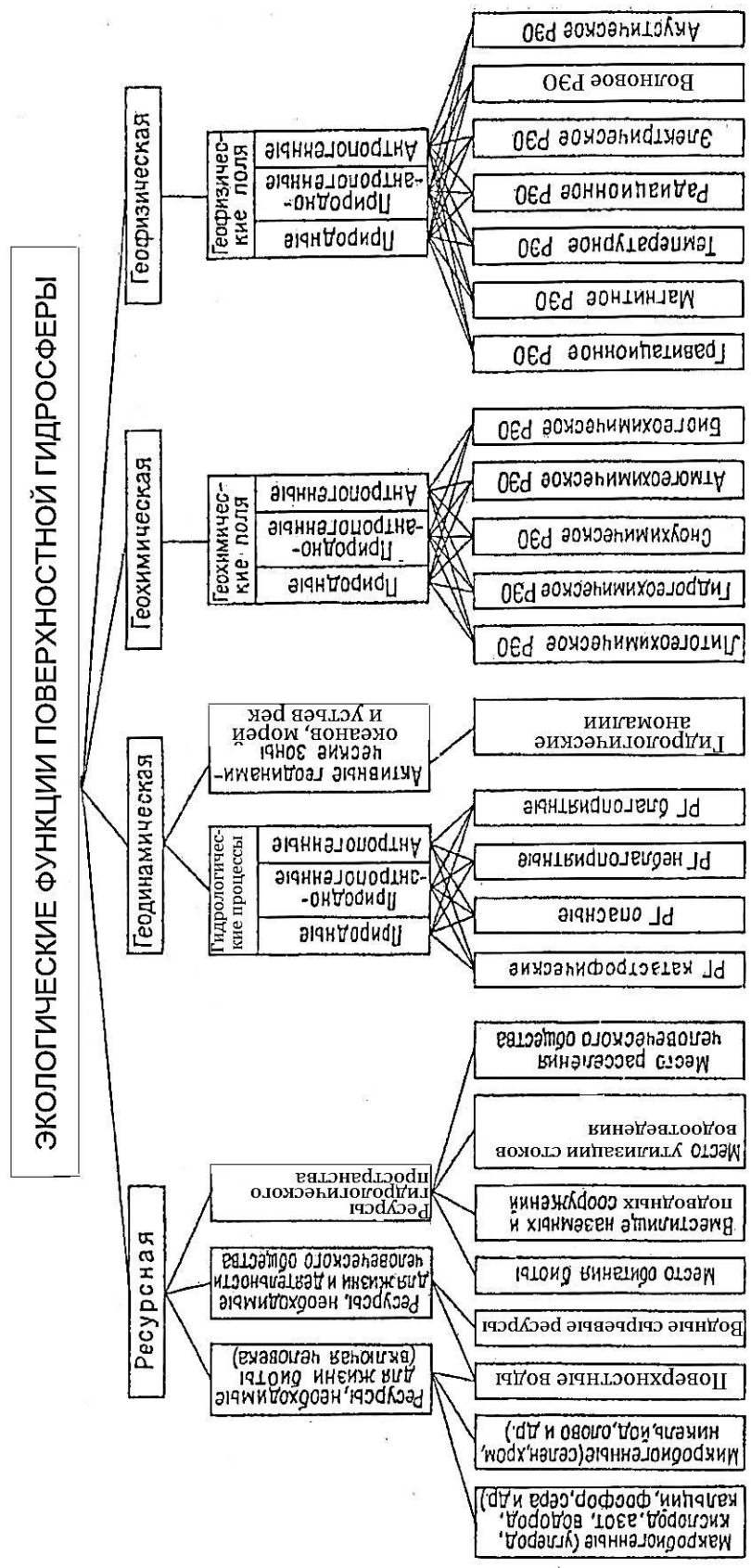


Рис. 3. Экологические функции поверхностной гидросферы и их составляющие (составил В. Т. Трофимов)
 РГ - разный генезиса; РЭО - разной экологической опасности

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимов В.Т. Об экологических функциях абиотических сфер Земли // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2005. № 2. С. 59-65.
2. Трофимов В.Т. Новый теоретический подход к определению содержания и развития геоэкологии // Геоэкология. 2006. № 2. С. 216-225.
3. Трофимов В.Т. Экологические функции абиотических сфер Земли: содержание и значение для формирования теоретического базиса геоэкологии как науки // Геоэкологические проблемы современности. Владимир: ОАО «Аркаим», 2014. С. 28-33.
4. Трофимов В.Т. Теоретические аспекты геоэкологии. М.: «КДУ», «Университетская книга», 2020. 148 с.
5. Трофимов В.Т., Куриленко В.В. Экологические функции абиотических сфер Земли: содержание и значение для становления нового теоретического базиса геоэкологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2015. № 2. С. 93-102.
6. Трофимов В.Т., Харькина М.А., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д. Экологические функции абиотических сфер Земли / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, Университетская книга, 2018. 608 с.
7. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та. 2000. 432 с.

ECOLOGICAL FUNCTIONS OF LITHOSPHERE, ATMOSPHERE, SURFACE HYDROSPHERE: CONTENT, UNIFIED APPROACH TO THEIR SYSTEMATICS

V.T. Trofimov, trofimov@rector.msu.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The content of the notions of "ecological functions of Earth abiotic spheres"; resource, geochemical, geophysical and geodynamic ecological functions of lithosphere, atmosphere and surface hydrosphere are formulated. The schemes of systematics of ecological functions of these geospheres are given.

Key-words: ecological functions, lithosphere, atmosphere, hydrosphere, systematics.

УДК 55; 502; 504

КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АБИОТИЧЕСКИХ СФЕР ЗЕМЛИ И НОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИИ КАК МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ НАУКИ

V.T. Trofimov, trofimov@rector.msu.ru

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Аннотация. Охарактеризовано содержание концепции экологических функций абиотических сфер Земли. Сформулировано новое содержание геоэкологии как междисциплинарной науки, включающее определение содержания, объекта, предмета, логической и научной ее структур, терминологии, научных и прикладных задач.

Ключевые слова: концепция, экологические функции, абиотические сферы, новое содержание, геоэкология.

О содержании концепции

Концепция экологических функций абиотических сфер Земли включает следующие составляющие: 1) понятия «экологические функции абиотических сфер Земли» и их типы; 2) закономерности их формирования; 3) характеристики морфологических особенностей экологических функций абиотических сфер Земли и их значение для биоты; 4) трансформация экологических функций в эпоху техногенеза и ее экологические последствия;

5) взаимодействие абиотических сфер Земли между собой, техносферой, их экологические последствия. При этом под экологическими функциями абиотических сфер Земли предложено понимать все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение этих геосфер (атмосферы, гидросферы, литосферы и педосферы), включая их состав, объем, динамику функционирования, геохимические и геофизические поля, в жизнеобеспечении биоты, в первую очередь человеческого сообщества [2, 3, 5, 6]. Основное их предназначение – ресурсное и энергетическое обеспечение функционирования биоты – реализуется ресурсной, геодинамической, геохимической и геофизической экологическими функциями каждой абиотической сферы Земли.

В наибольшей степени эти позиции охарактеризованы в монографии «Экологические функции абиотических сфер Земли» [7]. Это первая в мире книга такого содержания. В первой ее части обосновано содержание понятия этих функций – функций, определяющих роль и значение литосферы, педосферы, атмосферы и поверхностной гидросферы в жизнеобеспечении биоты, включая человеческое сообщество, и охарактеризованы общие закономерности их формирования. Систематическое описание ресурсной, геодинамической, геохимической и геофизической экологических функций всех абиотических сфер Земли, их трансформации под влиянием техногенеза и ее экологических последствий приведено во второй-пятой частях. Шестая часть посвящена обсуждению взаимодействия абиотических сфер Земли между собой и техносферой, их влияние на потепление климата, озоновый слой, геофизические поля; в ней же охарактеризованы пути регулирования техногенной трансформации экологических функций абиотических сфер Земли.

О современном состоянии геоэкологии и необходимости преодоления ее парадоксов

Термин «геоэкология», введенный К. Троллем как синоним его же термина «ландшафтная экология», стал широко использоваться представителями разных наук. Он потерял необходимую четкость, стал, по сути, термином свободного пользования, а геоэкология – «наукой наук». Часто геоэкологическими называют работы, не имеющие ни малейшей экологической направленности. Этим обусловлены парадоксы современной геоэкологии.

К числу важнейших, фундаментальных по значению парадоксов современной геоэкологии отнесены [4, 6]: 1) «многоликость» понимания содержания геоэкологии, не свойственную сформировавшимся наукам; 2) многоликое понимание структуры геоэкологии как науки; 3) отсутствие четко определенных, а главное, общепризнанных теоретических задач геоэкологии; 4) неоднозначное отношение исследователей к необходимости изучения при геоэкологических работах влияния параметров абиотических сред на состояние биоты; 5) различные взгляды на проблему изучения воздействия природных и антропогенных факторов на экосистемы; 6) неразработанность вопроса о междисциплинарном характере геоэкологии как науки. Кроме того, существуют организационно-ВАКовские парадоксы геоэкологии. Содержание каждой из этих позиций, обсуждение и решение которых необходимы для разработки четкой теоретической базы геоэкологии, раскрыты в работе [6].

Все это, строго говоря, ставит вопрос о возможности относить геоэкологию к новой, уже сформировавшейся науке. Более того, уже опубликована статья под названием «Геоэкология – наука, которой нет» [1].

Главной причиной существования парадоксов, обуславливающих «многоликость» современной геоэкологии, является неразработанность теоретических основ геоэкологии, отсутствие четкой формулировки ее понятийной базы. Именно это позволяет существовать широкому спектру взглядов на содержание геоэкологии. Именно поэтому высказываются представления, в которых объект этой междисциплинарной науки рассматривается от экосферы до геологической среды, структура и задачи формулируются совершенно по-разному, а отношение к необходимости оценивать влияние абиотических сред на биоту принципиально различается.

Неработанность этой позиции четко выражается и в подходе к вопросу: какое же учение (концепция) должно лежать в основе теории этой науки? А в его решении заключается важнейшая позиция науки, требующая широкого, коллективного анализа.

Поиск путей преодоления современного состояния геоэкологии занял немалое время. Основополагающим оказалась разработка в экологически ориентированных научных направлениях ряда наук изучаемых представлений о биохимических и экологических функциях изучаемых объектов. Разработка последней позиции и издание ранее названной книги [7] позволили перейти к созданию теоретических оснований и содержания геоэкологии как междисциплинарной науки на базе концепции экологических функций абиотических сфер Земли, постулированной еще в [3, 4]. Этот подход имеет ряд преимуществ; 1) исследуются только экологически значимые особенности литосферы, атмосферы, поверхностной гидросферы и педосферы и их значение для функционирования живого; 2) создается реальная возможность единой, целенаправленной оценки этих особенностей различных геосфер Земли.

Новое содержание геоэкологии как междисциплинарной науки

В качестве составляющих этого построения разработаны новые представления о содержании, объекте, предмете, логической и научной структурах геоэкологии, терминологии, типах и группах показателей оценки и группах показателей оценки геоэкологических условий, типах, научных содержательных и прикладных задачах, положении геоэкологии в системе наук о Земле и живом и др. Не имея возможности даже кратко описать их содержание в настоящей статье (из-за лимита ее объема), остановлюсь лишь на наиболее значимых.

На основе использования словосочетания «экологические функции абиотических сфер Земли» сформулировано принципиально новое содержание понятия «геоэкология», в котором отражены все компоненты экосистем любого иерархического уровня и ее главные типы задач: геоэкология – междисциплинарная наука, изучающая экологические функции абиотических сфер Земли (экотоп экосистем), закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием современных природных и антропогенных воздействий в связи с жизнью и деятельностью биоты, включая человека (биоценоз экосистемы).

Такой подход к содержанию геоэкологии позволил по-новому определить ее объем как поле пересечения наук о жизни, атмосфере, поверхностной гидросфере и литосфере. Исходя из этого во всех науках, изучающих такой объект, правомерно, что также отмечалось, развивать экологически ориентированные направления, которые следует называть с прилагательным «экологическая»: экологическая физика, экологическая география, экологическая геология, экологическая химия и т.п.

Объектом геоэкологии при таком подходе следует признать экосистемы различных иерархических уровней, экологические функции их абиотических сред – компонентов экотопа, сформированными природными процессами прошлых эпох и трансформированными современными природными и антропогенными воздействиями, обеспечивающими или осложняющими функционирование Живого – биоценоза экосистем.

В рамках развиваемой концепции под предметом изучения геоэкологии понимается система знаний об экологических функциях и свойства абиотических сфер Земли экосистем разных иерархических уровней и оценка влияния (узкий подход) и взаимодействия (широкий подход) этих функций с Живым экосистем.

Логическая структура геоэкологии показана на рис. 1, как видно, в ее формировании огромную роль играют экологически ориентированные направления классических наук.

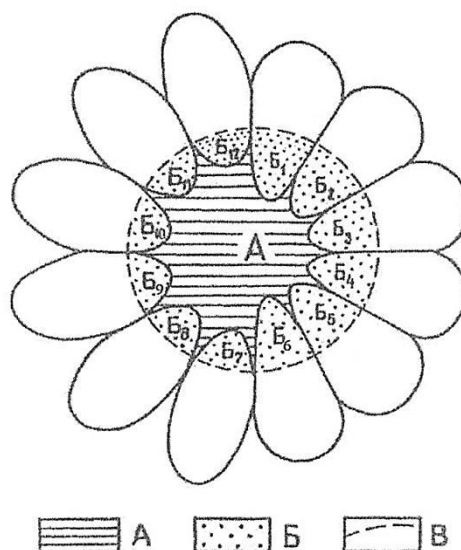


Рисунок 1 – Принципиальная схема строения общего поля логической структуры геоэкологии (составил В.Т. Трофимов)

А – «собственная часть» логической основы логической структуры геоэкологии; Б – части логической структуры экологически ориентированных наук, исполь-зуемые в геоэкологии:

Б1 – экологическая геология, Б2 – экологическая география, Б3 – экологическое почво-ведение, Б4 – экологическая гидрология, Б5 – экологическая океанология, Б6 – экологическая «атмосферология», Б7 – науки о Живом, Б8 – экологическая физика, Б9 – экологическая химия, Б10 – экологическая медицина, Б11 – ?, Б12 – ?; В – контуры общего поля логической структуры геоэкологии

Структура геоэкологии как науки включает четыре крупных направления: геоэкологическое ресурсоведение, геоэкологическую геодинамику, геоэкологическую геохимию и геоэкологическую геофизику.

Из терминологических вопросов рассмотрено лишь две позиции: геоэкологическое пространство и геоэкологические условия. Содержание первого из этих понятий – геоэкологическое пространство – определено так: это совокупная взаимосвязанная часть геосфер Земли в пределах которой сформированы экологические функции ее абиотических сфер, обеспечивающие ресурсные и энергетические условия жизнедеятельности биоты. Это теоретическое содержание данного понятия. В его объеме должны рассматривать глобальные проблемы геоэкологии, вопросы взаимодействия абиотических сфер Земли между собой, влияние на них антропогенных воздействий и их экологические последствия.

Для ресурсной характеристики конкретной территории целесообразно использовать понятия «ресурсный потенциал» и «качество ресурса». Под первым из них – ресурсным потенциалом геоэкологического пространства – понимается совокупность перспективных, возможных к освоению площадей и объемов этого пространства. Основными элементами, составляющими и определяющими ресурсный потенциал, являются: 1) пригодность геоэкологического пространства для расселения биоты, в том числе человека; 2) пригодность территории для всех видов хозяйственного освоения.

Под качеством ресурса геоэкологического пространства понимается степень пригодности данного массива литосферы для того или иного конкретного вида освоения. Под освоением в данном случае подразумевается как любой вид инженерно-хозяйственного освоения, так и «обживание» этой территории биологическими видами. При этом

рассматривается расселение биоты не только естественно, но и искусственное, вызванное созданием заказников, заповедников, сельскохозяйственной деятельностью человека.

Под геоэкологическими условиями следует понимать совокупность конкретных свойств экологических функций абиотических сфер Земли, отражающих современную обстановку жизнедеятельности живых организмов в данном объеме геосфер (или конкретной геосферы) к среде их обитания. Эта обстановка может изменяться как от места к месту, так и во времени в пределах одного массива, одного района. В последнем случае эколого-геологическая обстановка как бы проходит ряд своих состояний, трансформируясь во времени от одного из них к другому. В условиях техногенеза и вследствие развития природных катастрофических процессов такие изменения происходят очень быстро, нередко практически мгновенно, даже с исторической точки зрения.

Типы и группы показателей оценки состояния геоэкологических условий многочисленны и разноплановы. Они сгруппированы на рис. 2. Заметим, что на этой схеме отражены группы показателей, в каждую из которых входит значительное число качественных и количественных показателей, в том числе нормируемых различными нормативными и методическими документами.

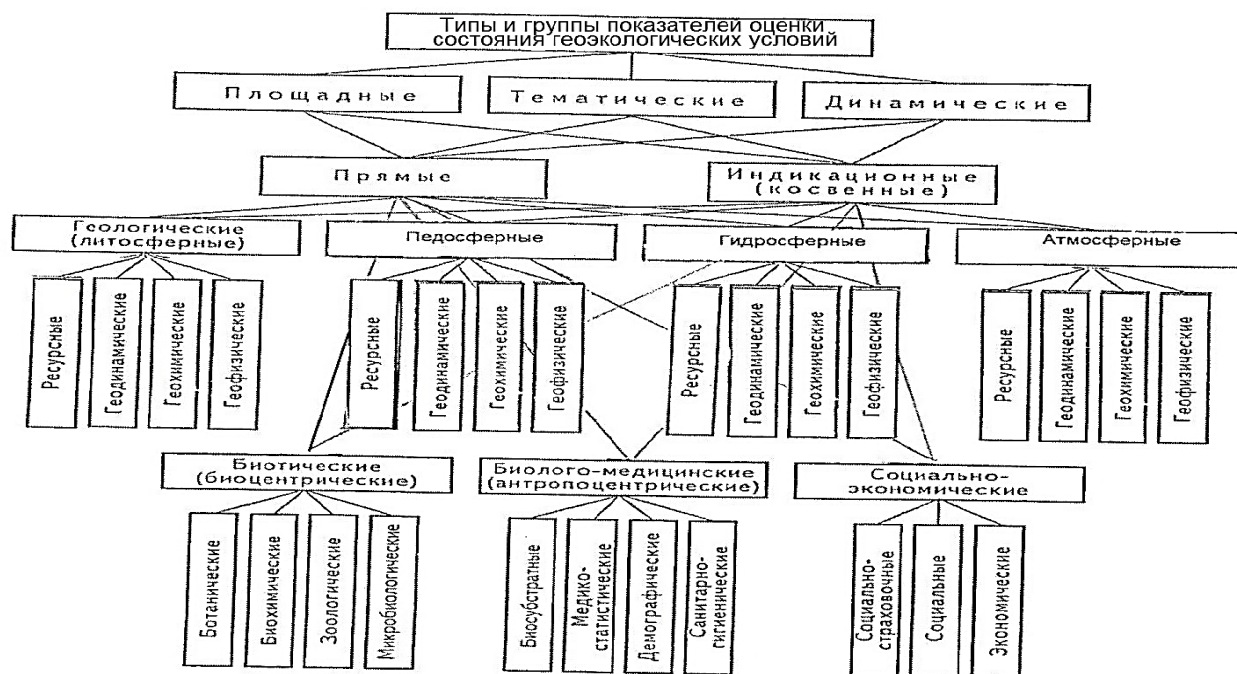


Рис. 2. Систематика показателей, используемых при оценке состояния геоэкологических условий (составил В.Т. Трофимов)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов М.И. Геоэкология – наука, которой нет. Инженерные изыскания в строительстве – кризис саморегулирования. М.: Академическая наука, 2014. С. 122-124.
2. Трофимов В.Т. Об экологических функциях абиотических сфер Земли // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2005. № 2. С. 59-65.
3. Трофимов В.Т. Новый теоретический подход к определению содержания и развития геоэкологии // Геоэкология. 2006. № 2. С. 216-225.
4. Трофимов В.Т. Парадоксы современной геоэкологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009. № 4. С. 3-13.
5. Трофимов В.Т. Экологические функции абиотических сфер Земли: содержание и значение для формирования теоретического базиса геоэкологии как науки // Геоэкологические проблемы современности. Владимир: ОАО «Аркаим», 2014. С. 28-33.

6. Трофимов В.Т. Теоретические аспекты геоэкологии. М.: «КДУ», «Университетская книга», 2020. 148 с.

7. Трофимов В.Т., Харькина М.А., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д. Экологические функции абиотических сфер Земли / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, Университетская книга, 2018. 608 с.

**THE CONCEPT OF ECOLOGICAL FUNCTIONS OF ABIOTIC SPHERES
OF THE EARTH AND THE NEW CONTENT OF GEOECOLOGY
AS AN INTERDISCIPLINARY SCIENCE**

V.T. Trofimov, trofimov@rector.msu.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The content of the concept of ecological functions of Earth's abiotic spheres is characterized. A new content of geoecology as an interdisciplinary science, including the definition of the content, object, subject, its logical and scientific structures, terminology, scientific and applied tasks is formulated.

Key-words: concept, ecological functions, abiotic spheres, new content, geoecology

**TRANSFORMATION OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS IN TECHNOGENIC
DISTURBED ZONES (CASE STUDY: THE ABSHERON PENINSULA)**

V.A.Mammadov¹, H.Kh.Khalilova²

vmamed@rambler.ru, khalilova@rambler.ru

*1.Institute of Geology and Geophysics of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku,
Azerbaijan*

2.Institute of Physics of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

Abstract. The paper discusses the issues of formation, spreading, migration and transformation of underground waters in the Absheron Peninsula under the influence of natural and anthropogenic factors. The main factors affecting the change in the qualitative and quantitative parameters of the underground waters of the peninsula from the middle of the 19th century to the present time have been identified. Depending on the nature of the impact, the tendencies of fluctuations in groundwater levels in both Western and Eastern Absheron were determined.

Key words: groundwater, aeration zone, hydrogeological well, geological structure, hydrogeochemical conditions, anthropogenic factor.

Intensive growth of technogenic load on the geosphere over the past ~ 150 years, has reached a scale comparable in strength to natural both throughout the world and in Azerbaijan. The Absheron Peninsula located in the eastern extremity of the Republic of Azerbaijan, on the west coast of the Middle Caspian (Fig. 1) is distinguished with its unique nature and acute environmental situation formed under the impact of anthropogenic factors.



Fig 1 – Location of the Absheron Peninsula

The cities of Baku, Sumgait, Khirdalan, more than 30 villages and urban-type settlements and also numerous recreational and sanatorium complexes are located on the territory of the peninsula. More than 60% of the republic's industrial potential is concentrated here. The oil and gas production, oil refining, chemical, metallurgical, light and food industries, as well as agriculture are widely developed.

In general, the peninsula is characterized by unfavorable natural conditions such as arid climate, scarce atmospheric precipitation, high evaporation, the lack of forest, surface runoff and freshwater lakes, predominance of clayey and high saline rocks and low water permeability of sediments [4].

Deposits of the Cretaceous, Paleogene, Neogene and Quaternary systems take part in the geological structure of the peninsula. The geological structure of the peninsula is decisive in the processes of formation and distribution of groundwater determining their development both in plan and in section [2]. There are new aeolian, alluvial-proluvial, deluvial-proluvial, and also saline water-bearing deposits within the peninsula. These new deposits are not widespread, their thickness is small [1]. Both free-flow groundwater and pressurized groundwater are located here. The flow of groundwater is directed from west to east and from the center to the sea coast. The most ancient impermeable clay deposits are denudated in the northwestern and western parts of the peninsula and, as they move to the east, they go deeper and are covered by waterproof post-Pliocene Quaternary formations. In this regard, Quaternary sediments, favorable for the accumulation of groundwater, are insignificantly distributed in the western part of the peninsula, while in the eastern Absheron they mostly lie at considerable depth. This also explains the complete isolation of the Absheron Peninsula from the waters of the Caucasus Mountains [3].

The lithological composition of water-bearing rocks and rocks of the aeration zone, both in area and in section, are not consistent and are represented mainly by sands, dense limestones, and sandy clays [5]. In order to reveal the influence of these lithological varieties of rocks on the features of the groundwater regime, the nature of natural fluctuations of groundwater at different depths and in different sediments was studied.

The analysis of seasonal changes in groundwater levels over many years shows that in areas with natural regime, regardless of the boundary conditions of the aquifer, in the course of fluctuations, a quite definite regularity is observed in the variability of the groundwater regime, which is characteristic of the entire peninsula. In autumn, at the beginning of the hydrological year, a slow autumn-winter rise in groundwater levels is observed. Their highest standing is usually noted in March – April alternating from May with a continuous decrease in levels, the rate of which slows down as the autumn season approaches. In the course of fluctuations in groundwater levels one highest and one lowest standing is observed for a full hydrogeological year. This course of their

change during the hydrogeological year is repeated throughout the time of long-term observations with some deviations in some years.

Analysis of hydrogeological materials showed significant boundary between the hydrogeological conditions of Western and Eastern Absheron. The boundaries between these hydrogeological areas runs in a southeastern direction through the eastern outskirts of the villages Goradil, Fatmai, Mammadli, Zabrat, Surakhany, bending further southward to Hovsan cape. This border is conditioned by a complex of physical-geographical, geological-geomorphological, tectonic and hydrogeological conditions.

Over the past 60-70 years, the area of sporadic distribution of groundwater has been sharply reduced, waterless rocks are turning into aquifers, and waterless territories are under the threat of flooding.

Due to the development of the territory and the appearance of new artificial sources, the area of sporadic distribution of groundwater gradually decreased. This process has especially accelerated since 1956, after the commissioning of the Jeyranbatan reservoir with a volume of 186 million m³, a water surface area of 13.9 km² with a maximum depth of 29 m, and the Absheron Main Channel (AMC) with a length of more than 70 km and culvert ability at the top of 8.4 m³/ sec. Information on the main sources of drinking water flowing to the Absheron Peninsula is given in the table below.

Table 1 – The main parameters of drinking water sources entering the Absheron Peninsula

№	The name of drinking water source	Year of construction	Дебит, м ³ /sec.	Source type
1	Shollar (1 st Baku) water pipeline	1917	1,27	groundwater
2	Khachmas (2 nd Baku) water pipeline	1937	2,65	groundwater
3	Kura water pipeline (No. 1)	1970	3,9	Kura river
4	Kura water pipeline (№2)	1988	5,2	Kura river
5	Oguz-Gabala-Baku water pipeline	2010	5	groundwater

Taking into account the waters from the Jeyranbatan reservoir and the Absheron Main Channel, more than 25 m³ / sec of water flows into the territory of the Absheron Peninsula. The large volume of introduced water, increased urbanization growth and a number of natural and technogenic systems have radically changed the conditions of the groundwater regime formation and the hydrogeological and hydrogeochemical conditions of the Absheron Peninsula, on the whole.

The main factors affecting hydrodynamics are:

- inflow of drinking water from outside (more than 25 m³/sec);
- loss of drinking water from the distribution network (20-50%);
- infiltration of water from the Absheron Main Channel (0.98 m³/sec per 1 km);
- infiltration of water in irrigated fields (~ 30% of the supply);
- capturing and distribution of spring and ground waters;
- rise or fall in the level of the Caspian Sea;
- contaminated oilfield waters;
- waste water from industrial facilities;
- leaks from the sewerage network;
- lack of a centralized sewerage network in a number of settlements;
- former ephemeral lakes, which artificially filled with polluted waters;
- development of deposits of building materials;
- activation of mud volcanoes (in the amount of 28) and landslides (in more than 15 places),

etc.

In addition, the construction of underground communications, subway, the population growth and consequent increase in housing spaces, parks and watering trees, etc. are among the factors affecting the water hydrodynamics. It should be noted, that the population of the peninsula

over the past 150 years has increased from 15.1 thousand to 2.5 million people that has led to the increased water consumption and discharge of a huge amount of polluted waters [6]. Any kind of the impact on the ecological balance of groundwater manifests itself in a change of their levels and chemical composition (Fig. 2).

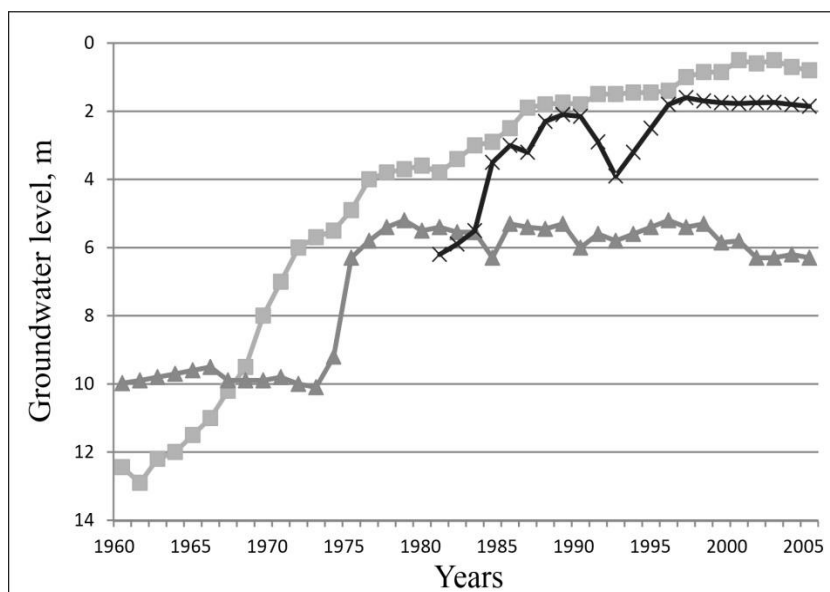


Fig 2 – Fluctuations in groundwater levels in hydrogeological wells:
 1 - № 15; 2 - № 234; 3 - № 150 (based on the monitoring network of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Azerbaijan).

High intensity of groundwater level rise can be observed in the areas of residential buildings, green arrays and industrial facilities. Hydrogeological monitoring well № 15 with a depth of 15 m is located between the settlements of Bakukhanov and 8th kilometer. The well has been operating since 1960. The lithological composition of the area includes: sands to a depth of 6.6 m, clay from 6.6 m to 8.0 m and then sands and pebble layers. The initial depth of the level in June 1960 was 12.44 m. that began to rise slowly since February 1962 and had amplitude of 0.29 m by the end of the year. Since 1964, the rise has increased up to 0.57 m. Until 1972, the level rose continuously reaching 0.45-1.60 m in year. From 1972 to 1985 the annual rise has decreased to 0.25-0.34 m. After that, it practically set at a depth of 1.1-1.2 m. During the period of intensive rise in the level from 1964 to 1972, the impact of leaks from utilities was clearly evident. Unlike other areas, the outflow of water in the well area is difficult. Groundwater in the site is desalinated, their salinity decreased from 4-5 g / l to 0.8-1.0 g / l.

Hydrogeological monitoring well № 234 with a depth of 6.71 m is located between the villages of Pirshagi and Kurdakhany, in the area of summer cottages subjected to the AMC influence. It has been operating since 1977. The lithological composition of the site is represented by: sand to a depth of 2 m, dense gravel and cemented shell rock between 2-4 m, and then clay with sand interlayers up to 8 m. Rises in water levels are associated with intensive irrigation period and the influence of leaks from the canal, and recessions in the level is associated with cessation of irrigation and drilling nearby a production well for private use. The well level was practically stabilized after 1992.

Despite the high degree of development, there are still some areas not affected by economic activities in the peninsula. In addition to the west of the peninsula, where climatic factors dominate in the formation of the groundwater regime, there are also some areas in the central and eastern parts of the peninsula, with the difference that the primary reason for the formation of the regime of these areas is outside its limits, i. e. these areas are located in the transit zone of artificially formed underground waters somewhere. At first sight, due to the absence of artificial factors in the

formation of groundwater, their regime should be assessed as being formed under the influence of the climatic factor. Indeed, in addition to this only factor actually existing in the area, the main factors forming the regime are outside these territories.

The groundwater regime of such territories is assessed as climatic - formed outside the territory. However, if in other species they could be neglected due to its second or third degree, in this species the role of climate is complicated, nevertheless essential. It is not even always possible to assess the climatic factor in the first or second place. A large area in the east of the peninsula is attributed to this species. It is located on the path of groundwater flowing from the Kalinsky uplift. In the west of this territory, there are irrigated fields of the Absheron olive farm, in the north - the Shuvelan water intake, in the south - the AMC and in the center - the Kalinsky water intake. If the uplift factors of location dominate in the western part, the downward factors of location dominate in the northern and central part of the site. The groundwater regime at the site can be characterized by data from well № 150 located in the west of the site, near the irrigated field. The well has been operating since 1960. The lithological composition of the site includes: from top to a depth of 1.1 m sand; in the interval 1.1-3.9 clay with sand interlayers; 3.9-5.3 limestone; from 5.3 m to the bottom of the well, at a depth of 15 , 75 m clay with sand interlayers. In January 1960, the groundwater level was at a depth of 9.98 m. In January 1960, the groundwater level was at a depth of 9.98 m. Until the spring of 1971, the well was operating under the influence of the climatic factor. The level experienced a steady spring rise in the period from February to July, and a late summer-early autumn decline corresponding to the months of July-October. The intra-annual level fluctuation was small - from 0.13 to 0.37 m. In the spring of 1971, fields began to be irrigated to the west of the well that already in August affected the groundwater level. An intensive rise in the level was observed, despite the fact that the area around the well remained intact. From August 1971 to August 1972, the level rose by 3.20 m. Further, the level recorded within 5.14-5.30 m until 1990. Apparently, this is associated with the lithological composition of the rocks. Most probably, at this depth groundwater had a possibility of easy outflow. 1973 to 1990, the influence of the climatic factor on the level mode has increased. Since 1991, due to the decrease in the irrigation rate, there has been certain decline in the level. Almost every year, summer decline and autumn-spring high level is observed in the well. The chemical composition of Cl-SO₄ and Na-Mg did not undergo significant changes in groundwater and the mineralization for the entire observation period varied within 1.9-2.3 g / l.

Conclusions

Based on the analysis of the materials derived from the investigations it can be concluded:

- Due to the urbanization growth the groundwater regime is significantly disturbed in the territory of the Absheron Peninsula. Fundamental changes in hydrodynamic processes are mainly associated with the operation of the AMC in the northern and eastern parts of the peninsula.
- Washing out of salts from the rocks of the aeration zone occurs more intensively in the first years of irrigation, due to which the mineralization of groundwater increases. Further, fresh irrigation water, without obstacles entering the water-containing layer, contributes to reducing the groundwater mineralization.
- The rise in the level of the Caspian Sea leads to additional complication of hydrodynamic and hydrochemical conditions.
- After commissioning of the AMC, oilfield wastewaters have lost their dominant role in the formation of hydrogeological conditions.
- The process of accumulation of groundwater surpasses their unloading, i.e. water resources begin to increase.

REFERENCES

1. Alekperov A. B. Absheron: problems of hydrogeology and geoecology. Baku, Azerbaijan State Book Chamber, 2000. 484 p. (in Rus.)

2. Geology of Azerbaijan, vol. VIII. Hydrogeology and engineering geology. (2008). Baku, Nafta-Press, 2008, 380 p. (in Rus.)
3. Israfilov G. Yu., Listengarten V. A. Ground waters and development of the Absheron soils. Baku, Azerneshr, 1978, 130 p. (in Rus.)
4. Mamedov V. A. The impact of oil-gas industry on geocological processes of the Absheron Peninsula and the ways of their management. Materials of the Republic Scientific-practical Conference "Modern methods and technologies in the solution of hydrogeological, engineering-geological and geocological issues". Tashkent, "HYROINGEO", 2013, p. 200-201. (in Rus.)
5. Mamedov I. R. The impact of natural and artificial factors on the process of flooding of the territory of the Absheron Peninsula. Transactions of the Azerbaijan Geographical Society, v. X, Baku, 2006, p. 237-241. (in Rus.)
6. Verdiyev S.N. Hydrogeochemical features of Absheron peninsula and factors affecting them. Genj tedgigatchi (Young scientist), 2019, v. V, №2, p.126-132.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ЗОНАХ (НА ПРИМЕРЕ АБШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА)

В.А.Мамедов¹, Х.Х.Халилова²

vmamed@rambler.ru, khalilova@rambler.ru

- 1. Национальная Академия Наук Азербайджана, Институт Геологии и Геофизики, Баку, Азербайджан*
- 2. Национальная Академия Наук Азербайджана, Институт Физики, Баку, Азербайджан*

Аннотация. Рассматриваются вопросы формирования, распространения, миграции и трансформации подземных вод Абшеронского полуострова под влиянием природных и антропогенных факторов. Выявлены основные факторы влияющих на изменение качественные и количественные показатели подземных вод полуострова с середины XIX века по настоящее время. Зависимо от характера воздействия определены тенденции колебания уровней подземных вод как Западного также Восточного Абшерона.

Ключевые слова: подземные воды, зона аэрации, гидрогеологическая скважина, геологическое строение, гидрогеохимические условия, антропогенный фактор.

Глава 2

Проблемы техносферной и экологической безопасности территорий



УДК 504.062

ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ СФЕРЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ В ГОРОДЕ СЕВАСТОПОЛЬ

*Ф. Ф. Ахметшина, Л. И. Осадчая, Л.А. Ничкова farida248@yandex.ru
Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия*

Аннотация. В статье рассмотрены основные объекты сферы обращения с твердыми коммунальными отходами в городе Севастополь. Установлено, что образователями твердых коммунальных отходов в городе являются постоянные, маятниковые и временные жители и гости города, а объектами образования ТКО являются: жилые дома, административные и общественные организации и различные учреждения. Анализ существующей Территориальной схемы обращения с ТКО показал, что накопление ТКО в г. Севастополе осуществляется преимущественно в несменные мусорные контейнеры стандартной вместимости, которые находятся на балансе городских коммунальных предприятий по эксплуатации жилья; в регионе действует система одноэтапного вывоза твердых коммунальных отходов с предварительным сбором в преобладающем большинстве в контейнеры и в некоторых районах города используется бесконтейнерная система накопления ТКО. Вывоз твердых коммунальных отходов осуществляется на Первомайский полигон или передача ТКО подрядчикам, которые заинтересованы рынком вторичного сырья.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, ТКО, отходы, переработка, мусор, накопление, контейнеры, вывоз.

Одной из глобальных проблем человечества является образование отходов, которое во всем мире нарастает темпами, опережающими их переработку, обезвреживание и утилизацию.

Анализ территориальной схемы обращения с отходами города Севастополя показал, что твердые коммунальные отходы (ТКО) в городе Севастополь образуются в результате жизнедеятельности постоянных, маятниковых и временных жителей и гостей города.

Объектами образования ТКО являются: жилые дома, административные и общественные организации и учреждения, предприятия торговли и бытового обслуживания и общественного питания, учреждения культуры, образования и науки, и тому подобное.

Первоначальное накопление ТКО в г. Севастополе осуществляется преимущественно в несменные мусорные контейнеры, которые размещены на проезжей части улиц и дорог, тротуарах, площадях, в мусороприемных камерах зданий, на придомовых территориях в жилом секторе в соответствии с требованиями действующих санитарных правил.

В секторе частной жилой застройки контейнеры размещены непосредственно возле домов, или осуществляется бесконтейнерный сбор ТКО с использованием полимерных пакетов. На предприятиях, в организациях, учреждениях, которые имеют собственные

контейнеры, они размещаются в удобных для подъезда мусоровозов местах на территориях этих предприятий.

Часть жилых домов в городе являются высотными, оснащенными мусоропроводами. При наличии мусоропровода все образуемые ТКО поступают в мусоропровод, попадают в мусороприемную камеру и далее подаются в мусорный контейнер.

Мусорные контейнеры города находятся на балансе городских коммунальных предприятий по эксплуатации жилья, перевозчиков ТКО, предприятий, организаций, учреждений, частных лиц – образователей отходов. Для сбора ТКО, смета и мусора, а также ресурсно-ценных компонентов отходов используются стационарные мусорные контейнеры.

В регионе действует система одноэтапного вывоза твёрдых коммунальных отходов с предварительным сбором в преобладающем большинстве в контейнеры объёмом 0,24 м³ – 35% и 1,1 м³ – 43% от общего количества контейнеров, в контейнеры неоднородного типа – 22%.

В Севастополе для накопления твёрдых коммунальных отходов контейнеры объёмом от 0,75 до 1,1 м³ используются в основном в зонах застройки многоквартирными домами. Для накопления твёрдых коммунальных отходов в зоне застройки индивидуальными жилыми домами, в зоне садоводческих, дачных и огороднических товариществ, как правило, используются бесконтейнерная система накопления ТКО (рис. 1).

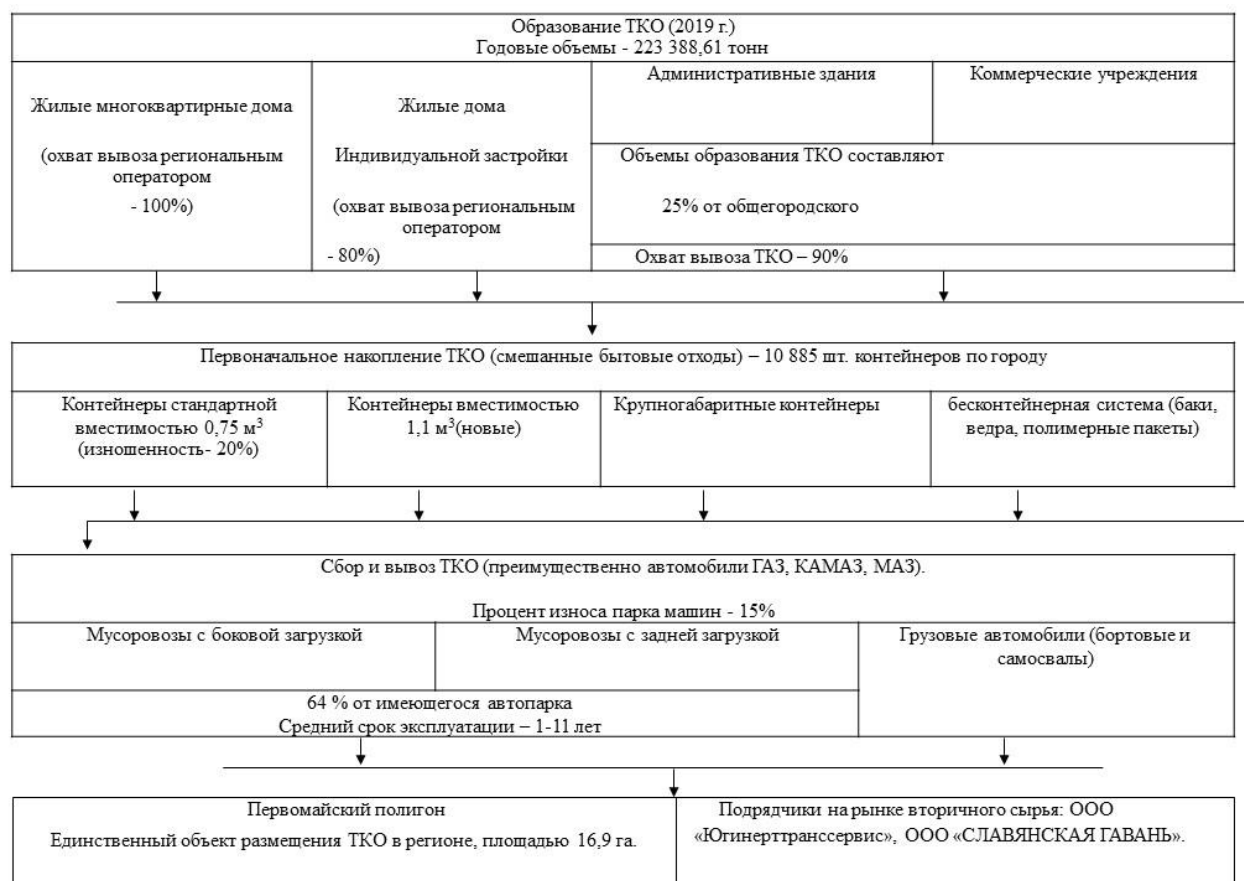


Рисунок 1 – Структурная схема существующей системы обращения с отходами в г. Севастополь

Отдельные площадки для накопления крупногабаритных отходов (КГО) на территории региона, как правило, не оборудуются, население размещает КГО на тех же площадках, где размещается ТКО. Затем КГО вручную загружается в грузовые автомобили сотрудниками транспортных компаний.

Широко применяется бестарная система – вывоз отходов при помощи специализированной техники без использования контейнеров для отходов, при этом заезд мусоровывозящей техники к определенному объекту осуществляется в установленные дни и часы. Периодичность вывоза отходов бестарной системы от индивидуального жилого фонда, садоводческих и дачных объединений в настоящее время осуществляется раз в неделю.

В соответствии с Соглашением об организации и осуществлении деятельности по обращению с твёрдыми коммунальными отходами на территории города Севастополя от 14.08.2017 статус регионального оператора по обращению с твёрдыми коммунальными отходами присвоен ООО «Благоустройство города «Севастополь» до 31.12.2027 года и зоной деятельности регионального оператора определена вся территория города Севастополя в границах муниципальных образований [1].

На территории города функционирует нелицензированный полигон ТКО в районе Первомайской Балки (Первомайский полигон ТКО), который является единственным объектом размещения ТКО в регионе, обеспечивающим санитарное и эпидемическое благополучие населения города, а также экологическую безопасность окружающей природной среды.

Эксплуатация Первомайского полигона ТКО начата в 2001 году. Ввиду исчерпания проектной мощности первых двух очередей в апреле 2017 года в эксплуатацию введена первая карта 3-ей очереди полигона ТКО, а первая очередь – закрыта для наполнения. 3-я очередь состоит из двух карт. Первая карта предназначена для складирования ТКО россыпью, вторая – для спрессованного мусора, прошедшего этап брикетирования отходов на технологической стадии утилизации ТКО [1].

В целом, анализ основных объектов сферы обращения с твердыми коммунальными отходами в городе Севастополь выявил наличие проблем, требующих решения: целесообразно внедрить комплексную систему, которая будет базироваться на применении современных методов сбора и вывоза коммунальных отходов с использованием широкой гаммы неизменяемых и изменяемых мусоросборных контейнеров; кузовных и контейнерных уборочных мусоровозов различных классов грузоподъемности. В виду увеличения объемов образования отходов необходима реконструкция существующих объектов размещения ТКО и строительство комплекса по сортировке и утилизации ТКО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление от 27.12.2019 года N 698-ПП / Об утверждении Территориальной схемы обращения с отходами г. Севастополь. [<http://docs.cntd.ru/document/561701726>]

THE MAIN OBJECTS OF THE SPHERE OF SOLID MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT IN THE CITY OF SEVASTOPOL

*F. F. Akhmetshina, L. I. Osadchaya L.A. Nichkova, farida248@yandex.ru
Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

Abstract. The article considers the main objects of the sphere of solid municipal waste management in the city of Sevastopol. It is established that the solid municipal waste producers in the city are permanent, pendulum and temporary residents and guests of the city, and the objects of SMW formation are: residential buildings, administrative and public organizations and various institutions. The analysis of the existing Territorial scheme of SMW management showed that the accumulation of SMW in the city of In Sevastopol, it is carried out mainly in non-replaceable garbage containers of standard capacity, which are on the balance of urban municipal enterprises for the operation of housing; in the region there is a system of one-stage removal of solid municipal waste with preliminary collection in the prevailing majority in containers and in some areas of the city a container-free system of accumulation of SMW is used. Solid municipal waste is exported to

the Pervomaisky landfill or transferred to SMW contractors who are interested in the secondary raw materials market..

Keywords: solid municipal waste, SMW, waste, recycling, garbage, accumulation, containers, export.

УДК 681

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕГРАДАЦИИ РЕЛЬЕФА ПОЛИГОНА «ПОГОНОВО»

¹О.В. Базарский, ¹Д.А. Пантелеев, ¹И.М. Семилетов ²В.В. Ильяхи, ²А.А. Курьишев
¹ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Воронеж, Россия

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Аннотация. При выборе территории авиационных полигонов не учитываются геологические особенности грунтов. В качестве примера рассмотрен полигон «Погоново», расположенный в 15 километрах от окраины города Воронежа. Он имеет две особенности: 1) расположен на водорозделе рек Воронеж и Дон со средним уклоном в обе стороны порядка 1 градуса. Ось бомбомитания расположена перпендикулярно водоразделу. 2) грунт полигона по глубине воронок – мелкозернистый песок, имеющую малую устойчивость к осыпанию. Эти особенности приводят к возможности образования на полигоне овражно-балочной системы, при дальнейшей интенсификации деятельности полигона. В настоящее время деградация территории полигона находится в рамках экологической нормы, приближаясь к экологическому риску. Разработанная модель показывает, что в течении нескольких десятков лет при существующей интенсивности эксплуатации полигона на нем начнутся русловые процессы и образование овражно-балочной системы за счет осадков и ветровой эрозии.

Ключевые слова: геоэкология, авиационный полигон, деградация рельефа, модель.

Введение

В геологии под рельефом понимают крупномасштабные природные неоднородности, т.е. степень расчлененности территории. В [1] приведена классификация естественных форм рельефа Земли. Микромасштабные неоднородности имеют до 2 м. Неоднородности от 2 до 50 м – мелкомасштабные. В этот диапазон попадают и размеры воронок на авиационных полигонах, образовавшиеся в результате бомбометания.

Однако, выбор территории полигонов осуществляется без учета геоэкологических особенностей, что влияет на эффективность их функционирования.

Цель работы – учет геоэкологических особенностей местности при эксплуатации военных полигонов (на примере авиационной части полигона "Погоново").

Геоэкологический анализ территории полигона «Погоново»

Полигон расположен в междуречье рек Воронеж и Дон. В средней части полигона находится водораздел. Грунт полигона по максимальной глубине воронок мелкозернистый песок, обладающий низкой устойчивостью по склонам.

Полигон территориально приурочен к Воронежской флювиогляциальной гряде, уникальному по размерам и происхождению образованию в западном секторе Донского ледникового языка, сформировавшееся на стадии отмирания краевого сегмента ледника. Простирается от села Хлевное (Хлевенский район Липецкой области) на севере до устья реки Икорец на 180 километров. Простирается по водоразделу реки Дон и реки Воронеж, южнее - по левобережью реки Дон, к югу от устья реки Икорец гряда сохранилась в виде останца на междуречье реки Дон и реки Битюг.

В рельефе представляет собой вал с увалистой поверхностью на абсолютных высотах до 170 метров. Возвышается над аллювиальной равниной на 25-30 м. Западный склон сложен

песками мощностью до 80 метров, а к востоку они сменяются суглинками. Подошва тела гряды слабо вогнутая и изменяется от +100 метров до +70-80 метров. Севернее села Хлевное гряда переходит в моренные образования, а южнее Павловска - в долинный заандр. Образование вала происходило в глубоком каньоне с ледовыми бортами, проложенном тальными водами по направлению стока, близкому к доледниковой долине. После таяния льда флювиогляциальное тело стало иметь вид возвышенной гряды. Абсолютные отметки поверхности его 165-172 м. Ширина вала до 8 км. Характерной особенностью возвышенной части вала является чрезвычайно слабая расчлененность рельефа и почти полное отсутствие покровных суглинков.

Данный природный объект оказался интересным с разных позиций. С эколого-геодинамической точки зрения тем, что это территория активна в неотектоническом отношении. Здесь это проявлено в рельефе и соответственно в гидрографии. Разрывные нарушения диктуют морфологию русла (долины) Дона, что проявляется в чередовании спрямленных и коленообразных изгибов реки. В частности по активному нарушению произошло резкое коленообразное смещение русла в районе между Костенками и Борщеве. По его простиранию активизируется рост оврагов, как на левом, так и на правом берегу Дона и отмечаются аномально высокие значения объемной активности радона (более 26000 Бк/м³, что является максимальным значением для нашего региона). По простиранию разлома в северо-восточном направлении сформировались кольцевые кратерного типа отрицательные структуры (циркумменты с поперечником более 1 км), окаймленные песчаным валом зонального сложения. В центре понижения образовалось озеро, возле которого расположен животноводческий стан, а к северо-западу всего в 750 м воронки авиационного полигона в виде узкого прямоугольного участка, вытянутого по восточному склону флювиогляциального вала. Уклон от воронок имеет место также и в сторону циркуммента. От последнего начинается балка Карпичихин Логс временным водотоком, и которая протягивается до поселка Семилукские Выселки в устьевой части Воронежского водохранилища. .

Этот поселок негативно прославился два года назад, тем, что в нем оказался отравленным мышьяком уличный колодец со смертельным исходом для одной семьи, употреблявшей воду из него. Оказывается подобное имело место и ранее - в 1979 году. Источник мышьяка так и не обнаружили.

Другой момент интересен с точки зрения экологической геохимии, который может быть интерпретирован с точки зрения парагенезиса мышьяка с природными процессами это сульфидная свинцовая и медная минерализация, обнаруженная в меловых породах в одном из оврагов возле п. Костенки. Как известно, рудная минерализация меди, свинца и мышьяка в природе дело обычное. Однако, чтобы подтвердить данную гипотезу требуется проведение в этом районе геохимической съемки. Пока же в качестве рабочей гипотезы не опровергается и версия мышьякового загрязнения, источником которого может оказаться и полигон «Погоново».

Другая негативная сторона функционирования полигона может быть связана и с техногенным инициированием эрозионных процессов на участках, где плотно сгруженные воронки группируются в узкие зоны, вытянутые по склону. В весеннее половодье когда воронки переполняются внешними водами могут быть прорывы стенок воронок с формированием ложбин стока, а это более вероятно именно на восточном склоне, где развиты легко размываемые лёссовидные суглинки (рис. 1)



Рисунок 1 – Поверхностный сток с участка с взрывными воронками может быть направлен к циркуммету, от которого начинается водоток Карпичихино Лога на север в сторону водохранилища.

Профиль, в доль которого возможно образование овражно-балочной системы показан на рис. 1. Средний уклон к рекам Воронеж и Дон равен одному градусу. Площадь авиационной части $1500\text{ м} \times 400\text{ м} = 60\text{ га}$. Это прямоугольник, главная ось бомбометания которого расположена практически перпендикулярно водоразделу. Это связано с тем, что эта ось совпадает с глиссадой взлета самолетов с аэродрома «Балтимор», что удобно.

База данных по деградации рельефа полигона

База данных по числу и диаметрам воронок набиралась путем фотографирования территории с беспилотного летательного аппарата. Разрешенная способность аппаратуры 0,25м. Статистические характеристики воронок приведены в таблице 1. Они измерялись с использованием программного обеспечения Agisoft Metashape Professional.

Таблица 1 – Статистические данные авиационной части полигона

N градация	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D, м	от 2 до 4	от 4 до 6	от 6 до 8	от 8 до 10	от 10 до 12	от 12 до 14	от 14 до 16	от 16 до 18	от 18 до 20	от 20 до 22	от 22 до 24	от 24 до 26
Dср	3,1	5	6,8	8,8	11	12,8	15,2	17,1	18,9	20,7	22,9	25,5
Pi	0,28	0,31	0,13	0,03	0,04	0,04	0,06	0,04	0,01	0,03	0,02	0,01
Ki	1,55	2,50	3,40	4,40	5,50	6,40	7,60	8,55	9,45	10,35	11,45	12,75
Ln Ki	0,44	0,92	1,22	1,48	1,70	1,86	2,03	2,15	2,25	2,34	2,44	2,55
Si	0,12	0,28	0,16	0,04	0,07	0,07	0,12	0,09	0,02	0,07	0,05	0,03

Здесь Dср – средний диаметр воронок в i-ой градации, Pi – их повторяемость, Ki = Dср/Pi – число экологических состояний деградированной территории в каждой градации как отношение диаметров воронок к фоновым неоднородностям земной поверхности, принятых равными 2 м.

Средневзвешенный диаметр воронок (математическое ожидание) вычислялось по формуле

$$\langle K \rangle = \sum_{i=1}^N P_i K_i$$

Результаты вычислений $\langle k \rangle = 2,51$ м, повторяемость $\langle P \rangle = 0,31$.

Модель оценки уровня деградации техногенно-нагруженных территорий

В [2] развита модель оценки деградации техногенно-нагруженных территорий, основанная на соотношении

$$P_{n+1} = S * P (1 - P_n); \quad 0 \leq n \leq \gamma$$

Здесь P_0 – устойчивость экологической системы при начальных условиях ее существования, P_{n+1} – после n -ой итерации, когда выходные параметры системы после очередного цикла являются входными для следующего. γ – число итераций. Одна итерация n соответствует одному году. S – начальная энтропия геоэкологической системы, определяющая уровень ее беспорядка за счет техногенного воздействия.

Устойчивость P определена в интервале $[0,1]$, а соответствующая величина энтропии в диапазоне $[0,4]$, $P = 0$ и $S = 0$ (одно фоновое состояние). соответствуют абсолютной устойчивости системы, $P = 1$ и $S = 4$ абсолютно неустойчивому хаотическому состоянию.

Величина геоэкологической энтропии определяется по формуле:

$$S_j = \sum_{i=1}^{N_j} P_i * \ln K_i ;$$

Средневзвешенная энтропия полигона $\langle S \rangle = \langle P \rangle \ln \langle k \rangle = 0,78$ при уровне устойчивости территории 0,98. Это экологическая норма. Модель показывает, что за 30 лет после прекращения деятельности полигона система самовосстанавливается. Граница экологического риска $S = 1,1$ при уровне устойчивости геоэкологической системы равной 0,95. В этом случае самовосстановление уже не происходит, но за те же 30 лет уровень устойчивости повысится до 0,98 при прекращении деятельности полигона.

Заключение

1. В настоящее время среднее число воронок на один гектар полигона достаточно мало – экологическая норма. Т.е. в среднем песчаные перегородки между воронками достаточно большие, и с течением времени при прекращении деятельности полигона за счет осадков и ветровой эрозии воронки будут затягиваться песком, т.е. будет наблюдаться самовосстановление экологической системы. При дальнейшей эксплуатации полигона и увеличении числа воронок толщина стенок между ними будет уменьшаться, и за счет существующих уклонов на водоразделе будет формироваться овражно-балочная система, когда устойчивость территории к техногенному воздействию стремится к нулю.

2. Для исключения негативного воздействия уклонов водораздела необходимо переориентировать ось бомбометания по его длине, что продлит время экологически безопасного функционирования полигона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП Свод правил 47.13330.2016 «Естественные формы рельефа Земли».
2. Базарский О.В., Кочетова Ж.Ю. Энтропия абиотических геосфер и модель оценки и прогнозирования их состояния//Биосфера, Т. 13, №1-2, 2021

GEOECOLOGICAL FEATURES OF TERRAIN DEGRADATION POLYGON "POGONOVO»

¹O. V. Bazarsky, ¹D. A. Pantelev, ¹I. M. Semiletov ²V. V. Ilyash, ²A. A. Kuryshev
¹ Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh, Rossiya
² Voronezh State University, Voronezh, Rossiya

Abstract. When choosing the territory of aviation polygons, geological features of soils are not taken into account. As an example, consider the Pogonovo landfill, located 15 kilometers from the outskirts of the city of Voronezh. It has two features: 1) it is located on the seaward section of the Voronezh and Don rivers with an average slope in both directions of about 1 degree. The bombomitanian axis is located perpendicular to the watershed. 2) the ground of the landfill at the depth of the craters is fine-grained sand, which has little resistance to shedding. These features lead to the possibility of the formation of a gully-beam system at the landfill, with further intensification of the landfill's activities. Currently, the degradation of the landfill territory is within the environmental norm, taking into account the environmental risk. The developed model shows that within several decades, with the existing intensity of operation of the landfill, riverbed processes and the formation of a gully-beam system will begin on it due to precipitation and wind erosion.

Keywords: geoecology, aviation landfill, terrain degradation, model.

УДК 551.435.1 (571.55)

ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ХАМАР-ДАБАНА (НА ПРИМЕРЕ ПРИТОКОВ Р. ИРКУТ)

*О.В. Безгодова, ola.bezgodova.23@yandex.ru
Институт Географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия*

Аннотация. В статье рассмотрен анализ эколого-геоморфологических обстановок малых речных бассейнов хр. Хамар-Дабан на примере притоков р. Иркут. Собраны морфометрические показатели для характеристики особенностей рельефа речных бассейнов по цифровой модели рельефа ALOS DSM, проанализированы разновременные космические снимки Landsat. Полевые исследования позволили дополнить информацию о развитых неблагоприятных и опасных геоморфологических процессах, в результате чего на исследуемой территории бассейнов выявлены флювиальные, криогенные, криогенно-склоновые и эрозионно-склоновые процессы. Наибольшую опасность для природных и антропогенных комплексов несут флювиальные и эрозионно-склоновые процессы в виде боковой и овражной эрозии.

Ключевые слова: малые речные бассейны, морфометрический анализ, Хамар-Дабан, цифровая модель рельефа, эколого-геоморфологические обстановки.

Эколого-геоморфологические обстановки, позволяющие судить о степени пригодности исследуемой территории для жизни населения и ведения хозяйства, характеризуют особенности рельефа и рельефообразующих процессов, которые прямо или косвенно влияют на условия жизни человека и компоненты природной среды [5]. Малые реки по своему количеству и суммарной протяжённости во многом превосходят средние и большие реки, их бассейны часто используются для нужд сельского хозяйства и промышленности. Малые речные бассейны северного макросклона хр. Хамар-Дабан, являющиеся притоками р. Иркут, в настоящее время всё больше испытывают нагрузку со стороны антропогенных факторов, а особенности и контрастность физико-географических условий территории создают сложный комплекс факторов, влияющих на набор существующих неблагоприятных и опасных экзогенных процессов.

Поэтому необходимо рассмотреть взаимодействие рельефа с природными компонентами, т.е. установить корреляционные связи и определить, оказывают или не оказывают они влияние на деятельность человека по его жизнеобеспечению [2]. Знание закономерностей развития верхних элементов речной сети как наиболее динамичных и чутко реагирующих на различные изменения со стороны природных и антропогенных факторов необходимо для рационального использования земель. В настоящее время исследованию малых рек уделяется всё большее внимание [1,3,6].

Цель данной работы – оценка эколого-геоморфологических обстановок малых речных бассейнов хр. Хамар-Дабан на примере притоков р. Иркут. Низовья малых рек наиболее освоены в хозяйственном отношении, здесь отмечается повышенная плотность населения с различными хозяйственными видами деятельности: от сельского хозяйства (пашни, сенокосы и т.д.) до промышленности (добыча песка, заготовка древесины) и рекреации (лечебно-оздоровительный, религиозный виды туризма). Интерес к исследованию данной территории повышается в связи с уникальностью морфологического, геоморфологического строения малых речных бассейнов, а также малой картографической изученностью региона.

Бассейны малых рек хр. Хамар-Дабан принадлежат территории западной ветви котловин Байкальской рифтовой зоны и занимают площадь 2755 км². Средняя протяжённость изучаемых малых рек (из 23 рек) – 22,7 км с максимумом у р. Харагун – 54,4 км, с минимумом у ручья Будунский – 6,9 км. Средний показатель падения малых рек равен 1074 м, средняя площади бассейнов – 119,8 км², а густота эрозионной сети – 0,57 км/км². В питании рек преобладают дождевые и снеговые осадки, при этом весеннее половодье менее выражено, чем летние (июль-август) дождевые паводки. Ледостав наблюдается в октябре – начале ноября, ледоход приходится на конец апреля – начало мая.

В геологическом строении территории изучаемых бассейнов выделяется три части: саянский комплекс верхнепротерозойских интрузий в среднегорной части хр. Хамар-Дабан, неогеновые вулканогенные образования и среднеплейстоценовый-голоценовый комплекс четвертичной системы при выходе рек в котловинные условия. Более 89 % территории покрыто лесной растительностью. Изучаемые бассейны испытывают антропогенное вмешательство в виде вырубок под сенокосы, пастбища и пашни, мелиорации, добычи гравия и песка. На территории расположены населённые пункты Монды, Туран, Кырен, Зактуй, Жемчуг, Торы, Шулута, Тибельти и Быстрая.

В исследованиях автором применялись такие методы исследований, как описательный, полевой, математический, картографический, геоморфологический, дистанционного зондирования космических снимков и геоинформационного картографирования. Исследование эколого-геоморфологических обстановок бассейнов малых рек в пределах хр. Хамар-Дабан проводятся впервые. В программной среде ГИС проводился анализ разновременных космических снимков Landsat 7-8 за май, июль, август 2013-2020 гг. (QGIS 3.4), а также оценка морфометрических показателей по цифровой модели рельефа ALOS DSM с помощью модуля «Morphometry» в программе SAGA GIS 7.8. Полевые исследования проводились автором в 2019-2020 гг.

Анализ цифровой модели рельефа показал, что абсолютные высоты бассейнов малых рек варьируют от 655 до 2338 м, средняя высота – 1451 м, среднее квадратическое отклонение – 475 м, при этом в высотной структуре по площади заметно выделяется ступень среднегорья 1300–1900 м, занимая около половины площади территории (46,79 %). Это, в свою очередь, обуславливает распространение на этом высотном уровне криогенных и криогенно-склоновых процессов. Криогенные процессы представлены морозным выветриванием и морозобойным растрескиванием в подгольцовой и гольцовой зонах, формированием бугров пучения на выровненных и насыщенных грунтовыми водами поверхностях. Криогенно-склоновые процессы проявляются в виде вязкопластичного течения грунта на склонах с редким покрытием лесной растительностью и на незадернованных пространствах (дефлюкция). Основная опасность для антропогенных и природных комплексов состоит в нарушении целостности их компонентов, но при этом

небольшая интенсивность данных процессов не ведёт к возникновению опасных и неблагоприятных геоморфологических явлений. К тому же, значительную роль в преобразовании природных и антропогенных комплексов играет вечная мерзлота на выположенных склонах Хамар-Дабана, регулируя поверхностный сток воды и являясь причиной ограничения хозяйственной деятельности человека (например, сложности при строительстве дорожного полотна, бугры пучения в районе села Зактуй и др.).

Базовые уровни речной сети бассейнов малых рек Хамар-Дабана тяготеют к абсолютным высотам 855–900 м (22,6 %), а также в равной доле к диапазонам 900–1100, 1100–1300 и 1300–1500 м по 17 % площади каждый, к которым приурочено расчленённое среднегорье, что является свидетельством сохранившейся на этом уровне ступени древнего пенеплена [4]. До высот 900 м расположены основные площади сельскохозяйственных угодий, а также различные объекты инфраструктуры (коммуникации, автомобильная дорога федерального значения А-333, жилые постройки). Здесь на незадернованных поверхностях развиваются склоновые водно-эрозионные процессы, представленные струйчатым смывом, ручейковой и овражной эрозией. В районе сёл Зактуй, Кырен, Торы, Монды встречаются овраги длиной до 20-25 м с шириной до 4-6 м. Сформированная овражно-балочная сеть поставляет рыхлые наносы в изучаемые бассейны малых рек, а местами овраги используют для сброса бытовых вод и в качестве свалок, что крайне негативно сказывается на экологическом балансе территории. К тому же оврагообразование приносит урон сельскому хозяйству, уменьшает пригодные для пашни и других видов деятельности площади земель.

Крутизна и экспозиция склонов являются одними из важнейших морфометрических характеристик речных бассейнов, определяя интенсивность работы водосборов. В пределах изучаемой территории большинство склонов относится к диапазонам $0-5^{\circ}$ (17,2 % – очень пологие) и $5-9^{\circ}$ (16,3 % – средней крутизны) со средним значением – $15,1^{\circ}$. На крутые склоны ($15-35^{\circ}$), которые предполагают широкое распространение гравитационных процессов (осыпи, обвалы, лавины и т.д.), а также способствуют перераспределению стока временных и постоянных водотоков приходится 42,4 % площади склонов, но, тем не менее, древесная растительность препятствует интенсивному развитию данных процессов. К тому же, гравитационно-склоновые процессы распространены далеко от антропогенных комплексов, проявляя себя в преобразовании только природных компонентов, а также способствуя транзиту вещества в бассейны малых рек. Преобладание склонов северной экспозиции в пределах изучаемых бассейнов означает меньшее поступление солнечной радиации на поверхность, мало интенсивное таяние снега и испарение влаги, снижение интенсивности гравитационных и эрозионных процессов.

Эрозионные процессы дополнительно оценивались с помощью показателей индекса потенциала плоскостной эрозии (Length Steepness Factor, LSF) и топографического индекса влажности (Topographic Wetness Index, TWI), которые необходимы для оценки поверхностного стока, степени увлажнения почвы и перемещения обломочного материала в пределах бассейнов малых рек. LS-фактор учитывает уклоны земной поверхности и площади водосборного бассейна и чем больше значение этого показателя, тем больше способность водного потока вызывать эрозию, что важно для сельскохозяйственных участков вблизи населённых пунктов в целях оценки эрозионной сети бассейна, землепользования, охраны земель и водных объектов. Для исследуемых бассейнов малых рек средний показатель LS-фактора равен 5,55 (высокая категория [7]). Более 74,9 % территории бассейна относится к высоким показателям LS-фактора (более 1,5), где максимумы приурочены к наиболее крутым склонам хр. Хамар-Дабан. Низкие показатели эрозионного потенциала рельефа выявлены на плоских поверхностях, пологих склонах и в низовьях рек, что связано с небольшими уклонами земной поверхности и залесённостью.

Показатель топографического индекса влажности (TWI) говорит о потенциальной влажности водосбора и является отношением дренажной площади бассейна к тангенсу крутизны склона. Высокие показатели индекса указывают на области аккумуляции влаги в грунтах и почве, что помогает проще идентифицировать эрозионно-склоновые и

флювиальные процессы. По категориям [7] значения TWI распределяются следующим образом: низкие (до 4,6) – 1,7 %, средние (4,8–7,6) – 67,1 %, высокие (более 7,6) – 31 %. Средний показатель индекса топографической влажности равен 7,65 (табл.2). Наиболее увлажнённые участки приурочены к руслам временных и постоянных водотоков, предгорной наклонной равнине в восточной части исследуемой территории и плоским выровненным поверхностям среднегорья в западной части хр. Хамар-Дабан. Низкие значения показателя TWI указывают на сниженное содержание влаги в почвах и грунтах, а также на большую глубину залегания грунтовых вод в местах распространения положительных форм рельефа с высокими показателями крутизны склонов.

Все вышерассмотренные морфометрические показатели напрямую влияют на развитие флювиальных процессов, линейно развитых в пределах русел малых рек. В горной области хр. Хамар-Дабан это процессы глубинной эрозии, усиленные тектоническим поднятием сводов хребта; боковая эрозия на выходе малых рек в днища котловин, вызывающая осыпание и обваливание берегов. На территории Тункинской котловины по берегам рек Харагун, Харибьаты и Кырен наблюдаются серии обвальных блоков, особенно в пределах населённых пунктов Кырен, Харибьаты, Жемчуг и Тибельти. Негативное воздействие данной эколого-геоморфологической обстановки проявляется в виде разрушения берегов на территории хозяйственных участков, грунтовых и лесных дорог местного пользования, а также заиления и подпруживания русел малых рек. В низовьях рек Харагун, Харибьаты, Туран распространены процессы заболачивания, особенно усиливающиеся в период летних паводков в июле-августе. Наибольшую опасность это несет для сельскохозяйственных угодий, а также для объектов инфраструктуры сёл Туран и Харибьаты. В окрестностях последнего построена сеть мелиоративных каналов для осушения участков поймы р. Харибьаты.

Выводы. Анализ основных морфометрических показателей бассейнов малых рек, в совокупности с методами полевых и дистанционных исследований позволил сделать вывод о структуре развитых на территории бассейнов экзогенных процессов рельефообразования. Ведущая роль в преобразовании рельефа исследуемых бассейнов принадлежит флювиальным, криогенно-склоновым, криогенным и эрозионно-склоновым процессам. Природные и антропогенные комплексы подвергаются нарушению со стороны эрозионных процессов (овражная, ручейковая эрозии) на незадернованных и преобразованных в ходе хозяйственной деятельности участках (сёла Кырен, Жемчуг, Зактуй, Торы), дефлюкции на крутых склонах хр. Хамар-Дабан, боковой эрозии и разрушения берегов рек (реки Туран, Кырен, Зактуй, Харагун, Тибельти и др.), заболачивания (сёла Туран, Харибьаты). В целом, анализ эколого-геоморфологических обстановок бассейнов малых рек хр. Хамар-Дабан показал, что территория испытывает среднеинтенсивные неблагоприятные и опасные геоморфологические процессы, где особое внимание стоит обратить на флювиальные и эрозионно-склоновые процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безгодова О.В. Природные и антропогенные факторы формирования русел малых рек Тункинской котловины (Республика Бурятия) // Геосферные исследования, № 4. – 2019. – С. 6–14. DOI: 10.17223/25421379/13/1
2. Безгодова О.В. Эколого-геоморфологические обстановки бассейна реки Кынгарга (Республика Бурятия)/ Актуальные проблемы природопользования и природообустройства // Сборник статей II Международной научно-практической конференции.– Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – С. 59–61.
3. Варенов А. Л., Ботавин Д. В., Завадский А. С. Русловые процессы на малых реках староосвоенной территории (на примере рек бассейна р. Кудьмы, Приволжская возвышенность) // Эрозионные и русловые процессы. Географ.ф-т МГУ Москва. Вып.6. – 2015. – С. 131–160.

4. Ламакин В.В. Неотектоника Байкальской впадины. – М.: Наука, – 1968. – 222 с.
5. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / Э.А. Лихачёва, Д.А. Тимофеев. М.: Медиа-ПРЕСС, 2002. 640 с.
6. Ротмистров В.Л. Малые реки Ярославского Поволжья. Ярославль: Издание ВВО РЭА. – 2004. – С. 8–9.
7. Cushman S.A. (2008) Parsimony in landscape metrics: Strength, universality, and consistency / S.A. Cushman, K. McGarigal, M.C. Neel // *Ecological Indicators*. Vol. 8. pp. 691–703.

ECOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL SITUATIONS OF THE SMALL RIVER BASINS OF THE KHAMAR-DABAN (ON THE EXAMPLE OF THE IRKUT RIVER TRIBUTARIES)

*O.V. Bezgodova, ola.bezgodova.23@yandex.ru
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia*

Abstract. The article is devoted to the analysis of the ecological and geomorphological situations of small river basins of the Khamar-Daban ridge on the example of the Irkut river tributaries. Morphometric indicators were collected to characterize the features of the river basins relief with using the digital elevation model ALOS. The Landsat satellite images were analyzed at different times. Field studies made it possible to supplement information on developed unfavorable and dangerous geomorphological processes, as a result of which fluvial, cryogenic, cryogenic-slope and erosion-slope processes were revealed in the studied territory of the basins. The greatest danger to natural and anthropogenic complexes are carried by fluvial and erosion-slope processes in the form of lateral and gully erosion.

Keywords: digital elevation model, ecological and geomorphological situations, Khamar-Daban, morphometric analysis, small river basins.

УДК 550

РОЛЬ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА НА СЕВЕРЕ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

*М.Г. Вахнин
Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Г Сыктывкар, Россия*

Аннотация. Изучается воздействие на окружающую среду геоэкологических факторов, возникающих при разведке, добыче месторождений нефти и газа. Анализируется использование данных дистанционного зондирования для контроля за степенью воздействия данных факторов на окружающую среду при разведке и добыче месторождений нефти и газа на севере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

Ключевые слова: геоэкология, геоэкологическая опасность, север Тимано Печорской провинции.

Север Тимано-Печорской провинции, расположенный на территории европейской части Севера России, имеет слаборазвитую инфраструктуру. Существует потребность в оборудовании десятков месторождений для обеспечения эффективной добычи углеводородов в арктических районах и транспортировки их в центральную часть России, необходимо также пробурить сотни скважин различного назначения, протянуть тысячи километров трубопроводных систем [1].

При изучении геоэкологической ситуации на Европейском Севере необходимо учитывать мерзлотные свойства пород. Данный регион характеризуется распространением на севере многолетних мерзлых пород. Все это приводит к тому, что север Тимано-

Печорской нефтегазоносной провинции очень чувствителен к различным техногенным воздействиям.

Так, 11 мая 2021 года произошла авария на границе Ненецкого округа и Республики Коми на нефтепроводе, идущем с одной из скважин Ошского месторождения, в результате его разгерметизации. В ходе произошедшего около 100 тонн нефтепродуктов попало на поверхность земли, из которых 10 тонн попала в реку Колва. Ситуацию усугублял идущий в этот момент ледоход, а затем начавшийся паводок, что еще усложнило работы по ликвидации аварии. Потребовались значительные усилия для ликвидации ее последствий, было привлечено более 180 специалистов. Были установлены специальные боновые заграждения, которые препятствовали попаданию нефтесодержащей жидкости в реку. На место аварии прибыл Глава Республики Коми Владимир Уйба и губернатор Ненецкого округа. Данное происшествие значительно ухудшает экологическую обстановку, и ликвидация его последствий займет еще значительное время. Последствия этой аварии причиняют значительный ущерб экологии, биоресурсам, окружающей среде региона.

Огромное внимание следует уделять экологическим проблемам, которые возникают при добыче нефти и газа на территории севера ТПНГБ. Так, значительный ущерб наносят промышленные выбросы в районах интенсивной добычи углеводородов [2]. Они значительно ухудшают состояние экологической среды, последствия которых остаются в течение значительного времени. Также после бурения скважины на этой территории след от ее воздействия остается на несколько десятилетий. На данной территории было пробурено более тысячи опорных, поисковых и разведочных скважин. Но распределены они крайне неравномерно. К примеру, высокой плотностью бурения характеризуется Хорейверская НГР [3].

Использование дистанционных методов, анализ данных с использованием геоинформационных систем позволяют анализировать те изменения, которые происходят с геологической средой на этой территории, проводить оценку состояния окружающей среды в настоящий момент и прогнозировать геоэкологическую ситуацию в будущем.

Также полезным методом является использование геоинформационных технологий, применение дистанционного зондирования. С его помощью можно отслеживать изменения, которые происходят в окружающей среде в техногенном и антропогенном воздействии, наблюдать изменения ландшафта, в частности, можно дистанционно отслеживать изменения, которые происходят в ландшафте, как они меняются с изменением пространства и времени.

Многие дистанционные методы позволяют фиксировать все изменения, которые происходят в окружающей среде. Например, хорошим методом является применение спутниковой системы Landsat 8. Так, с использованием данных экологического мониторинга проводится оценка геологической среды, выявляются территории с аварийными выбросами, делаются предположения о развитии экологической обстановки в будущем. Можно выделить несколько этапов мониторинга окружающей среды на территориях, на которых происходит разведка и добыча углеводородного сырья. Возможно разработать серию электронных карт, создать базу данных, включающих различные компоненты геосистем, провести расчет воздействия на геосистему антропогенного воздействия, расчет факторов устойчивости антропогенного воздействия при разведке и добыче углеводородов в условиях крайнего севера. После проведения экологического мониторинга окружающей среды с использованием методов дистанционного зондирования появляется возможность фиксировать необходимые типы данных [4].

К важным задачам использования геоинформационных методов при разведке и добыче углеводородного сырья можно отнести следующие. Важно проанализировать те воздействия, которые оказывает транспортная инфраструктура. Необходимо проводить анализ занимаемых площадей, особенно на территориях, где происходит разведка и добыча полезных ископаемых, в нашем случае углеводородов. Так как территория расположена в зонах распространения многолетнемерзлых пород, необходимо добиваться сохранения естественного ландшафта, так как разрушение этой среды приводит к большим

катастрофичным последствиям. Необходимо провести анализ территорий аварийных выбросов, сделать картографическую привязку территории, провести оценку территорий которые нуждаются рекультивации, выявить локальные участки аварийных разливов. Важно проводить оценку характера ландшафтной территории местности с применением ГИС технологий. Также нужно установить характер местности, который является важным компонентом, так как окружающая среда представляет собой территориальную систему, состоящую из взаимодополняющих друг друга элементов и включает компоненты более низкого ранга.

На территории крайнего севера, чтобы сохранить экологическую безопасность, необходимо сохранение естественной геологической среды, естественных особенностей местности, а также наблюдение за многолетней мерзлотой, учет характера почвенного покрова и много других факторов. Изменения, которые происходят в окружающей среде, влияют на динамику геоморфологических и геокриологических факторов в виде изменения характера растительности, эти изменения можно проследить с применением индикаторов с использованием технологий космической съемки и данных дистанционного зондирования. Также на состояние экологической среды оказывает нефтегазовое оборудование, которое используется при разведке и добыче углеводородов, использование различных химических веществ, значительные занимаемые площади. Все это увеличивает экологические риски и влияет на экологическую безопасность. Кроме того, возможны выбросы газа на небольших глубинах из-за скоплений газогидратов и проникновения углеводородов из более нижележащих горизонтов. Все это увеличивает риск возникновения различных аварий и уменьшает экологическую безопасность. При разведке и добыче углеводородов происходит изменение слоя многолетнемерзлых пород, все это значительно увеличивает риск техногенных аварий и приносит значительный ущерб экологической обстановке. При таянии многолетнемерзлых пород происходят изменения в грунтовых водах, могут возникать подтопления и бугры пучения. При этом максимальное воздействие на окружающую среду при разведке углеводородов оказывают сейсморазведочные работы и бурение, которые распределены достаточно неравномерно для разных НГР и НГО, и изменяются от 0,4 для Коратаихинской НГР до 4,2 для Варандей Адзвинской НГО. На севере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции пробурено более 1000 поисковых и разведочных скважин, однако плотность бурения сильно различается для различных НГО и НГР [5]. К тому же при разведке и разработке месторождений появляются дополнительные техногенные риски, связанные с выбросами загрязненных веществ в окружающую среду. Также значительные отрицательные последствия происходят в результате разливов нефтепродуктов, и восстановление растительного покрова происходит в течение значительного времени. Вдобавок значительный ущерб наносит ветровая эрозия, в результате которой нарушается почвенный и растительный покров. Происходит деградация почвы, ухудшение ее качества вплоть до полного ее уничтожения, как элемента геосистемы. Данная территория расположена на севере Тимано-Печорской провинции и значительная ее часть попадает в зону распространения многолетнемерзлых пород. Здесь значительную роль играют геокриологические процессы, и при разведке и разработке месторождений происходит загрязнение общего фона окружающей среды. Для основной территории севера ТПНГП плотность бурения относительно невелика, однако на отдельных территориях, особенно в районах интенсивной добычи углеводородов, ситуация приближается к районам крайнего бедствия. Особенно такую ситуацию можно наблюдать в районе г.Усинска. В этих районах происходит интенсивная добыча углеводородов и в результате формируется повышенный геохимический фон. Поэтому для геоэкологического мониторинга удобно использовать методы дистанционного зондирования с использованием спутниковой системы Landsat 8.

Они позволяют выделить группы яркостных, геометрических и текстурных признаков, которые можно использовать для анализа экосистем. Для анализа космических снимков использовались данные с космических спутников Landsat 8, где при использовании различных комбинаций каналов можно было получить информацию о различных

характеристиках экосистем. Например, если необходимо выделить области с нефтяным загрязнением, то эффективно будет использовать каналы с инфракрасной областью спектра. Если нужно выделить водные объекты, то наиболее эффективно применять синий, зеленый и инфракрасный области спектра.

На севере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции образовывается более высокий фон загрязнения битуминозными веществами. Однако здесь несмотря на довольно сложные природно-климатические условия, затраты на добычу одной тонны нефти несколько ниже, чем во многих других регионах России, благодаря незначительной глубине залегания нефтяных пластов и достаточно высокому дебиту скважин. Все это способствует тому, что на севере Тимано-Печорской провинции происходит интенсивная разведка и добыча углеводородов. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что на этих территориях, несмотря на достаточное количество уже имеющихся открытых месторождений, есть большая вероятность открытия новых нефтегазоносных площадей и месторождений, особенно на территории Ненецкого автономного округа и на о. Колгуев.

Важность учета влияния экологической среды, которое возникает при разведке и добыче углеводородов на севере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, диктуется более низкой способностью данной территории к самоочищению, близостью залегания многолетней мерзлоты, достаточно длительной зимой. Поэтому огромное внимание необходимо уделять экологическим проблемам, которые возникают при добыче нефти и газа на территории севера ТПНГБ, причем многие задачи можно решить с использованием дистанционных методов.

Территория севера Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции обладает средней степенью изученности глубоким бурением и сейсморазведочными работами. Вместе с тем тут существует большая вероятность открытия новых структурных и неструктурных ловушек и данную территорию можно рассматривать, как перспективную для открытия новых залежей углеводородов. Однако здесь также необходимо проводить постоянный экологический контроль в процессе разведки добычи углеводородов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов Н.С., Ткаченко Ю.П., Кокошко А.Л. Надвиговые структуры гряды Чернышева. Механизм формирования и перспективы нефтегазоносности. «Геология и минеральные ресурсы Европейского северо-востока России. Материалы XIV Геологического съезда республики Коми», т. III. Сыктывкар, «Геопринт», 2004. с. 96-98..
2. Данилевский С.А., Склярова З.П., Трифачев Ю.М. Геофлюидалные системы Тимано-Печорской провинции. Ухта, 2003, с. 181.
3. Желудова М.С., Куранов А.В., Зегер Н.А. Анализ динамики геологоразведочных работ на нефть и газ в Республике Коми за 1992-2012 гг. и необходимые меры по восполнению минерально-сырьевой базы углеводородного сырья. «Нефтегазовая геология. Теория и практика», 2013. Т.8. №4. http://www.ngtp.ru/rub/6/40_2013.pdf.
4. Космиади В.А. Надвиговые структуры Приполярного Урала // «Новые данные по геологии, биостратиграфии и палеонтологии Урала». Свердловск, 1987.
5. Куранов А.В. Использование новых методик при количественной оценке перспектив нефтегазоносности осадочного чехла и планировании геологоразведочных работ на территории Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна. В сб. «Севергеоэкотех-2002. Тезисы докладов». Ухта, 2002. с. 24-25.

THE ROLE OF GEOECOLOGICAL FACTORS IN THE EXPLORATION AND DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS IN THE NORTH OF THE TIMAN-PECHORA OIL AND GAS PROVINCE

M. G. Vakhnin

Institute of Geology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Syktyvkar, Russia

Annotation. The effect of the anthropogenic and technogenic factors on the environment during exploration and production of hydrocarbons in the North of the Timan-Pechora province was reviewed. The characteristic of the use of remote methods and geoinformation systems to assess the degree of ecological risk and monitoring the dynamics of changes of geoeological environment in this area has been given.

Key words: geoeology, geoeological hazard, north of Timan-Pechora province.

УДК 504.4.054:628.19

СТРУКТУРА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ

А.Р. Герасимов, Л.И. Осадчая, Л.А.Ничкова

sonik--38@mail.ru, lila1809@mail.ru, nichkova@sevsu.ru

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия

Аннотация. Целью данной научной статьи является изучение структуры и функционирования природно-техногенных систем угледобывающих регионов. Рассмотрены природные водотоки бассейнов Самары и Волчьей, описано влияние различных техногенных факторов на качество природных вод. В ходе проведенного ретроспективного анализа данных многолетних исследований солевого баланса были выявлены существенные изменения, которые привели к значительному увеличению показателей солевого блока.

Ключевые слова: природно-техногенный комплекс, минерализация, пруд-накопитель, антропогенные факторы, химический состав, водоток.

Природно-техногенной системой называется природно-антропогенный комплекс, включающий в себя объекты техники и естественные природные объекты. Природно-техногенный комплекс в большинстве случаев представляет собой природный объект, в той или иной степени обустроенный человеком для облегчения использования этого объекта в хозяйственных и иных целях [1].

В данной работе рассматривается комплексное взаимодействие составляющих природно-техногенной системы Донецкого угледобывающего региона. Сама система состоит из природных водотоков (реки бассейнов Самара и Волчья) и техногенных объектов, представляющих собой пруды-накопители различных шахт. Указанную природно-техногенную систему можно разделить на два подбассейна: р. Самара, принимающая минерализованные воды шахт Западного Донбасса и р. Волчья, принимающая минерализованные воды Центрального и Восточного Донбасса.

Реки Самара и Волчья находятся под влиянием хозяйственной деятельности человека уже давно: с начала сельскохозяйственного и промышленного освоения их территории. Строились пруды для работы мельниц, разведения рыбы и водоснабжения заводов и фабрик, постепенно увеличивались площади пахотных земель, вырубались леса. Однако длительное время – полтора-два века – влияние антропогенных факторов не вызывало больших изменений.

Положение резко изменилось в последние 40-60 лет, когда вследствие интенсификации сельскохозяйственного и промышленного производства резко возросли площади пахотных земель, концентрация животноводческих предприятий, урбанизация, строительство водохранилищ. Объемы промышленного, хозяйственно-бытового и

сельскохозяйственного водопотребления и водоотведения сравнялись, а в отдельных регионах превысили речной сток. Начали осуществляться агротехнические, гидротехнические и химические мелиорации земель и др. Совокупность этих факторов не только существенно повлияла на режим рек, их водный и химический балансы, но и привела к нарушению природного равновесия. В частности, природные процессы резко интенсифицируются и реки вступают в фазу старения, увеличиваются эрозионные процессы, снижается водоносность рек, что ведет к заболачиванию и зарастанию русел. Реки рискуют в ближайшие десятилетия окончательно деградировать и исчезнуть как элемент ландшафта.

Химический состав поверхностных вод формируется на протяжении длительного времени эволюции природных вод и является сложным комплексом растворенных газов, различных минеральных солей и органических соединений. К основным природным группам факторов формирования химического состава поверхностных вод относятся: физико-географические, геологические, физико-химические и биологические; а к главным, ведущим факторам, принадлежащим к этим группам, – горные породы, климатические условия и химические свойства элементов. В последнее время в исследуемом регионе возрастает роль антропогенных факторов, среди которых ведущую роль играют антропогенно-природные образования, в частности, пруды-накопители. Для решения задачи минимизации негативного влияния прудов-накопителей возникает необходимость в анализе основных закономерностей пространственно-временной динамики основных показателей химического состава воды р. Самары.

Ретроспективный анализ данных многолетних исследований свидетельствует о том, что под влиянием прудов-накопителей, солевой режим р. Самары претерпел существенные изменения в начальный период сброса. По данным 1929 г. минерализация воды реки в межень составляла 1,67 г/л с преобладанием сульфатов (0,42 г/л) и хлоридов (0,33 г/л). Более поздние исследования (1947-1952 гг.) подтвердили преобладание в воде водотока ионов SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ . Сравнивая значения минерализации в фоновом (слияние рек Самары и Бык) и контрольном своре (р. Самара с. Вербки) спустя десятилетие солесодержание воды р. Самары оставалось без изменений. Существенные изменения в солевом составе воды р. Самары произошли в начале шестидесятых годов под влиянием шахтного водоотлива и породных отвалов. К 1966 г. среднегодовая минерализация воды увеличилась в 1,3 раза и составляла 2,05 г/л. В следующие десятилетия сохранилась тенденция ее роста, но более медленного.

К 1990 году среднегодовая минерализация воды реки возросла по сравнению с 1929 годом в 2,2 раза. Рост общего солесодержания произошел за счет увеличения Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} – основных компонентов воды прудов-накопителей.

Исследования, проведенные в 2002 г. показали, что за 12 летний период не произошло существенных количественных и качественных изменений в солевом составе воды р. Самары: усредненное значение минерализации соответствует в 1990 г. – 2,79 г/л, в 2002 г. 2,49 г/л. Тип и качественный состав воды также не изменился – хлоридно-сульфатно-натриевая, второго типа (индекс воды – Cl , $\text{S}_{\text{II}}^{\text{Na}}$).

В настоящее время в рамках рассматриваемой природно-техногенной системы функционирует 42 шахты в пределах трех добывающих предприятий: «Добропольеуголь», «Селидовуголь», «Донецкуголь».

Химический состав шахтных вод формируется под влиянием естественных процессов, происходящих в массиве горных пород, в подземных водоносных горизонтах, в результате контакта подземных вод с углём, вмещающими породами, угольной и породной пылью.

В целом, структура природно-техногенной системы бассейнов рек Самара и Волчья представляет триаду тесно связанных между собой элементов: природные (начальные) элементы, представленные фоновым содержанием высокоминерализованных веществ, которые участвуют в формировании природной минерализации реки; техногенный элемент, представленный прудами-накопителями (объединенные одним типом природопользования – хранением и выбросом высокоминерализованных шахтных вод), и как следствие

взаимодействие природных и техногенных элементов – современное состояние компонентов окружающей среды, измененных под воздействием угледобывающих производств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двинских С.А. Структура природно-техногенной системы как источника воздействия на окружающую среду / Двинских С.А., Почечун В.А., Медведев О.А. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского: статья в журнале – науч. ст. – 2012. – №4(42). – С. 10-17.

THE STRUCTURE OF NATURAL AND TECHNOGENIC SYSTEMS OF COAL-MINING REGIONS

*A.P. Gerasimov, L.I. Osadchaya, L.A. Nichkova
sonik--38@mail.ru, lila1809@mail.ru,
Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

Abstract. The purpose of this scientific article is to study the structure and functioning of natural and technogenic systems in coal-mining regions. The natural streams of the Samara and Volch'ya basins are considered, the influence of various technogenic factors on the quality of natural waters is described. In the course of the retrospective analysis of the data of long-term studies of the salt balance, significant changes were revealed, which led to a significant increase in the indicators of the salt block.

Key words: natural-technogenic complex, mineralization, storage pond, anthropogenic factors, chemical composition, watercourse.

УДК 331.453

МЕТОДИКА ФЕРРООЧИСТКИ ТЕРРИТОРИИ КАК КОМПОНЕНТ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

*И.В.Иванусь irunin@mail.ru; А.С.Волынский volynsky@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»
Кафедра нефтяной геологии, гидрогеологии и геотехники, Краснодар, Россия*

Аннотация. Очистка территории от загрязнения металлами является неотъемлемой частью проведения инженерно-геологических изысканий. Существующая и давно применяемая технология проведения очистки показала свою малую эффективность и является экономически невыгодной, поэтому следует обратить внимание на предлагаемую методику, которая хорошо себя зарекомендовала при опытным внедрении в АО «СевКавТИСИЗ». Предлагаемая методика может быть использована для предварительной оценки стоимости, продолжительности и уровня сложности ликвидации феррозасоренности с использованием стандартных геодезических приборов и оборудования, что увеличивает доступность проводимых работ. Очень важное ограничение описываемой методики, это то, что она неприменима на минных полях.

Ключевые слова: геологические изыскания, экологические изыскания, металлическая засоренность территории

Постоянно развивающиеся и растущие города требуют новых территорий, поэтому они постепенно вытесняют производственные организации, заводов и даже территории военных подразделений. То, что остается на этих территориях обязательно должно быть исследовано на предмет металлической замусоренности так как оставленные объекты могут выделять огромное количество вредных веществ в результате интенсивного протекания химических реакций на контактах с подземными и поверхностными водами, а иногда и

оказаться опасными из-за возникновения ситуации ЧС. Важным фактором при проведении инженерных изысканий является их экономическая составляющая, включающая в себя обнаружение и ликвидацию феррозамусоренности. Выполнение перечисленных обследований регламентируется законодательством Российской Федерации, а также соответствующими нормами и инструкциями. [1,2]

В основу методики расчета сметной стоимости сейчас, входит средний показатель засоренности, при известном низком уровне минной опасности. Это значит, что полевые работы проводятся без фактического установления уровня загрязнения местности ферромагнитными предметами, что в итоге может привести к ошибке в расчетах, которая может, при определенных условиях, достигать несколько миллионов рублей. Предлагаемая методика позволяет избежать подобных проблем.

Для обследования ручным способом прибегают к методу подповерхностного зондирования грунта. В состав рабочего комплекса входят: селективный металлодетектор, GPS/ГЛОНАСС-навигатор, диктофон и наушники. Оператор с металлодетектором и подключённым к нему диктофоном проходит по обследуемой территории изысканий. При этом осуществляется запись трека GPS/ГЛОНАСС навигатором. В каждом случае получения звукового сигнала, выполняется проверка путем повторной проводки датчиком поискового прибора для исключения «ложного срабатывания» над местом звуковой индикации.

Для осуществления внешнего контроля качества проводимых работ, рекомендуется осуществлять зондирование 10% исследуемой территории. Опытный оператор во время передвижения может захватывать коридор исследований шириной около 2,5 м. Таким образом, пройдя 4 км, за 1,5 часа работы он может исследовать территорию около 1 га.

На этом полевой этап исследования завершен и можно приступить к комплексной обработке всех полученных данных. Единственными данными, которые возможно «вытащить» из оборудования является аудиосигнал - через разъём TRS, который присутствует на всех современных металлоискателях. После этого, используя программные продукты, которые позволяют выполнять преобразования Фурье (Frequency Analyzer, Graphical Audio Analyzer, Spek, SpectrumPLAY) определяется взаимное соответствие трансформации сигналов и их спектров. Строится спектрограмма. Для ускорения и упрощения работы следует применить быстрое преобразование Фурье (далее - БПФ), которое представляет собой определенный алгоритм вычисления, позволяющий уменьшить количество производимых действий относительно прямого вычисления DFT. Вид данных после постобработки представлен на рис. 1

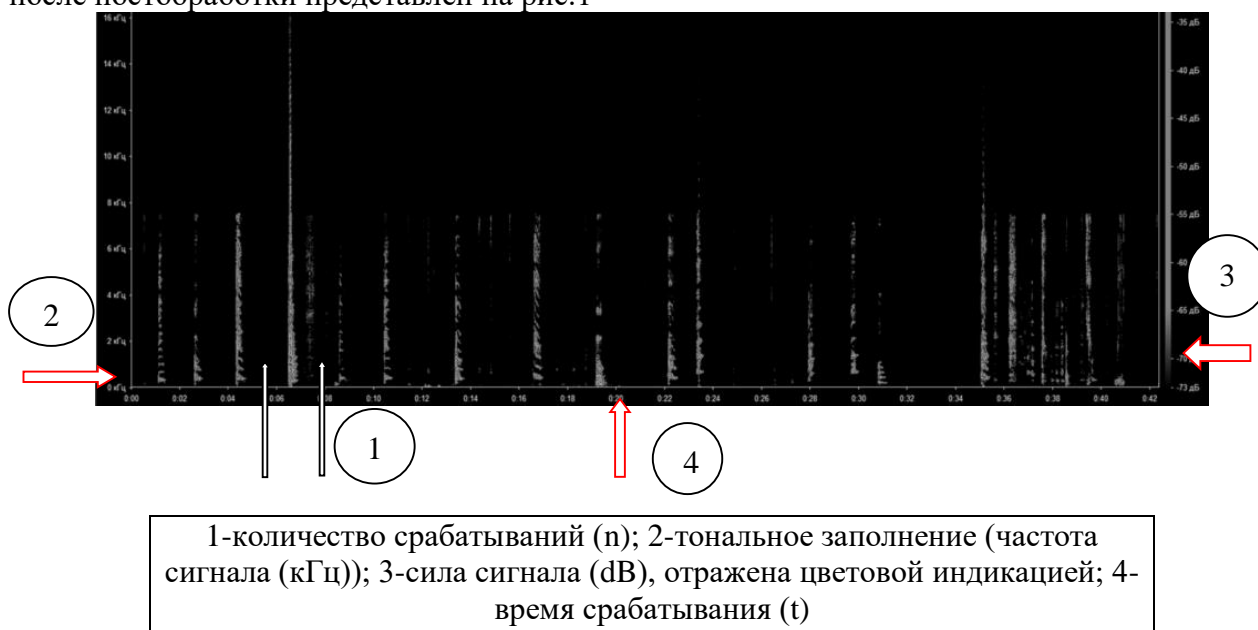


Рисунок 1 – обработка данных в программе Spek 0.8.2

На этапе постобработки в программном комплексе, необходимо выполнить ее картографическую привязку, перенос обработанного аудиофайла в программу для дальнейшего их совмещения. Удобно осуществлять эти операции в 3D-картографическом приложении BaseCamp (современный аналог программы MapSource) . Полученные результаты представлены на рис.2

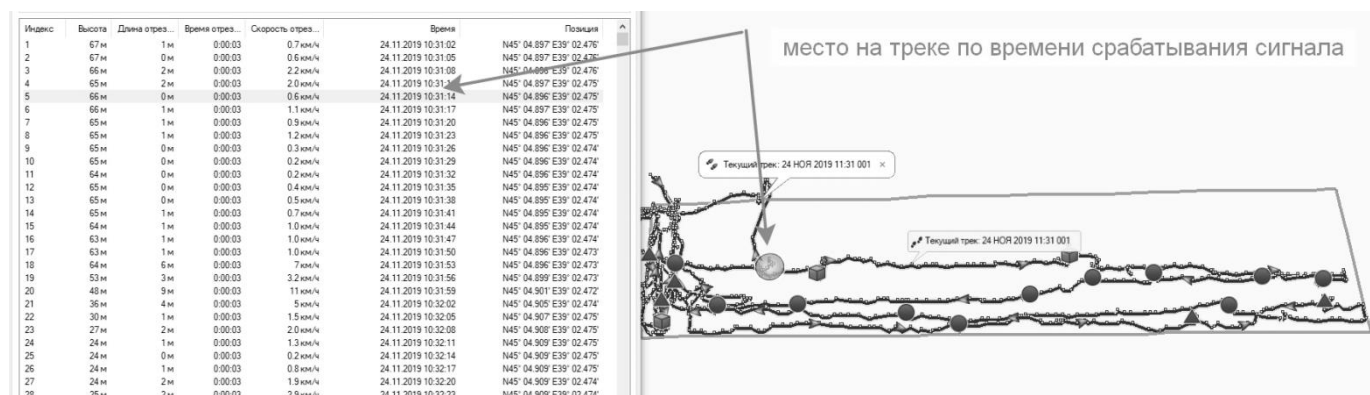


Рисунок 2 – обозначение места получения сигнала на треке

Результатом работы является получение и выпуск отчетного листа феррозасоренности, в котором содержится следующая информация:

- название объекта;
- схема, с границами площадки;
- пройденный при обследовании маршрут;
- нанесённые на схему места индикации сигналов;
- итоговую характеристику уровня засорённости территории.

При желании и наличии дополнительных данных, на него могут быть добавлены:

- места магнитных аномалий;
- таблица с координатами полученных сигналов
- контуры «очагов» металломусора и др

При выполнении работ по предлагаемой технологии, высокая квалификация сотрудников не требуется.

При сопоставлении стоимости выполнения работ, согласно существующим нормативным документам, и фактически понесенных затрат на исследование, можно сделать вывод об экономической эффективности предлагаемой методики. В таб.1 представлен расчет стоимости по документам.

Таблица 1 -Расчёт стоимости полевых работ на площади 200 га (при низком уровне минной опасности)

Уровень ферромагнитной засорённости	низкий	средний	высокий
Стоимость полевых работ (руб.)	654000	2221000	3992000

В таб.2 приведены фактические затраты, при исследовании территории такого же размера.

Таблица 2 - Ориентировочный расчёт измерения феррозасорённости территории (площадь обследования 200 га)

Статья расходов	Руб.
Комплект оборудования	
селективный металлодетектор «Кондор 3М»	20000
GPS- навигатор « Garmin eTrex 10 »	10000
диктофон Olympus VN-540PC	3500
Наушники проводные	500
Заработная плата (Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства. Госстрой России. 1999 г.)	
Полевые работы	45563
Камеральные работы	42600
ИТОГО:	122164

При дальнейшем развитии моделирования прогноза металлической засорённости территории возможно расширение решаемых задач:

1. Применение программы позволяющей интегрировать результаты FFT-преобразования и Garmin Base Camp. Это ускорит обработку информации и позволит исключить ошибки;
2. Ссоздание базы знаний «предмет – тон сигнала»;
3. Моделирование, с отображением предполагаемой глубины залегания металлических предметов;
4. Возможность локализации на карте наиболее «проблемные» зоны, отражение которых можно использовать в инженерно-экологических изысканиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 31 марта 2017 г. N 402 "Об утверждении Правил выполнения инженерных изысканий, необходимых для подготовки документации по планировке территории, перечня видов инженерных изысканий, необходимых для подготовки документации по планировке территории, и о внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 19 января 2006 г. N 20"
2. Приказ Министерства регионального развития РФ от 2 июля 2010 года N 317 «Об утверждении индивидуальных сметных нормативов», Приложение к приказу Министерства регионального развития Российской Федерации от 2 июля 2010 года N 317 «Методика определения стоимости работ по очистке местности от взрывоопасных предметов в сфере градостроительной деятельности».
3. Селективный металлодетектор Сигнум MFT/MFD 7272M. Руководство по эксплуатации. ООО «фирма «АКА». МОСКВА. 2017г
4. Преобразование Фурье: самый подробный разбор. Библиотека программиста. 2020г. [Электронный ресурс] URL:<https://www.proglib.io/>(Дата обращения: 17.04.2021)
5. Spek – акустический спектроанализатор. [Электронный ресурс] URL: <http://spek.cc/> (Дата обращения: 17.07.2021).
6. Garmin BaseCamp 4.7. 2019. [Электронный ресурс] URL: <https://garmin-basecamp.software.informer.com/>(Дата обращения: 17.07.2021).

THE METHOD OF FERROTREATMENT OF THE TERRITORY AS A COMPONENT OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL SURVEYS

I.V.Ivanus; A.S.irunin@mail.ru; A.V.Volynsky volynsky@yandex.ru

Kuban State University

Department of Petroleum Geology, Hydrogeology and Geotechnics

Krasnodar, Russia,

Annotation. Cleaning the territory from metal contamination is an integral part of conducting engineering and geological surveys. The existing and long-used cleaning technology has shown its low efficiency and is economically unprofitable, so you should pay attention to the proposed method, which has proven itself well during its experimental implementation in SevKavTISIZ. The proposed methodology can be used for a preliminary assessment of the cost, duration and level of complexity of the elimination of ferrosamination using standard geodetic instruments and equipment, which increases the availability of the work carried out. A very important limitation of the described technique is that it is not applicable in minefields.

Keywords: geological surveys, environmental surveys, metal contamination of the territory

УДК 551.435.64

ЛИНЕЙНО-ВЫТЯНУТЫЕ ОСЫПИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА КАК ФАКТОР РИСКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

В.И. Лысенко¹, niagara@mail.ru, Н.В. Шик², shik.n@bk.ru,

¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова. Филиал МГУ в г.

Севастополе, РФ

²Севастопольский центр туризма, краеведения, спорта и экскурсий, РФ

Аннотация. Данная работа рассматривает формирование, современное состояние и возможное развитие линейно-вытянутых (глетчерообразных) на 1,5-2,0 км крупноглыбовых осыпей-потоков, расположенных в западной части Южного берега Крыма (окрестности поселка Форос). Они занимают притальвеговое понижение эрозионных ложбин 3-го порядка, которые в своем заложении унаследовали субмеридиональную систему тектонических нарушений. Осыпи-потоки состоят из крупного щебня, глыб и даже блоков мраморовидных известняков верхнеюрского возраста мощностью 3-5 м, которые залегают по типу каменной кладке, делающей их устойчивыми. Они находятся в неподвижном состоянии не менее 170-200 лет. Экстраординарные сейсмические явления с определенным периодом колебаний, длительностью, направлением подхода сейсмических волн, могут спровоцировать стремительное движение вниз всей массы слабосвязанных глыб, образующих тело осыпей-потоков, по типу каменной лавины. Строители трассы Ялта-Севастополь в качестве превентивной меры в местах, где дорога прорезает осыпи-потоки, создали в них широкие (до 80-100 метров) горизонтальные площадки-улавливатели, изъязв из осыпи обвальнodelювиальный крупноглыбовый материал.

Ключевые слова: осыпи-потоки, эрозионные долины, каменные лавины массандровские отложения, коллювий, сейсмический толчок.

Наблюдаемый стремительный рост природных и техногенных катастроф, сопровождающийся гибелью людей и значительным материальным ущербом, не может не проявляться и на Крымском полуострове. Любое вмешательство человека в природную среду имеет ту или иную степень риска. Оценка степени риска природных катастроф при различных направлениях антропогенного воздействия - одна из главных задач геологии и геоморфологии, заключающаяся в прогнозе развития геодинамических процессов в данном регионе, то есть научно обоснованное предсказание места и времени проявления того или иного геологического процесса, оценки его мощности (интенсивности) и ожидаемых последствий. В свою очередь такой прогноз основывается на результатах фундаментальных

и/или прикладных, полевых и/или камеральных геолого-геоморфологических исследований, что делает эти исследования весьма актуальными.

Южный макросклон Крымских гор следует рассматривать как единую экосистему, в которой все элементы связаны между собой морфологически, морфолитологически, генетически, динамически (поток вещества и энергии), функционально [6].

Данная работа посвящена изучению процессов формирования и развития линейно-вытянутых (глетчерообразных) крупноглыбовых осыпей-потоков (далее ОП). Особенности их происхождения, состава, роли в ландшафтной структуре территории обязывают выделить их в особую разновидность осыпей. Они имеют существенные отличия, как от типичных осыпей (скопление обломков горных пород у основания и в нижней части крутых склонов, образующиеся в результате выветривания горных пород и скатывания обломков вниз по склону [6]), так и от курумников. Целесообразно было бы осыпи-потоки выделить в отдельную разновидность, так как им присуще ряд характерных черт: ОП отделены от скальных обрывов на некоторое расстояние, что обуславливает отсутствие связи между ними в настоящее время; в гранулометрическом составе ОП практически отсутствуют обломки мелкой фракции (дресвы и мелкозема), а преобладают глыбы и даже блоки горных пород (Рис.1); размер обломков заметно не меняется ни по длине ОП, ни в вертикальном разрезе; обломки жестко связаны между собой, что придает устойчивость телу ОП в целом. Осыпи-потоки не имеют почвенно-травянистого покрова и практически не залесены, что визуально делает их хорошо заметными на склонах. Возникновение некоторых из них старинные легенды приписывают разрушениям крепостей или дворцов. В старых путеводителях ОП носят название «каменный хаос» или «каменная река» [5].



Рисунок 1 – Верховья Западно-Парусной осыпи-потока. В средней части снимка виден уступ в древнем коллювии, откуда поступают обломки в тело осыпи-потока. На дальнем плане – г. Челеби-Яурн-Бели

Объектами наших исследований стали несколько ОП («каменных рек»), которые вложены в эрозионные ложбины-овраги 3-го порядка, расположенных в окрестностях поселка Форос (западный участок Южного берега Крыма): Биюк-Дере, Минея, Родниковый, Западно-Парусный (Рис. 1), Восточно-Парусный, которые протянулись от южного подножья горы Челеби-Яурн-Бели до берега моря между гребнем смещенного массива Чабан-Таш на западе и скалой Парус на востоке. Названия первых двух оврагов (-Дере) упоминаются на топонимической карте И. Белянского, остальные ОП получили условные наименования, исходя из их положения. Они ориентированы субмеридионально, что отвечает не только генеральному уклону местности, но и зонам тектонических нарушений субмеридионального простираения. Продолжение оврагов к северу в обрывах горного массива Челеби отмечается обвальными нишами, блоками отседания, обвальными осыпными кулуарами что подтверждает современную активность этих зон. Средняя и нижняя части эрозионных ложбин врезаны в

элювий флишевых пород таврической серии ($T_3 - J_1$). Заложение ОП происходило по эрозионно-тектоническим понижениям, которые делят практически сплошную полосу вулканических пород верхнетриасового возраста субширотного простирания на отдельные массивы [7]. Субмеридиональная разломная тектоника продолжается к югу и проявляется в ориентации речных палеодолин на материковом склоне Форосского выступа [10].

Каменный поток занимает осевую (притальвеговую) часть ложбины. Видимая мощность ОП - не менее 3-5 метров. Обломки представлены остроугольными (иногда с заглаженными ребрами) глыбами мраморовидного известняка до 2-3 метров в поперечнике, которые залегают без видимой сортированности, но плотно пригнаны друг к другу (по типу каменной кладки). Интересен факт, что даже там, овраг примыкает своим бортом к выходам вулканических пород, обломки вулканитов в ОП не отмечены. Изменения в гранулометрическом составе ОП наблюдаются только там, где ОП пересекает древние поверхности выравнивания и уклон резко уменьшается. На этих участках ОП мелкозем может заполнять определенную часть межглыбового пространства. Один из таких погребённых в суглинке потоков находится в район родника Согласие.

Проведенный анализ ориентации длинной оси обломков, как в поле, так и по фотографиям, показал, что для ОП в целом характерно разноориентированность длинных осей обломков, но с некоторым преобладанием продольной ориентации (относительно уклона). Эта закономерность была отмечена для и для типичных осыпей рядом авторов [6,8]), а также проявилась в экспериментальном моделировании процесса в лотке, проведённом авторами. При вибрации лотка обломки принимали продольную ориентацию длинной оси обломков относительно его наклона, что объясняется минимализацией силы трения при движении вниз. Примечательно, что, достигнув выровненной площадки (подножья), многие обломки разворачивались вокруг своей вертикальной оси, приобретая перпендикулярную ориентацию длинных осей относительно направления уклона.

По нашим наблюдениям, источником глыб в ОП являются отложения не современных, а древних обвалов (дерупций). Формирования этих древних гравитационных отложений шло на протяжении позднего плиоцена и раннечетвертичного времени по типу педимента при более высоком уровне Черного моря (относительно подножья известнякового экскарпа) [2]. Дерупций, как это видно в обнажениях верховой ОП (Рис.1), представлен хаотично расположенными глыбами и крупным щебнем мраморовидного известняка в суглинистом заполнителе коричневатого-желтого цвета. Местами обломки сцементированы кристаллическим кальцитом. Подобные отложения в центральной части ЮБК получили наименование массандровских отложений (или массандровская свита по В.М. Муратову) [9]. В районе исследования массандровские отложения плащом покрывают подножье горного массива Челеби на расстояние до 100-200 метров от нижней бровки.

Переотложение глыб из массандровской толщи в тальвег эрозионных ложбин происходит за счет их скатывания в ходе аблювиального процесса с бортов и при боковой эрозии. Часть обломков поступила сверху при врезании головы оврага в массандровские отложения. Поступающий в ложбины вместе с глыбами мелкозем заполнителя массандровских отложений и элювия флиша легко размывается и уносится временными водотоками. Крупнообломочный материал остается при этом на месте, что и обусловило промытый («свежий») вид «каменных рек». При среднем угле наклона данного участка ЮБК в $17-22^\circ$ на отдельных участках глыбового потока, по нашим наблюдениям, уклон достигает $40-45^\circ$, что объясняется, прежде всего, высокими значениями сцепления и угла внутреннего трения глыбовых отложений. Отсутствие заполнителя в толще каменного потока делает невозможным или заметно уменьшает проявление таких склоновых процессов, как крип, делювиальный снос, солифлюкция, которые, обычно, наблюдаются на склонах [6]. Это повышает прочность каменной кладки ОП и её устойчивость.

О стабилизации ОП свидетельствуют: сохранность дорожного полотна, проложенного горизонтально около 50-ти лет через глыбовый навал в средней части ОП Минея; результаты лихенометрических и дендрохронологических исследований; мониторинг наблюдательных

створов. Определение возраста наиболее крупных деревьев, произрастающих среди обломков ОП, проводилось по методике, предложенной для южного Крыма специалистами Никитского ботанического сада [11]. Определялся возраст наиболее крупных (старых) деревьев разных видов, прямопроизрастающих среди глыб ОП. Оказалось, что возраст деревьев, проросших через глыбы в оврагах Минея и в Западно-Парусном, исходя из величин их диаметров, равен 130-170 лет. К этому возрасту следует добавить время, необходимое для занесения в каменный хаос семян деревьев и их укоренение (10-30 лет). Возраст отдельных экземпляров можжевельника высокого равен 200-230 лет. Близкие величины возраста последней подвижки ОП показали и лишенометрические методы. Размеры слоевищ лишайника *Rhizocarpon geographicum* на глыбах из каменных вышеназванных потоков имели максимальные размеры 5,6-6,8 см, что при скорости роста 0,1-0,2 мм в год дает средний возраст от 260 до 130 лет. Таким образом можно сделать вывод, что изучаемые ОП не испытывали заметных подвижек в течении, как минимум, 200 лет, а последние полвека они были практически стабильными. Стабилизация ОП подтверждается семилетними наблюдениями авторов за обломками в створах, заложенных в некоторых глетчеровидных ОП района исследования.

Временную стабилизацию ОП в долгосрочном прогнозе чрезвычайных ситуаций следует считать отрицательным фактором, так как обвальный потенциал склона, то есть «способность к быстрым крупнообъемным перемещениям масс горных пород с верхних частей склона к его подножью посредством обваливания, оползания, осыпания» [3], в этом случае не уменьшается. Обвальный потенциал может катастрофически реализоваться при мощном сейсмическом явлении [4,5]. Сейсмические удары создают дополнительное приращение силы тяжести, что может вызвать смещение неустойчивого тела. В результате сильных землетрясений сейсмогенные обвалы, оползни и осыпи происходят там, где их образование невозможно при современных условиях. Сейсмический толчок вызывает низкочастотные колебания недр, которые передаются телам на поверхности. Для глыб ОП преимущественным направлением движения будет движение вниз по уклону либо выдавливание (подпрыгивание) вверх.

Согласно применяемой в России и широко используемая в мире 12-балльной шкале MSK-64, повреждения уже возможны при землетрясениях 6 и более баллов. Согласно схемам сейсмического районирования Крымского полуострова, приведенных в атласе «Автономная республика Крым» [1], на территории исследования повторяемость землетрясений в 6 баллов составляет около одного раза в 50 лет, 7- баллов -100-200 лет, 8 баллов - 500 лет. За период в 1000 лет может произойти катастрофическое 9-ти балльное землетрясение. Для сравнения следует указать, что мощное Ялтинское землетрясения 1927 года на ЮБК оценивается в 8 баллов. По мнению крымских геологов, в скальных массивах, в которых имеются зоны диагональных разломов северо-западной и северо-восточной ориентировки, возможно приращение сейсмической интенсивности на 1–1,5 баллов [4]. Как считает А.В. Ена [5], «...в ряде районов Крымского Южного бережья гравитационный эффект от любого экстремального сейсмического события, вполне возможного в обозримом будущем, может оказаться соответствующим землетрясению не в 8-9 баллов максимально, как это принято считать традиционно, но вероятно даже в 10-11 баллов»

Землетрясения низкого и среднего энергетического уровня, число которых в течение года на полуострове насчитывается несколько десятков, своим встряхиваниями лишь повышают устойчивость горных склонов и ОП к постоянному воздействию гравитации и экзогенных агентов денудации, не уменьшая обвальный потенциал. Понимая опасность смещения многотонных глыбовых тел на дорожное полотно, проектировщики трассы Севастополь-Ялта в 70-х годах XX века в зонах её пересечения с ОП предусмотрели широкие (до 80-100 метров) горизонтальные площадки-улавливатели, изъяз обвально-делювийный крупноглыбовый материал. Это, естественно, привело к разъединению литодинамического потока, чем по сути является ОП, на две составляющие ветки: выше и ниже трассы. Учитывая, что ОП - существенные поставщики твердого обломочного материала в

береговую зона моря, следует предполагать появления его дефицита на пляжах Тессельской бухты, что, соответственно, приведет к активизации абразии.

Выводы: Изучение временно-стабилизированных скоплений обломочного материала, занимающих крутые эрозионно-денудационные ложбины субмеридионального простирания в западной части ЮБК, показало их высокий обвальный потенциал. Он может никак не проявляться при частых для нашего региона сейсмических толчках низкого и среднего уровня, что соответствует землетрясениям 2-4 баллов по шкале MSK-64. Но при землетрясении в 9 и более баллов с определенным периодом колебаний, длительностью, направлением подхода сейсмических волн, крутизне склонов вся огромная масса слабосвязанных глыб, образующих тело глетчеровидных ОП, может прийти в движения и обрушиться вниз [5]. Ни одно искусственное сооружение не сможет остановить подобный каменный поток. Поэтому следует пересмотреть устоявшуюся точку зрения, что отсутствие на каком-либо участке горного рельефа свежих признаков подвижек грунта свидетельствует об отсутствии геологического риска на данном участке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров Н.В. Руденко Л.Г. Автономная республика Крым (атлас). - Киев-Симферополь: 2003. — 80 с.
2. Борисенко Л.С. Схема геологического развития Южного берега Крыма в антропогене // Геологический журнал 1973, № 5. - С.123-125.
3. Важенин Б.П. Обвальный потенциал гор // Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Л.Н. Ивановского, Иркутск, 2011, Т.1. – С. 24-27
4. Вахрушев И.Б. Сейсмодислокации Ласпи-Лименского района, как объекты научного и познавательного туризма // Проблемы материальной культуры – Географические науки, 7. - С. 7-11.
5. Ена А.В. Палеосейсмичность Горного Крыма в геологических памятниках и проблема сейсмогравитационной опасности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://dspace.nbuv.gov.ua>, - свободный. - Загл. с экрана.
6. Клюкин А.А. Экзогеодинамика Крыма.- Симферополь: Таврия, 2007. – 320 с.
7. Лысенко В.И. Характеристика вулканической толщи верхнего триаса в Юго-западной части Горного Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология, издательство Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского (Симферополь). – 2019. – Том 5(71). – № 4. – С. 230-253.
8. Московкин В.М., Клюкин А.А. Невский В.Н. Строение осыпи флишевого низкогорья Крыма// Геоморфология, 1987. - № 3. – С.68-73.
9. Муратов М.В. Руководство по учебной геологической практике в Крыму. Том II. Геология Крымского полуострова. – М.: Недра, 1973. - 192 с.
10. Пасынкова Л.А. Каньоны континентального склона Черного моря // Учен. Зап. Тавр. Нац. ун-та им. В.И. Вернадского, Серия «География», т.26 (65), 2013, № 3. – С.260-266.
11. Плуготарь Ю.В. Методика определения возраста деревьев // Научн. зап. прир. заповедника «Мыс Марьян», вып.2, 2011. - Флора и растительность. – С. 122-148.

LINEAR-ELONGATED TALUS-STREAMS OF THE WESTERN PART OF THE SOUTH COAST OF THE CRIMEA AS A RISK FACTOR OF DISASTER

V.I. Lysenko¹; niagara_sev@mail.ru, N.V. Shik², shik.n@bk.ru

¹Moscow State University Sevastopol Branch, Sevastopol, RF

²Sevastopol center of tourism, local history, sports and excursions, RF

Abstract. This work is devoted to the study of the processes of formation and development of linear-elongated large-block talus-streams. The objects of study were several "stone rivers". They have a length of 1.5-2.0 km, a thickness of 3-5 m, an average front width of 50-100 m. The probability of collapse of large volumes increases, but only with extraordinary seismic events. In historical time, several catastrophic earthquakes occurred in 9-10 points (MSK-64), which caused seismogenic landslides. The collapse of a huge mass of recreational and residential buildings in the coastal zone can have a catastrophic event.

Keywords: talus-streams, erosional valleys, rock avalanches, colluvium, seismic shock.

УДК 550.834.04

СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

^{1,2}Л.И. Надежка, nadezhka@geophys.vsu.ru

^{2,1}А.Е. Семенов, Alexander.semenow@gmail.com

^{1,2}И.Н. Сафронич, igor@geophys.vsu.ru

²И.Т. Ежова, iritroe@mail.ru

²Э.И. Золототрубова, nadezhka@geophys.vsu.ru

²И.А. Сизаск sizaskia@gmail.ru

¹ - Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия;

² - Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба РАН», г. Обнинск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые вопросы сейсмической безопасности техногенно-нагруженных территорий. На примере территории Центрально-Черноземного экономического региона показано, что сейсмологический мониторинг является эффективным способом оценки характера, протекающих в земной коре сейсмических процессов, как природных, так и вызванных деятельностью человека. Делается вывод, что в условиях значительной техногенной нагрузки на земную кору необходимо регистрировать сейсмические события, начиная со 2-го энергетического класса.

Ключевые слова: сейсмическая безопасность, сейсмический мониторинг, местные землетрясения, промышленные взрывы, сейсмические эффекты/

Сейсмическая безопасность является одним из важных условий комфортности среды обитания человека. Развитие промышленной цивилизации сопровождается целым рядом негативных воздействий на окружающую среду. При этом возрастает нагрузка не только на относительно быстро реагирующие компоненты среды (вода, воздух, растительный и животный мир), но и на, считающимися устойчивыми, верхние слои земной коры. Меняется характер деформационных процессов, происходящих в геологической среде. Традиционно считалось, что только в орогенных областях и прилегающих территориях происходят аномальные деформации в зонах разломов, просадки, оползни и т.д. Однако, в последнее время представления меняются. Многие исследования свидетельствуют, что деформационные процессы происходят повсеместно и даже в условиях древних платформ. [1-6]. С увеличением темпов урбанизации платформенных территорий (строительство атомных станций, химических производств, расширение добычи полезных ископаемых и

других антропогенных факторов) растет степень риска значительных деформационных процессов в земной коре и наведенной сейсмичности.

Одним из промышленно развитых регионов Европейской России является Центрально-Черноземный экономический регион (ЦЧЭР). На его территории расположены две атомные электростанции (Курская АЭС, Нововоронежская АЭС), развивается химическая промышленность (Россошанский химкомбинат) объекты спецназначения и другие крупные предприятия.. Ситуация осложняется еще и тем, что в пределах региона функционирует более 20 промышленных карьеров, в которых производится добыча полезных ископаемых открытым способом. В одном из крупнейших карьеров равнинной части России «Железногорском» Курской области при добыче железной руды суммарное количество взрывчатого вещества (ВВ) при производстве одного взрыва составляет 2000-2500 тонн [7] В карьерах, в которых добывается железная руда в Белгородской области (карьеры: «Лебединский», «Стойленский») суммарное количество ВВ во время одного короткозамедленного взрыва составляет 1000 и более тонн. В карьерах Воронежской области («Павловский», «Тихий Дон»), где добывается гранитная щебенка, суммарное количество ВВ во время одного взрыва составляет 100-300 тонн. В многочисленных карьерах, в которых добываются доломиты, суммарное количество ВВ во время одного взрыва не превышает 50 тонн [8].

В настоящее время в регионе ведется сейсмологический мониторинг сетью, состоящей из 12 сейсмических станций (рисунок 1). По результатам сейсмологического мониторинга регион не является сейсмически пассивным.

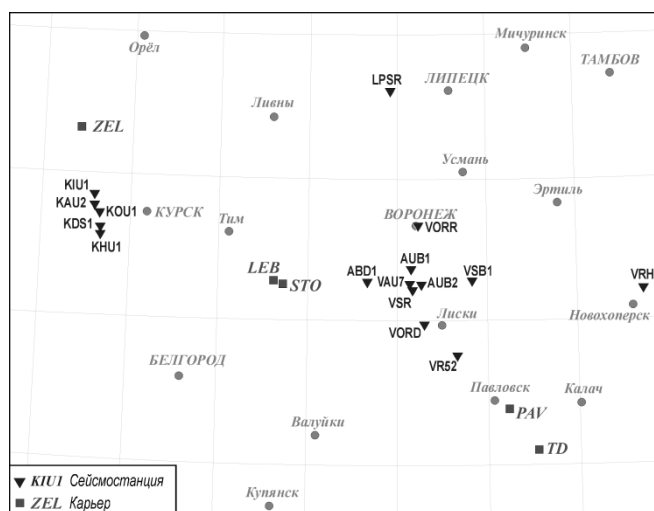


Рисунок 1 – Расположение сейсмических станций Воронежской сети

За более чем 20-летний период наблюдений зарегистрировано более 500 местных землетрясений, из которых более 120 землетрясений 8-9 энергетических классов (M 2.2-2.8) [8]. 31 марта 2000г зарегистрировано 5-балльное землетрясение в районе г. Калач [8].

На рисунке 2 представлен пример записи местного землетрясения 8 энергетического класса (M=2.2) сетью сейсмических станций. Эпицентр землетрясения находится в юго-восточной части Воронежской области, глубина очага по результатам интерпретации составляет 10 км.

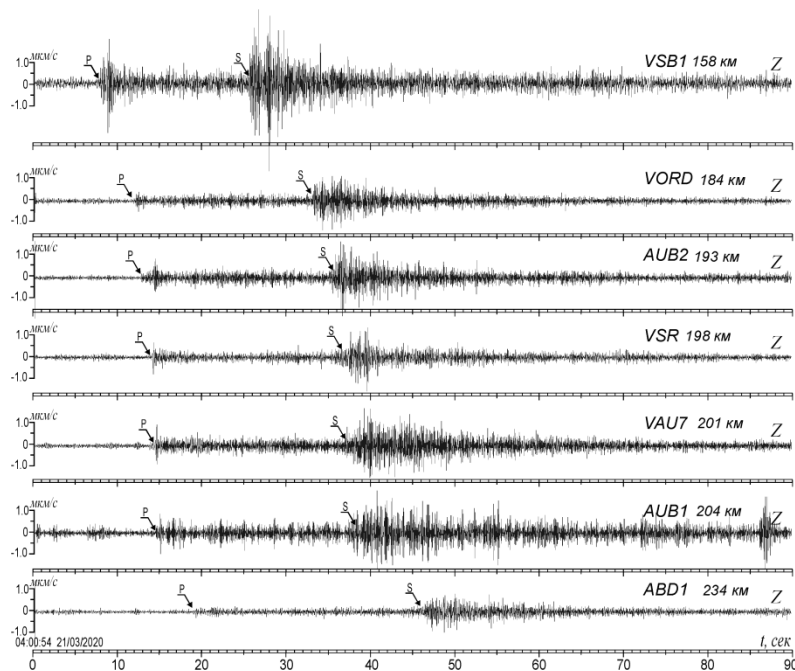


Рисунок 2 – Вертикальные составляющие записи местного землетрясения, которое произошло 21 марта 2020 г на станциях локальной сети

Как видно из рисунка, это землетрясение записано сейсмическими станциями сети на расстоянии до 234 км от эпицентра. Для условий платформы это землетрясение является свидетельством активных процессов происходящих в земной коре региона.

Ежегодно сеть сейсмических станций регистрируется от 300 до 500 промышленных взрывов, которые производятся в карьерах при добычи полезных ископаемых. (рисунок 3). Как видно из рисунка, в 2008 и 2013 годы велась аномально активная добыча полезных ископаемых. С 2014 года отмечается постепенное увеличение количества взрывов, что свидетельствует об активной работе горнодобывающих предприятий [9, 10].

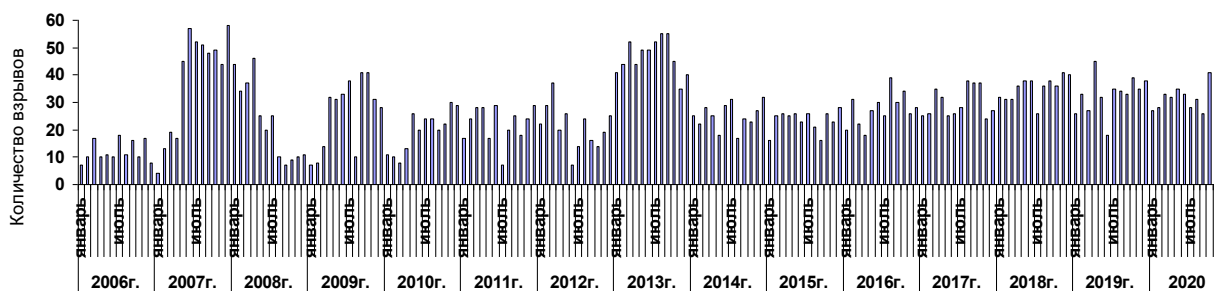


Рисунок 3 – Динамика взрывных работ по месяцам и годам за 2006-2020 гг.

Анализируя данные сейсмологического мониторинга, можно видеть, что фактически ежедневно в регионе регистрируется, как минимум один взрыв. В крупных карьерах взрывы производятся в конкретный промежуток времени (9:00-11:00 UTC), в карьерах по добыче доломита производятся в любое время в течение всего рабочего дня, а иногда и позже (рисунок 4) [9].

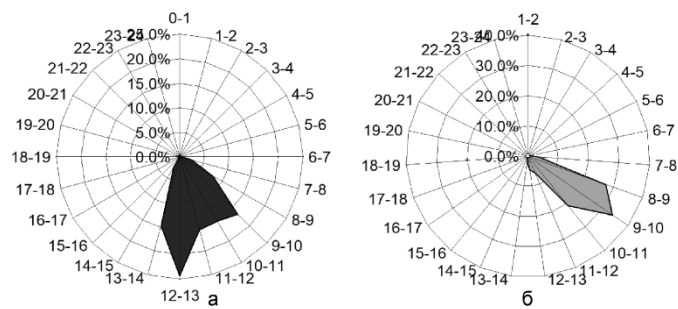


Рисунок – 4. Распределение взрывов в карьерах по добыче доломита (а) и крупных карьерах КМА и Воронежской области (б) по часам (время UTC) за 10 лет (в %)

Долгое время считалось, что сейсмическая энергия, которая выделяется при производстве промышленных взрывов, не велика и не способна повлиять на тектонические процессы в земной коре платформы. Однако, сейсмический мониторинг сетью сейсмических станций, функционирующей на территории Центрально-Черноземного экономического региона, позволил выявить характерные особенности сейсмических событий, возникающих при проведении промышленных взрывов [10]. Сейсмические события, как свидетельствуют данные, в основном, относятся к 5-11 энергетическим классам, что соответствует выделившейся энергии 10^5 - 10^{10} Дж. На рисунке 5 представлен пример записей сейсмического события, возникшего при производстве взрыва в карьере «Железногорский».

Это событие относится к 9 энергетическому классу (магнитуда 2.8). Как видно из рисунка, выделившаяся при взрыве сейсмическая энергия распространяется на значительные расстояния, увеличивая интенсивность фоновых колебаний в 5 раз на расстояниях до 450 км от источника. На относительно близком расстоянии (54км) от источника увеличение амплитуды фоновых колебаний достигает 100 и более раз.

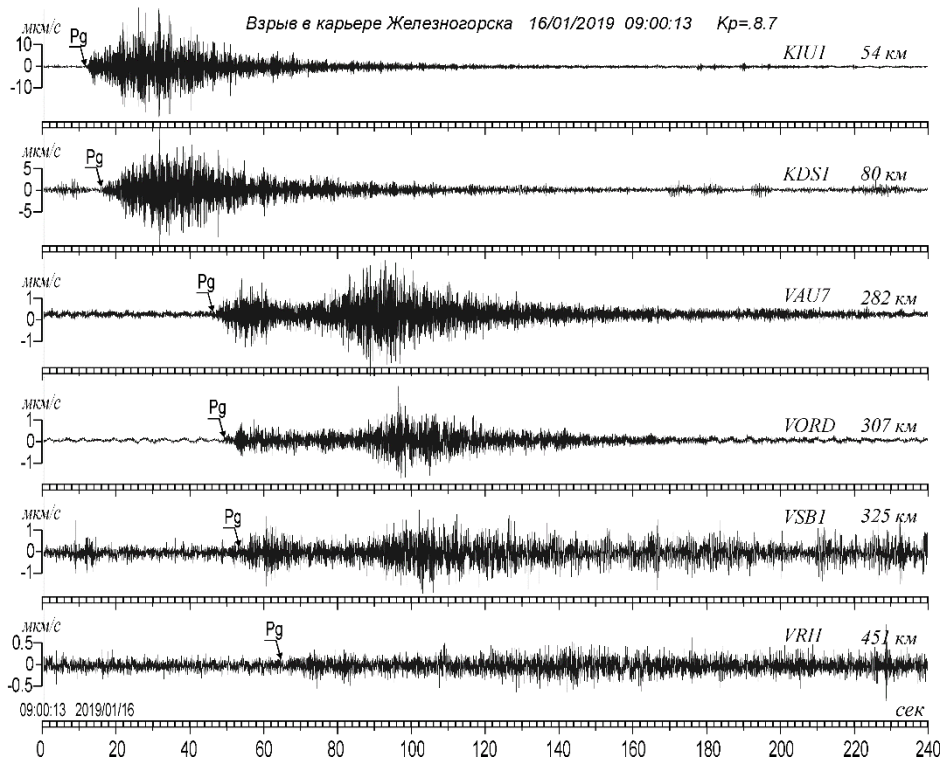


Рисунок – 5. Записи волновых форм сейсмического события, вызванного промышленным взрывом в карьере «Железногорский» (Z-компонента)

Из сказанного следует, что сейсмический мониторинг позволяет оценивать характер активности геологической среды и степень сейсмических воздействий, вызванных промышленными взрывами [11].

Как отмечалось выше, в течение года происходит от 300 до 500 промышленных взрывов, выделившаяся при этом сейсмическая энергия составляет 10^{11} - 10^{12} Дж. Распространяясь в нелинейной геологической среде, изобилующей неоднородностями разного ранга, разной природы и разного состояния, она накапливается на неоднородностях и способствует образованию дополнительных деформаций и напряжений. Как показано в работе [4], регулярность проведения взрывных работ способствует суммарному накоплению малых возмущений, что приводит к эффекту насыщения. При этом, пределом эффективного накопления деформаций является значительное превышение амплитуды колебаний в зоне неоднородностей (например, тектонического нарушения) над уровнем сейсмического фона. Как свидетельствует опыт работ, превышение в определенном диапазоне частот может быть на 1-3 порядка по сравнению с фоном, что может приводить к возникновению дополнительных деформаций и напряжений, разрядка которых может реализовываться в виде землетрясений (наведенная сейсмичность) [12]. В настоящее время известны сильные землетрясения (Газлийское, Нефтегорское), которые произошли в результате добычи полезных ископаемых в регионах с большим запасом потенциальной энергии тектонических деформаций.

В условиях платформы, к которой относится и территория ЦЧЭР, вряд ли можно ожидать катастрофических землетрясений, спровоцированных разработкой полезных ископаемых. Однако, сейсмологические наблюдения, выполняемые в течение более 20 лет, свидетельствуют, что после мощных промышленных взрывов в сейсмически активной зоне спустя 8 часов наблюдались низкомагнитудные землетрясения [12]. Учитывая природную сейсмическую активность территории региона, значительную техногенную нагруженность, изобилие объектов повышенного экологического риска и высокую плотность населения, можно предположить, что даже относительно слабые землетрясения, очаги которых расположены в самых верхних горизонтах земной коры, могут существенно нарушить сейсмическую безопасность жизнедеятельности, а также быть опасными для промышленных и жилых построек,

С учетом сказанного можно сделать вывод, что для обеспечения сейсмической безопасности техногенно-нагруженных территорий необходим постоянный контроль состояния геологической среды и процессов, протекающих в ее недрах как отражающих природную сейсмическую активность, так и возникающих в результате деятельности человека. Для оптимального и эффективного обеспечения сейсмической безопасности промышленно развитых территорий, изобилующих объектами повышенного экологического риска необходимо, как показывает опыт. Регистрировать сейсмические события, начиная со 2-го энергетического класса. Это необходимо, во первых, для контроля стабильности геологической среды, во вторых, снижения интенсивности сейсмического воздействия на недра при проведении промышленных взрывов путем оптимальной методики проведения взрывных работ, разработанной на основе комплексного анализа методики проведения короткозамедленных взрывов и сейсмических эффектов, возникающих при этом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ в рамках научного проекта № 20-55-00010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О. Современные движения земной коры осадочных бассейнов // М.: Наука. 183с
2. Никонов А.А. Человек воздействует на земную кору // М.: Знание, 1980. 48 с.
3. Адушкин А.В., С.Б. Тутунтаев Техногенные процессы в земной коре (опасности и катастрофы) // М. ИНЭК 2005. 252 с.

4. Адушкин А.В., Г.Г. Кочерян, И.А. Санина О вкладе взрывных работ в развитие сейсмодеформационных процессов в регионе// ДАН. 2011, т. 441, №1, С. 92-94.
5. Николаев А.В. Проблемы наведенной сейсмичности// Сб. Наведенная сейсмичность // М.: Наука. 1994, С. 5-15.
6. Николаев А.В., М.Г.Савин Сейсмическая безопасность новые горизонты// Вестник ДВО РАН, 2014, №4, С. 87-95.
7. Адушкин, В.В. Геомеханика крупномасштабных взрывов [Текст]: [монография] / В.В.Адушкин, А.А.Спивак // -М.:Недра, 1993. –319 с.
8. Рогожин Е.А., Семенов А.Е., Надежка Л.И. Некоторые черты сейсмического режима территории Воронежского кристаллического массива// Вестник Национального ядерного центра Республики Казахстан. 2020. № 3. С. 150-155.
9. Семёнов, А.Е. Характер и интенсивность сейсмических воздействий горнопромышленных комплексов на литосферу Воронежского кристаллического массива [Текст] / А.Е. Семёнов, Л.И. Надёжка, И.Н. Сафронич, И.Т. Ежова // Структура, вещественный состав, свойства, современная геодинамика и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов Материалы XXII Всероссийской с международным участием научно-практической Щукинской конференции (22–25 сентября 2020 г). – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2020.– С. 317-321.
10. Надежка, Л.И. Некоторые особенности сейсмического эффекта, создаваемого промышленными взрывами [Текст] / Л.И. Надежка, С.П. Пивоваров, И.Н. Сафронич, М.А. Ефременко, Р.С. Пивоваров // Сб. Воронежского государственного университета, сер. «Геология». – Воронеж: ВГУ, 2009.-№2.- С.155-160.
11. Надежка, Л.И. Сейсмологический мониторинг как основа сейсмической безопасности платформенных территорий (на примере Воронежского кристаллического массива)/ Л.И. Надежка, А.Е. Семенов, В.И. Дубянский, И.Н. Сафронич, С.П. Пивоваров// Материалы третьей Международной научно-практической конференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы».– Воронеж, 2013 г.– С. 169-172.
12. Надежка Л.И. Наведенная сейсмичность - миф или реальность в условиях Воронежского кристаллического массива [Текст] / Л.И. Надежка, А.Е. Семенов, И.Н. Сафронич // В книге: Триггерные эффекты в геосистемах. Тезисы докладов IV-й Всероссийской конференции с международным участием. 2017. / [под редакцией академика РАН В. В. Адушкина и профессора Г. Г. Кочаряна]. - Москва : ГЕОС, 2017. - С. 66-67.

SEISMIC MONITORING IN SOLVING THE PROBLEMS OF SEISMIC SAFETY OF TECHNOGENICALLY LOADED TERRITORIES

^{1,2}*Nadezhka Ludmila Ivanovna, nadezhka_ssm@geophys.vsu.ru,*

^{2,1}*Semenov Aleksandr Evgenevich, Alexander.semenow@gmail.com*

^{1,2}*Safronich Igor Nikolaevich, igor@geophys.vsu.ru*

²*Ezhova Irina Trofimovna, iritroe@mail.ru*

²*Zolototrubova Elionora Ivanovna, nadezhka@geophys.vsu.ru,*

²*Sizask Ilia Alekseevich, sizaskia@gmail.ru*

¹-Voronezh State University;

²-Geophysical Survey of Russia Academy of Sciences, Voronezh, Russia

Abstract. The article deals with some issues of seismic safety of technogenically loaded territories. On the example of the territory of the Central Black Earth Economic Region, it is shown that seismological monitoring is an effective way to assess the nature of seismic processes occurring in the earth's crust, both natural and caused by human activity. It is concluded that under conditions of significant anthropogenic load on the earth's crust, it is necessary to record seismic events starting from the 2nd energy class.

Keywords: seismic safety, seismic monitoring, local earthquakes, industrial explosions, seismic effects.

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗОТОПОВ CU, ZN И PБ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В КРУПНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ГОРОДЕ (ЕКАТЕРИНБУРГ, РОССИЯ)

Окунева Т.Г., Селезнев А.А., Киселева Д.В., Карпова С.В.

okunevatatjana@mail.ru

*Институт геологии и геохимии им. ак. А.Н. Заварицкого УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия*

Аннотация. Цель работы заключалась в выявлении источников городского загрязнения с использованием изотопных отношений меди, цинка и свинца. Исследование проводилось на примере крупного промышленного города Екатеринбурга, Россия. Были проанализированы пробы современных городских поверхностных отложений (иными словами городской грязи), отобранные в многоэтажных жилых районах города. Образцы были отобраны по нерегулярной сети в полевые сезоны 2007 - 2010 гг. Разложение образцов проводилось путем последовательного растворения в смеси кислот (HF, HNO₃, HCl). Измерения изотопных отношений Cu, Zn и Pb выполнено на MC ICP-MS NeptunePlus (ThermoFischer, Германия). Для контроля аналитической процедуры и точности измерений изотопных отношения использовались стандартные образцы андезита USGS AGV-2 и базальта USGS BHVO-2. На основании полученных данных сделаны следующие выводы. Доминирующими загрязнителями в городе Екатеринбурге являются источники, связанные с автомобильной инфраструктурой. В южной и западной части города преобладают выбросы от автомобильного транспорта. В северной части города преобладающее загрязнение может быть связано с дорожной пылью. Дорожные знаки, парковочные барьеры – основные источники Zn и Cu восточной части города.

Ключевые слова: изотопные отношения свинца, меди, цинка; ионообменная хроматография; MC ICP-MS; загрязнение окружающей среды

Введение

Загрязнение окружающей среды является одной из самых серьезных проблем, влияющих на здоровье населения. Одна из важнейших задач – изучение распределения источников загрязнения. В последние десятилетия отношения радиогенных (свинец) и стабильных (медь и цинк) изотопных отношений исследовались с целью выявления их потенциала для улучшения понимания миграции загрязнения в окружающей среде. Медь, свинец и цинк представляют собой исключительный интерес, поскольку они являются неотъемлемыми компонентами различных искусственных материалов и технологических устройств; их геохимические циклы в значительной степени изменены антропогенно [11]. Изотопы цинка могут являться инструментом для определения металла, выбрасываемого во время высокотемпературных процессов, таких как горение или плавление, и низкотемпературных процессов (т. е. истирание от шин и тормозов или электрохимическое рафинирование) [7, 8, 10, 13]. Из-за высокого фракционирования в биогеохимических и окислительно-восстановительных процессах изотопы меди можно использовать для изучения путей распространения металла в почвах, воде и живых организмах [1,2]. Фракционирование изотопов свинца (²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb, ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb) не происходит во время процессов эмиссии, переноса и осаждения, что позволяет их применять в качестве маркеров антропогенных источников [4]. Совместное использование мультиизотопных систем Pb, Cu и Zn может позволяет определить вклад различных источников в загрязнение атмосферы и литосферы городов и выявить пути миграции [10, 11].

Целью данной работы являлось выявление источников загрязнения городской среды на основе изотопных отношения меди, цинка и свинца. Исследование проводилось на примере крупного промышленного города Екатеринбурга, Россия.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбрана поверхностная фация современных антропогенных отложений на территории города – отложения пониженных участков микрорельефа. Этот компонент окружающей среды представляет самую верхнюю часть современных отложений городских территорий, осадок верхней части геологического разреза на территории города (иными словами, городская грязь). Он отражает современные геохимические условия территории и их изменение в течение времени существования городского ландшафта. Осадочный материал представлен частицами почвы, материалом, переносимым из различных зон городского ландшафта, таких как крыши, тротуар, дороги. Образцы современных отложений были отобраны по нерегулярной сети в г. Екатеринбурге в полевые сезоны 2007-2010 гг. [9].

Химическая подготовка образцов (разложение и хроматографическое выделение) проведены в блоке чистых помещениях (class 1000, ИСО 6) и ламинарных боксах (класс 100, ИСО 5) в центре коллективного пользования «Геоаналитик» в Институте геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Россия. Все реагенты и вода дважды очищены при температуре ниже температуры кипения в аппаратах фирмы Savillex (США). Вся посуда, контактирующая с реагентами и образцами, изготовлена из PFA (Savillex, USA) или PTFE (Nalgene, USA).

Стадия разложения проб включает последовательное растворение в смеси кислот HF:HNO₃=1:3; HCl:HNO₃=3:1; HCl. Измерение концентраций Cu, Zn и Pb проведены на квадрупольном ИСП-масс-спектрометре NexION 300S (PerkinElmer).

Для хроматографического выделения чистых фракций свинца, меди и цинка использовалась ионообменная смола AG MP-1 (Bio-Radinc., США), загруженная в стандартные полипропиленовые колонки (Triskeminc, Франция) с параметрами слоя D=0.7 см, h= 5 см, V = 1.9 см³ [3, 5, 6]. Для получения фракций Cu, Zn и Pb применялась модифицированная схема хроматографического выделения аналитов [12]. Фракция свинца дополнительно доочищалась от матрицы в соответствии с документом «Методика измерений изотопных отношений свинца в горных породах и минералах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с использованием масс-спектрометра высокого разрешения Neptune Plus» № 88-16360-009-2014, разработанным в ИГГ УрО РАН.

Измерения изотопных отношений во фракциях свинца, меди и цинка проведены из 3%-го азотнокислого раствора на МК ИСП-МС спектрометре NeptunePlus (ThermoFisher). Определение изотопных отношений меди и цинка выполнены методом бреккетинга с использованием NIST SRM 976 (для Cu) и JMC-Lyon (Zn). Измерение изотопных отношений свинца проведено по методике Tl-нормализации для коррекции масс-дискриминации. Перед анализом в каждый образец добавлен таллий (стандартный раствор TlInorganic Ventures, USA). Обработка данных включала в себя коррекцию интерференций по отношению ²⁰²Hg/²⁰⁴Hg = 4.350370 и нормализацию по экспоненциальному закону с использованием изотопного отношения ²⁰³Tl/²⁰⁵Tl = 0.418922.

Полученные результаты приведены в δ-значениях относительно стандарта JMC-Lyon для Zn и NIST SRM 976 для Cu (формула 1 и 2).

$$\delta^{66}\text{Zn} = \left[\frac{\left(\frac{{}^{66}\text{Zn}}{{}^{64}\text{Zn}} \right)_{\text{sample}}}{\left(\frac{{}^{66}\text{Zn}}{{}^{64}\text{Zn}} \right)_{\text{JMC-Lyon}}} - 1 \right] \times 1000, \text{‰} \quad (1)$$

$$\delta^{65}\text{Cu} = \left[\frac{\left(\frac{{}^{65}\text{Cu}}{{}^{63}\text{Cu}} \right)_{\text{sample}}}{\left(\frac{{}^{65}\text{Cu}}{{}^{63}\text{Cu}} \right)_{\text{NIST-976}}} - 1 \right] \times 1000, \text{‰} \quad (2)$$

Для оценки правильности и долговременной воспроизводимости измерительной процедуры использован стандарт изотопного состава меди NIST SRM 976, цинка JMC-Lyon и свинца NIST SRM-981. Для контроля всей аналитической процедуры (разложение образца, хроматографическое выделение и изотопные измерения) и оценки правильности изотопных отношений применялись стандартные образцы горных пород USGS AGV-2 и BHVO-2.

Результаты и обсуждения

Проанализированные пробы отложений были отобраны в восточной, западной, северной, северо-восточной, центральной и южной частях города. Возможными источниками загрязнения окружающей среды города могут являться предприятия машиностроения, металлообработки, металлургии, электроэнергетики, химии и нефтехимии, а также автомобильный и железнодорожный транспорт.

Совместное использование отношений свинца $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ и $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ применялось для выявления источников загрязнения от промышленных зон и автомобильных дорог. Полученные значения, находятся в диапазоне от 1.13 до 1.18, для $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ и от 2.06 до 2.17 для $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, что может свидетельствовать о преимущественном вкладе автомобильного трафика [10]. Изотопные отношения цинка, измеренные в пробах отложений, имеют достаточно широкий диапазон значений от -1.00 ‰ до 0.49 ‰. Ранее в работах [13] было обнаружено фракционирование изотопов цинка во время высокотемпературных процессов. Предполагают, что изотопное отношение цинка позволяет разделить антропогенные источники, связанные с выбросом выхлопных газов от дорожной пыли и частиц износа автомобилей, поступающих из шин и тормозов. Изотопные отношения цинка в пробах отложений в г. Екатеринбурге, отобранные в жилом квартале недалеко от железнодорожных путей имеют значения $\delta^{66}\text{Zn} =$ от -1.0 ‰ до -0.6 ‰; около Железнодорожного вокзала $\delta^{66}\text{Zn} = -0.29$ ‰; рядом с автомобильными дорогами $\delta^{66}\text{Zn} =$ от -0.5 ‰ до -0.3 ‰ (ул. Победы, ул. Челюскинцев, ул. Белинского, объездной дороги). Авторы [10, 11], связывают изотопически легкий цинк с выбросами от выхлопных газов и промышленности, что согласуется с данными, полученными в нашем исследовании. Остальные значения находятся в диапазоне от -0.3 ‰ до 0.5 ‰, можно предположить о вкладе в общее загрязнение от знаков дорожного движения, бордюров, покрытий автомобильных дорог, частиц износа автомобилей. Для дифференциации источников загрязнения от цемента, дорожной пыли, выбросов от автомобильного транспорта и объектов дорожного обустройства была применена мульти-изотопная диаграмма $\delta^{65}\text{Cu}$ vs $\delta^{66}\text{Zn}$ (рис 1.).

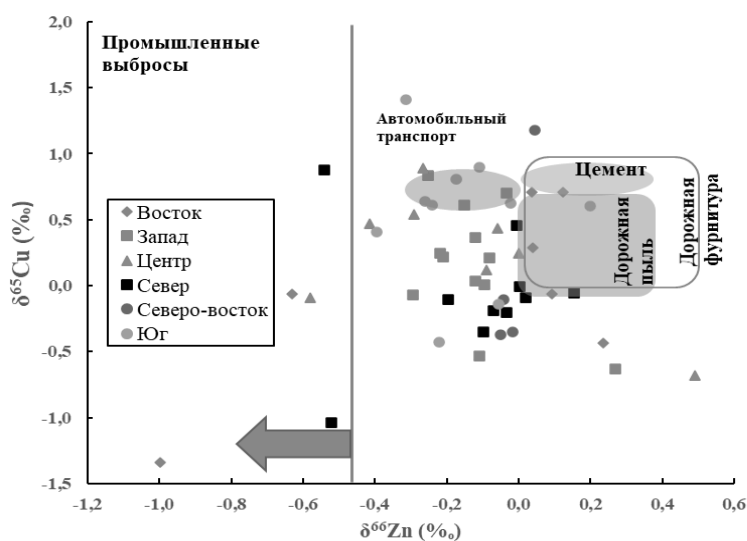


Рисунок 1 – Мульти-изотопная диаграмма ($\delta^{66}\text{Zn}$ от $\delta^{65}\text{Cu}$) для проб отложений локальных понижений микрорельефа.

Можно сделать следующие предварительные выводы. Доминирующими загрязнителями в городе Екатеринбург являются источники, связанные с автомобильной инфраструктурой. В южной и западной части города преобладают выбросы от автомобильного транспорта. В северной части города основное загрязнение может быть связано именно с дорожной пылью. Дорожные знаки, барьеры, парковочные барьеры вносят основной вклад в загрязнения восточной части города. Для уточнения и количественного определения вклада различных источников антропогенных загрязнений необходимо провести дополнительный анализ изотопных отношений в техногенных частицах. А также отбор проб в непосредственной близости от заводов, на автомагистралях и рядом с железнодорожными путями

Вывод

Использование методов изотопной геохимии значительно расширило возможности изучения перераспределения и накопления загрязняющих веществ в городской среде. Анализ изотопного состава Pb, Zn и Cu позволяет определить больше источников загрязнения в городской среде и провести их дискриминацию.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания ИГГ УрО РАН (тема № АААА-А18-118053090045-8) с использованием оборудования ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН. Работа Селезнева А.А. оплачена из гранта РФФИ (проект № 19-35-60011). Дооснащение и комплексное развитие ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН осуществляется при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № 075-15-2021-680.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bermin, J. The determination of the isotopic composition of Cu and Zn in seawater/ Bermin, J., Vance, D., Archer, C., Statham, P.J. // *Chemical Geology*. – 2006. – N 226. – P. 280–297.
2. Bigalke, M. Stable Cu isotope fractionation in soils during oxic weathering and podzolization / Bigalke, M., Weyer, S., Wilcke, W. // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. -2011. – N 75. – P. 3119 – 3134.
3. Borrok D. Separation of copper, iron, and zinc from complex aqueous solutions for isotopic measurement/ Borrok D., Wanty R.B., Ridley W.I., Wolf R., Lamothe P.J., Adams M. // *Chemical Geology*. - 2007. - N. 242. - P. 400-414.
4. Komárek, M. Lead isotopes in environmental sciences: a review./Komárek, M., Ettler, V., Chrastný, V., Mihaljevic, M. // *Environment International*.-2008.-N 34. - P. 562–577.
5. Maréchal C. Precise analysis of copper and zinc isotopic compositions by plasma-source mass spectrometry /Maréchal C., Telouk P., Albaréde F. // *Chemical Geology*. - 1999. -N. 156.- P. 251–273.
6. Maréchal C. Ion-exchange fractionation of copper and zinc isotopes/Maréchal C., Albaréde F. // *Geochimica et Cosmochimica Acta*.- 2002. - N.66.- P. 1499–1509.
7. Mattielli, N. Zn isotope study of atmospheric emissions and dry depositions with-in a 5 km radius of a Pb–Zn refinery/Mattielli, N., Petit, J.C.J., Deboudt, K., Flament, P., Perdrix, E., Taillez, A., Rimetz-Planchon, J., Weis, D.//*Atmospheric Environment*. – 2009. – N. 43.- P.1265–1272.
8. Ochoa, G.R. Zinc isotope variability in three coal-fired power plants: a predictive model for determining isotopic fractionation during combustion/Ochoa, G.R., Weiss, D.// *Environmental Science and Technology*. – 2016. – N. 49. – P. 12560–12567.
9. Seleznev, A.A. Study of urban puddle sediments for understanding heavy metal pollution in an urban environment / Seleznev, A.A., Yarmoshenko, I.V. // *Environmental Technology & Innovation*. – 2014. – P. 1–2, 1–7.

10. Souto-Oliveira, C.E. Multi-isotopic fingerprints (Pb, Zn, Cu) applied for urban aerosol source apportionment and discrimination/Souto-Oliveira, C.E., Babinski, M., Araújo D.F., Andrade, M.F.// *Science of The Total Environment*.–2018.–N.626.- P.- 1350-1366.
11. Souto-Oliveira, C.E. Multi-isotope approach of Pb, Cu and Zn in urban aerosols and anthropogenic sources improves tracing of the atmospheric pollutant sources in megacities / Souto-Oliveira, C.E., Babinski, M., Araújo, D.F., Weiss, D.J, Ruiza, I.R. // *Atmospheric Environment*. – 2019. – N. 198.- P. 427-437.
12. Streletskaya M. Copper MC-ICP-MS isotopic analysis after chromatographic purification using Cu-spec and AG-MP resins / Streletskaya M., Kiseleva D., Votyakov S. // *Abstracts of the final workshop of the ITN IsoNose*. Soreze, France. - 2018. - P. 44.
13. Yin, N.H. Application of Zn isotopes in environmental impact assessment of Zn-Pb metallurgical industries: a mini review / Yin, N.H., Sivry, Y., Benedetti, M.F., Lens, P.N.L., Van Hullebusch, E.D. // *Applied Geochemistry*. - 2015. – N. 64. – P. 128–135

APPLICATION OF Pb, Cu AND Zn ISOTOPES IN DISCRIMINATION OF POLLUTION SOURCES IN LARGE INDUSTRIAL CITY (EKATERINBURG, RUSSIA)

Okuneva T.G., Seleznev A.A., Kiseleva D.V., Karpova S.V.

The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The aim of this work was to identify the sources of pollution in the city using the isotopic ratios of copper, zinc and lead. The study was conducted on the example of a large industrial city of Ekaterinburg, Russia. Were analyzed samples of urban surface sediments taken in multi-storey residential buildings of the city. The samples were taken across an irregular grid during the 2007–2009 field seasons. Sample preparation was carried out by sequential dissolution in mixtures of acids (HF, HNO₃, and HCl). The measurements of isotopic ratios of Cu, Zn and Pb were performed on MC ICP-MS Neptune Plus (Thermo Fischer, Germany). USGS standard samples of AGV-2 andesite and BHVO-2 basalt were used to control the entire analytical procedure and the accuracy of the isotope ratio measurement. Based on the data obtained, preliminary conclusions can be drawn. The main pollutants in Ekaterinburg are the sources associated with the motor vehicle infrastructure. Automobile transport prevails in the southern and western parts of the city. In the northern part of the city, pollution can be attributed to road dust. Road paint and furniture are the sources of pollution in the eastern part of the city.

Keywords: Pb, Cu, Zn isotopes; ion exchange chromatography; MC ICP-MS, environmental pollution

УДК 502.175

ИЗОТОПНЫЕ ОТНОШЕНИЯ СВИНЦА В СОВРЕМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ НАНОСАХ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ ГОРОДОВ

*А.А. Селезнев (sandrian@rambler.ru)¹, И.В. Ярмошенко², Г.П. Малиновский²,
М.В. Стрелецкая¹,*

Червяковская М.В.¹, Реутова Н.А.³

¹ *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохимии им. академика А. Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург*

² *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург*

³ *Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург*

Аннотация. Проведен анализ отношений стабильных изотопов Pb в современных антропогенных отложениях для городов: Тюмень, Челябинск, Нижний Тагил, Уфа, Магнитогорск. Отношения являются информативным индикатором загрязнения среды. Значительная вариабельность изотопных отношений Pb обнаружена в старых промышленных регионах.

Ключевые слова: изотопные отношения свинца, современные поверхностные наносы, загрязнение, металлы, этилированный бензин, геохимический фон

Введение

Отношения изотопов Pb широко используются в качестве трассера процессов миграции загрязнения в окружающей среде [1, 2]. Стабильные изотопы Pb являются продуктами радиоактивного распада U-238, U-235, Th-232. Изотопный состав Pb зависит от возраста коренных пород и радиоактивного распада U и Th. Процессы физико-химического фракционирования не влияют на изотопный состав пород и продуктов их переработки, поэтому изотопный состав Pb в компонентах окружающей среды соответствует составу месторождений, в которых Pb добыт [3, 4].

Различные виды современных антропогенных отложений на урбанизированных территориях (дорожная пыль, отложения ливневой канализации, донные отложения водоемов) представляют собой смесь материала коренных пород, почв, продуктов абразии дорожного полотна, техногенных включений. Изотопный состав Pb у этих компонентов окружающей среды широко варьируебен [5]. В этих компонентах окружающей среды изотопные часто отношения используются для определения источников загрязнения городских территорий. Целью настоящего исследования было применение изотопных отношений Pb для геоэкологического районирования городов.

Материалы и методы

В качестве объекта геоэкологического опробования выбрана поверхностная фация современных антропогенных отложений на территории города – поверхностные наносы, депонирующиеся в локальных понижениях микрорельефа (иными словами, поверхностный грязевой осадок). Этот компонент окружающей среды представляет самую верхнюю часть геологического разреза городских территорий. Отложения участвуют в долгосрочных процессах миграции и накопления загрязнения, являются одним из геохимических барьеров урбанизированной среды. Наносы образуются в результате современных природно-антропогенных процессов: разрушения материала строительных конструкций, дорожного покрытия и тротуаров в результате промерзания и оттаивания в присутствии влаги, эрозии почв и грунтов, выпадений пыли из атмосферы, земляных работ, разрушения покрытий автомобилями. Накопление отложений возрастает при нарушении благоустройства города. Их вещественный состав представлен частицами почвы, песка, торфа, пыли и мусора. Формирование наносов происходит в пределах территорий кварталов разных лет постройки. Мощность отложений варьируется в пределах территории квартала и составляет в среднем 5 см. Отложения являются временным объектом и могут существовать от нескольких месяцев до нескольких десятилетий. Содержание поллютантов в отложениях характеризует загрязнение территории, с которой происходит накопление осадка.

Пробы современных поверхностных наносов отбирались на территориях районов с многоэтажной жилой застройкой в городах, находящихся в разных природных и экономических зонах России, а также на территориях различающихся геологическим строением: Тюмень, Челябинск, Магнитогорск, Нижний Тагил и Уфа. В каждом городе по нерегулярной сети отобрано не менее 40 проб современных наносов из локальных понижений микрорельефа. Пробная площадка представляла внутривдворовую территорию квартала. Одна проба являлась сборной пробой отложений из понижений микрорельефа по 3-5 локализациям на территории квартала. Масса пробы – 1-1,5 кг. При проведении обследования для каждой пробы заполнялась анкета, содержащая информацию об условиях образования отложений, их мощности, примерной площади квартала, доле озелененных

участков, тротуаров, парковок на территории квартала, качестве уборки, проведении мероприятий по планировке территории и строительных работ, примерном времени застройки территории.

В отобранных пробах определялись концентрации элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой [6]. Изотопный анализ проб проводился в условиях чистой комнаты класса 1000 на масс-спектрометре NeptunePlus в центре коллективного пользования Геоаналитик ИГГ УрО РАН [7]. Полученные выборки проб из городов были разделены согласно методу оценки геохимического фона для урбанизированных территорий [8] на «загрязненные» и «чистые» группы по содержанию Pb.

Результаты и обсуждение

В обследованных городах было отобрано 228 проб. В пробах наносов определен элементный состав и изотопные отношения свинца: Pb-206/Pb-204, Pb-207/Pb-204, Pb-208/Pb-204. На рис. 1 показан пример распространения современных поверхностных наносов, которые исследовались в настоящей работе, на вунтридворовой территории в г. Уфе.



Рисунок 1 – Пример распространения современных поверхностных наносов на вунтридворовой территории в г. Уфе.

На рис. 2 представлены средние концентрации свинца в подгруппах «загрязненных» и «чистых» проб по содержанию Pb.

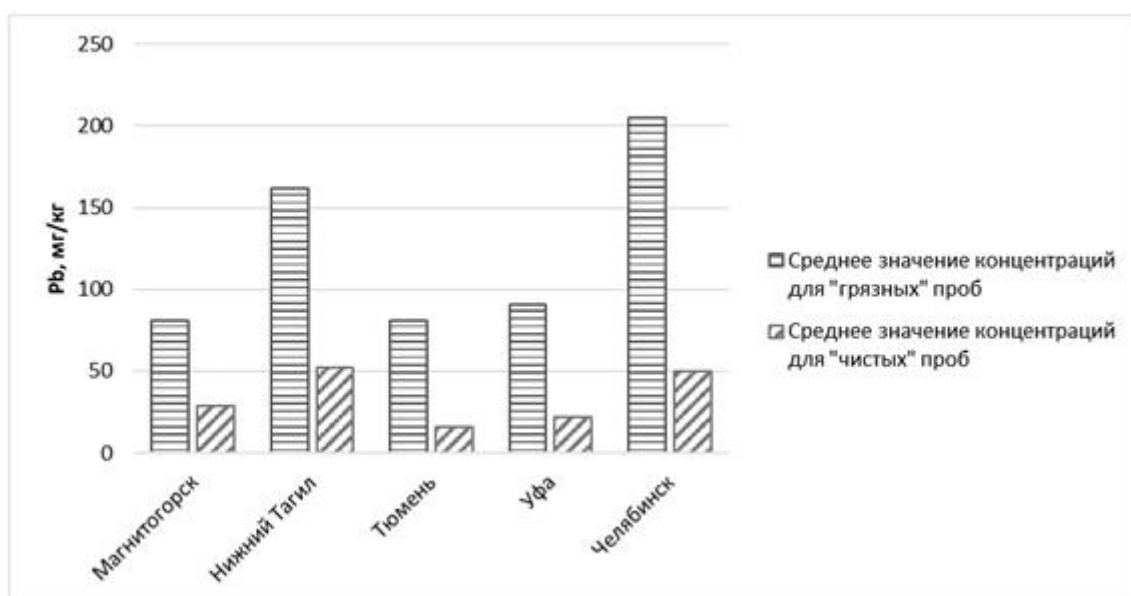


Рисунок 2 – Представлены средние концентрации свинца в подгруппах «загрязненных» и «чистых» проб по содержанию Рb.

На рис. 3 показаны трехизотопные диаграммы Рb-206/Рb-204/Рb-208 отношений для городов Тюмень, Магнитогорск и Уфа и Челябинск и Нижний Тагил. Более однородные выборки изотопных отношений Рb-206/Рb-204/Рb-208 в наносах в городах Тюмень, Магнитогорск и Уфа могут говорить об отсутствии дополнительных источников свинца, кроме автотранспорта. Комплексный характер загрязнения (металлургические производства черной и цветной металлургии) в Челябинске и Нижнем Тагиле, в том числе историческое загрязнение с XVIII века в Нижнем Тагиле, являются дополнительными значимыми источниками свинца в этих городах.

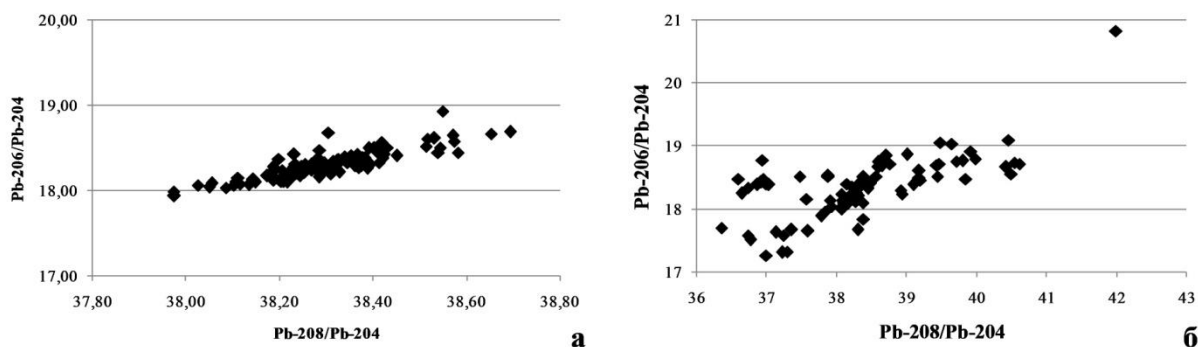


Рисунок 3 – Трехизотопные диаграммы Рb-206/Рb-204/Рb-208 отношений для городов Тюмень, Магнитогорск и Уфа (а) и Челябинск и Нижний Тагил (б).

В табл.1 показаны средние арифметические изотопные отношения Рb-206/Рb-204 в группах «загрязненных» и «чистых» проб в городах.

Таблица 1 – Отношения Рb-206/Рb-204 в группах «загрязненных» и «чистых» проб в городах

Город	Среднее арифметическое Рb-206/Рb-204	
	«Загрязненные» пробы	«Чистые» пробы
Магнитогорск	18,18	18,35
Нижний Тагил	18,02	18,51
Тюмень	18,07	18,25
Уфа	18,21	18,4
Челябинск	18,15	18,23

Более высокие концентрации Рb в наносах зарегистрированы в «загрязненных» пробах и соответствовали более старой жилой застройке (середина XX века). Более новые жилые районы оказались менее загрязнены Рb и имеют значительно отличающиеся изотопные отношения. Разница между изотопными отношениями обусловлена загрязнением проб Рb, которое характеризуется изотопными отношениями Рb-206/Рb-204 и Рb-208/Рb-204, типичными для руд Северного Казахстана и Южной Сибири [9].

Выводы

Современные наносы на урбанизированных территориях являются геоиндикаторным компонентом окружающей среды. Анализ изотопных отношений свинца в современных

наносах позволяет выявлять геоэкологические зоны, в которых загрязнение имеет комплексный характер. В современных отложениях и грунтах в городах свинец из этилированного бензина находится до сих пор. Загрязнение Pb современных наносов связано с выбросами автотранспорта в период до запрета этилированного бензина.

Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-35-60011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. He B., Zhao X., Li P., Liang J., Fan Q., Ma X., Zheng G., Qiu J. Lead isotopic fingerprinting as a tracer to identify the pollution sources of heavy metals in the southeastern zone of Baiyin, China // *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 660. P. 348–357.
2. Cheng H., Hu Y. Lead (Pb) isotopic fingerprinting and its applications in lead pollution studies in China: A review // *Environmental Pollution*. 2010. Vol. 158. P. 1134–1146.
3. Walraven N., Van Os B. J. H., Klaver G. Th., Middelburg J. J., Davies G. R. Reconstruction of historical atmospheric Pb using Dutch urban lake sediments: A Pb isotope study // *Science of the Total Environment*. 2014. Vol. 484. P. 185–195.
4. Bird G. Provenancing anthropogenic Pb within the fluvial environment: Developments and challenges in the use of Pb isotopes // *Environment International*. 2011. Vol. 37. P. 802–819.
5. Komárek M., Ettler V., Chrastný V., Mihaljevič M. Lead isotopes in environmental sciences: A review // *Environment International*. 2008. Vol. 34. P. 562–577.
6. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. Центр исследования и контроля воды. Спб, 2003. 58 с.
7. Методика измерений изотопных отношений свинца в горных породах и минералах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с использованием масс-спектрометра высокого разрешения NeptunePlus. Методика измерений № 88-16360-009-2014. Екатеринбург, 2014.
8. Seleznev A. A., Yarmoshenko I. V., Sergeev A. P. Method for reconstructing the initial baseline relationship between potentially harmful element and conservative element concentrations in urban puddle sediment // *Geoderma*. 2018. Vol. 326. P. 1–8.
9. Mukai H., Machida T., Tanaka A., Yelpatievskiy P., Mitsuo U. Lead isotope ratios in the urban air of eastern and central Russia // *Atmospheric Environment*. 2001. Vol. 35. P. 2783–2793.

PB ISOTOPE RATIOS IN URBAN SURFACE DEPOSITED SEDIMENTS AS INDICATOR OF GEOECOLOGICAL ZONING OF THE URBAN AREAS

Seleznev A.A.¹, Yarmoshenko I.V.², Malinovsky G.P.², Streletskaya M.V.¹, Chervyakovskaya M.V.¹, Reutova N.A.³

¹ *The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 15 Akademika Vonsovskogo Str., 620016, Ekaterinburg, Russia;*

² *Institute of Industrial Ecology UB RAS, 620990, 20, S. Kovalevskoy Str., Ekaterinburg, Russia;*

³ *Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 19, Mira Str., Ekaterinburg, 620002, Russia*

Abstract. An analysis of stable Pb isotope ratios in contemporary anthropogenic sediments was carried out for the cities of Tyumen, Chelyabinsk, Nizhny Tagil, Ufa, Magnitogorsk. The ratios are an informative indicator of environmental pollution. Significant variability of Pb isotope ratios is found in old industrial regions.

Key words: lead isotope ratios, modern surface sediments, pollution, metals, leaded gasoline, geochemical background

УДК 55, 504,574

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

К.Ю. Силкин^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

²ФИЦ «Единая геофизическая служба» РАН, Обнинск, Россия

Аннотация. Крупные промышленные взрывы, проводимые на такой густонаселённой территории как Центрально-Чернозёмный регион России, вызывают обеспокоенность возможными неблагоприятными последствиями, как для промышленной инфраструктуры, так и для жизнедеятельности проживающего населения. Выбор времени производства промышленных взрывов производится на горнодобывающих предприятиях без учета работ в других карьерах региона. Поэтому не редкими являются случаи, когда на территории ЦЧР воздействия от двух и более взрывов могут накладываться друг на друга, когда возникает максимальная трансформация сейсмического поля. В связи с тем, что зафиксировать инструментально с достаточной детальностью такую ситуацию очень трудоёмко, было проведено её пространственное моделирование. Использовались данные по записям отдельных взрывов в Железногорском, Стойленском и Павловском карьерах, где используется наибольшее количество взрывчатых веществ для производства одного взрыва. Для оценки воздействия в пункте наблюдения было использовано отношение максимальной спектральной амплитуды записи взрыва к минимальному значению амплитуды микросейсмического фона за 2 часа перед взрывом в выбранных диапазонах частот. Показано, что, несмотря на различие в мощности взрывов в разных карьерах, на расстояниях от 100 км их воздействия соразмерны. В результате моделирования с использованием реальных данных очерчена зона, в пределах которой суммарный эффект от трёх одновременно произошедших взрывов может быть максимальным и дана оценка величины этого эффекта.

Ключевые слова: сейсмическая регистрация, промышленные взрывы, трансформация сейсмического поля, отношение сигнал/шум, пространственное моделирование.

Введение

Центрально-Чернозёмный регион (ЦЧР) относится к числу территорий с самой высокой интенсивностью сейсмической энергии, выделяемой при производстве промышленных взрывов в карьерах, уступая только Уралу. При этом плотность населения в ЦЧР вдвое выше, чем на Урале. В таких крупных карьерах как «Михайловский» (Железногорский), «Лебединский» и «Стойленский» добывают железную руду, «Шкурлат» (Павловский) и «Тихий Дон» – гранитный щебень. Масса одновременно взрываемого заряда в них может превышать 2 тыс. т [1].

Сейсмические воздействия от этих взрывов существенно трансформируют режим фоновых колебаний геологической среды на удалениях до нескольких сотен километров от карьеров [2], оказывая воздействия как на инфраструктуру, так и на комфортность жизнедеятельности проживающего населения. Поэтому важной задачей в свете развития нового подхода к повышению качества жизни населения, предотвращения крупномасштабных ЧС, заботы о его здоровье является оценка возможных экологических последствий, создаваемых крупными взрывами на территории ЦЧР.

С точки зрения экологической геофизики [3] трансформацию сейсмического поля можно характеризовать отношением максимальных амплитуд колебаний, созданных взрывом, к амплитудам записи фона (SNR). Такие отношения могут достигать 200-кратной величины даже на территории близлежащих крупных населённых пунктов [4]. Кроме одиночных взрывов, мы моделировали и кратные случаи.

Проблема становится более очевидной, если рассмотреть статистику взрывов, произведенных во всех названных карьерах. Взрывы производятся без какого-либо

согласования времени обработки между собой, обычно со среды по пятницу, с 9 до 11 часов (время московское) [5]. Поэтому нередко наблюдается ситуация, при которой время взрывов в разных карьерах почти совпадают, что допускает возможность наложения воздействий от этих взрывов в той или другой точке ЦЧР [5]. Подобное наложение в одних пунктах удлиняет воздействие по времени, а в других – увеличивает его по амплитуде, что является более опасным. Исключив из рассмотрения резонансное увеличение амплитуды колебаний, рассматривался только суммарный эффект.

При взрыве генерируются разные типы волн, распространяющиеся с разными скоростями по разным траекториям [6]. Это приводит к тому, что, например, в одном месте интенсивнее суммируются воздействия от поверхностных волн, а в другом – от объемных. Определяющую роль играют те волны, которые в данной точке пространства имеют максимальную амплитуду.

Методика

Для решения такой важной, но сложной задачи необходимо использовать моделирование, так как зарегистрировать и оценить суммарный эффект для разных типов волн по записям в конкретном месте практически невозможно, а тем более экспериментально изучить его для всей территории ЦЧР.

В качестве примера были взяты 3 крупных карьера из всего множества горных выработок на территории ЦЧР – Железногорский, Стойленский и Павловский. Эти карьеры охватывают всю исследуемую территорию и разделены значительными расстояниями друг от друга (рис. 1).

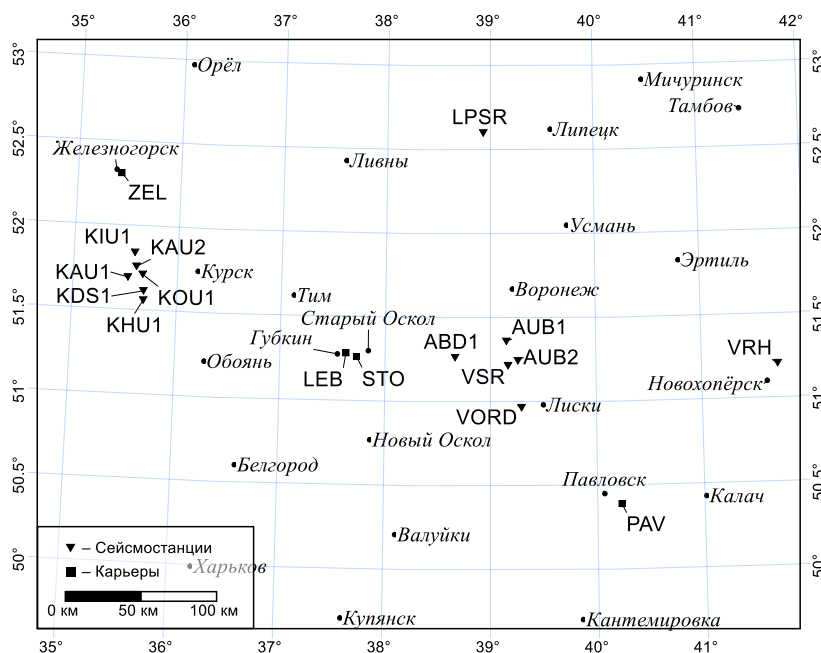


Рисунок 1 – Обзорная схема района исследований

Для исследования были привлечены данные по регистрации взрывов в выбранных карьерах двенадцатью стационарными сейсмическими станциями сети Лаборатории сейсмического мониторинга Воронежского кристаллического массива ВГУ им. проф. А.П. Таркова. Для моделирования использовались только вертикальные составляющие сейсмических записей взрывов, т.к. они менее зависимы от геологического строения [8].

Как было сказано выше, в качестве оценки сейсмического воздействия в пункте наблюдения выбрано отношение вертикальных амплитуд записи взрыва к амплитуде записи фона. Для расчета данной характеристики использовались спектральные амплитуды, полученные с помощью преобразования Фурье по записям равной длительности (2 мин) с

наложением окна Гьюки ($\alpha = 0.1$). Для исключения влияния помех на расчет фоновой амплитуды в дневное время выбирался фрагмент записи с минимальным уровнем помех в двухчасовом интервале записи до взрыва.

Полученные амплитудные спектры записи, как фона, так и взрыва сглаживались по семи значениям для снижения влияния выбросов в спектре на их отношения SNR. Из полученной зависимости SNR от частоты в выбранном диапазоне частот находилось его максимальное значение, которое в дальнейшем рассматривалось в качестве цифровой характеристики трансформации сейсмического поля от взрыва в пункте наблюдения.

В первом приближении воздействие от разных типов волн можно разделить по диапазонам частот. Преобладающими по вкладу в итоговый эффект являются диапазон частот 0.4-0.8 Гц (для поверхностных волн) и 7-18 Гц (для объемных). В редких случаях проявляются спектральные максимумы в диапазоне (2-8 Гц).

В качестве оценки суммарного воздействия можно использовать простое суммирование значений SNR, т.к. отличие амплитуд фона в этих диапазонах частот, в одном и том же пункте наблюдения и на небольшом отрезке времени суток является относительно стабильным, что не может привести к завышению суммарного сейсмического эффекта. То есть получаемая таким способом оценка является нижней границей суммарного эффекта.

В связи с тем, что число станций сети ограничено, а сейсмический эффект от короткозамедленных взрывов трудно поддается расчету. Поэтому для приближенного решения введем некоторые упрощения.

Влияние сезонных изменений фоновых колебаний, обусловленных штормовым микросейсмом, существенного влияния оказать не может, так как частотный диапазон штормового микросейсма на территории ЦЧР 0.1-0.4 Гц, не пересекается с диапазонами частот, используемыми для анализа воздействий взрывов.

В зависимости от геологических условий места установки станции и траектории распространения волн до них интенсивность колебаний в тех или иных частотных диапазонах может несколько варьировать на разных станциях [9]. Однако для целей нашего анализа эти изменения были бы не существенными. Кроме того, применённая методика моделирования ещё более сгладивала эти расхождения.

То же самое относится и к отличию в интенсивности колебаний в зависимости от того какой борт карьера отрабатывается в данный момент и с какой стороны от карьера находится сейсмостанция [10]. Кроме того, поскольку сейсмостанции располагаются с разных сторон от карьеров, то отмеченный эффект должен усредниться.

Будем считать, что отсутствует азимутальная зависимость сейсмического эффекта, то есть предполагаем идентичность сейсмических воздействий на равных удалениях. Таким образом, в основу модели был положен изотропный принцип изменения с расстоянием интенсивности сейсмического воздействия от взрыва во всех направлениях, оцениваемого по значению SNR на одной станции.

Это значит, что всем точкам окружности с центром в карьере присваивается то же значение SNR, что было измерено на станции, через которую проходит эта окружность. И так по всем станциям, что зарегистрировали превосходящий фон сигнал от взрыва. В случае близости окружностей от разных станций, их значения влияли на конечный результат одновременно, но каждая со своим весовым коэффициентом в соответствии с принципами, положенными в основу использованного метода созданий интерполяционных моделей.

Интерполяционные модели построена на сетке размером 146×140 ячеек в прямоугольной системе координат. Значения моделей дискретизированы с шагом 5 км. При создании интерполяционной модели были протестированы разные методы интерполяции и в итоге выбран дающий более логичные результаты метод степени обратного расстояния [11]. Этот метод позволяет выполнять интерполяцию для прогноза значений SNR в центре карьера – SNR_{max} . Кроме того, метод способен и на экстраполяцию в пространство за самой удалённой от карьера сейсмостанцией. Однако точность экстраполяции несколько ниже чем точность интерполяции (рис. 2).

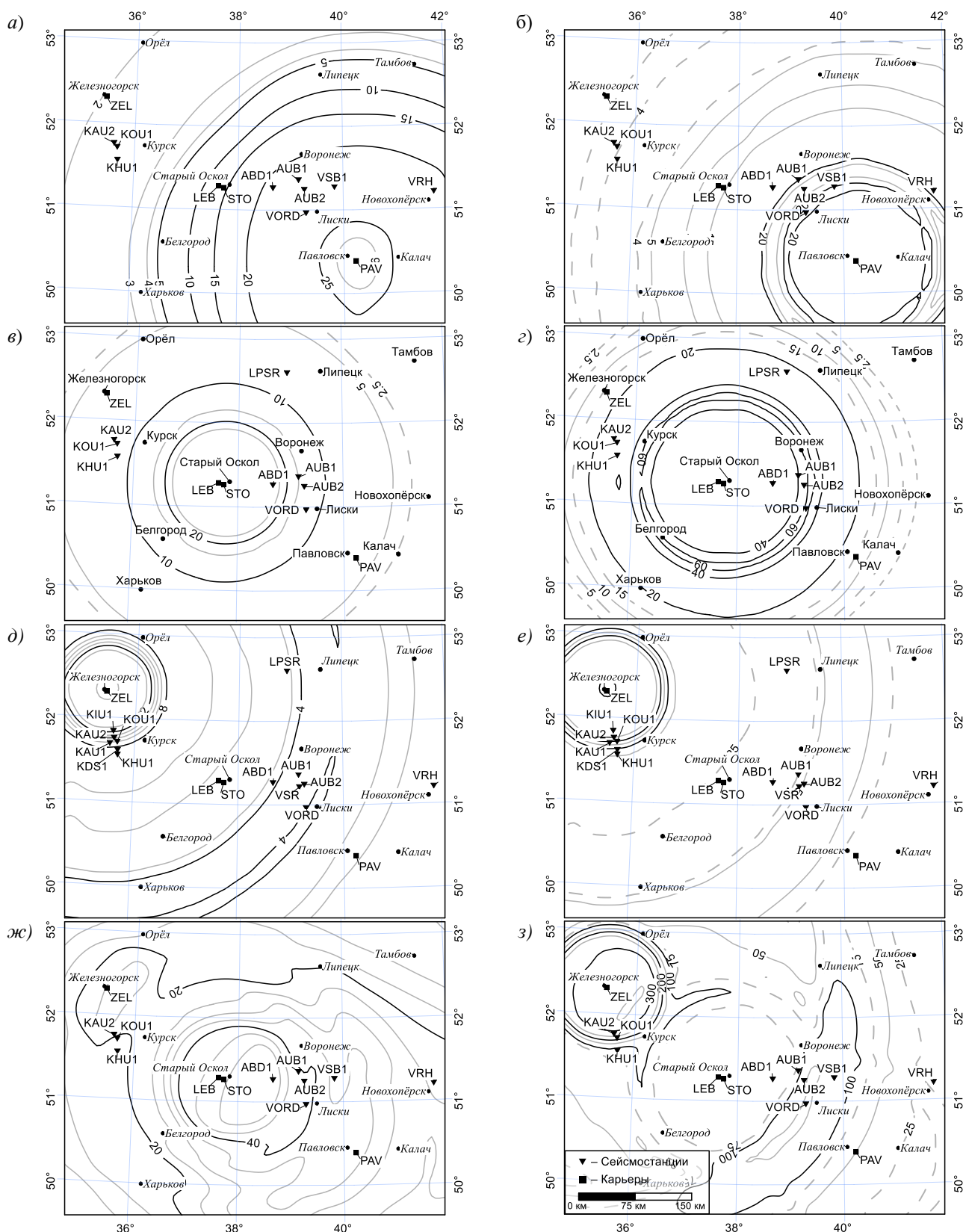


Рисунок 2 – Пространственные модели значений SNR для взрыва Павловском карьере 10 июня 2019 года (а и б), в Стойленском карьере 8 августа 2019 года (в и г) и в Железногорском карьере 24 января 2018 года (д и е). Суммарная модель по трём карьерам для всех частотных диапазонов (ж и з). Частотные интервалы: 0.4-0.8 Гц (а, в, д и ж) и 7.0-18.0 Гц (б, г, е и з). Смена стиля линий уровней указывает на изменение шага между ними. Подписи изолиний ориентированы по восставию

Такой подход позволил учесть тот факт, что на разных расстояниях от карьера преобладающий вклад могут вносить волны разной природы. Вследствие совместного влияния на результат интерполяции слегка различающихся значений SNR на каждой сейсмостанции, изолинии получили форму несколько отличающуюся от круговой.

Также производилась симуляция суммарного эффекта от трёх взрывов, произведённых как бы одновременно (с точностью до времени пробега волн от карьера до сейсмостанции). Результат получался при сложении исходных интерполяционных моделей по отдельным частотным диапазонам для каждого карьерного взрыва, участвующего в симуляции.

Суммарные пространственные модели для отдельных карьеров обобщались (по принципу максимума в каждой точке территории), учитывающие все используемые частотные диапазоны вместе (рис. 3).

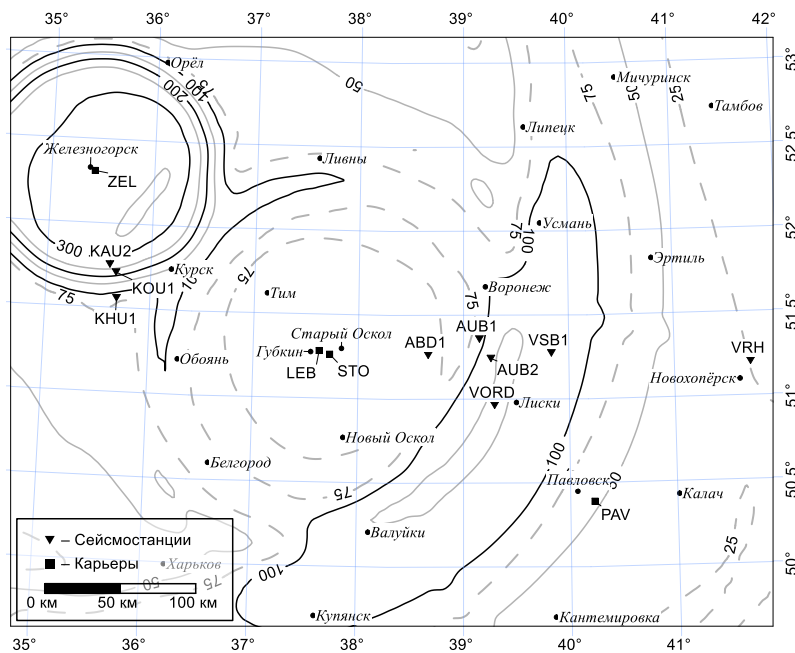


Рисунок 3 – Обобщённая модель значений SNR для суммарного эффекта от взрывов в Железногорском, Стойленском и Павловском карьере с суммированием по всем частотным диапазонам

На итоговый результат распределения в пространстве значений трансформации сейсмического поля от нескольких одновременных взрывов очевидно сильно влияет мощность отдельного взрыва. Последняя существенно варьирует как между карьерами, так и для разных взрывов в одном карьере. Поскольку эту переменную величину прогнозировать нельзя, была предпринята операция нормирования значений интерполяционных моделей по отдельным взрывам на их значения SNR_{max} . Пусть $SNR_N = \frac{SNR}{SNR_{max}}$, тогда результат показан на рис. 4.

Результаты

Пространственное моделирование функции SNR с помощью описанного приёма формирования исходных данных и использованного метода двумерной интерполяции имеет свои недостатки. В частности, спрогнозированные значения SNR_{max} очевидно должны быть выше в центре карьера. Амплитуда сейсмической волны уменьшается с расстоянием по экспоненциальному закону [12], а метод степени обратного расстояния показывает более пологое поведение функции. Следовательно, рядом с каждым карьером, где сейсмостанций рядом нет, значения SNR будут приблизительно на 20% выше. Однако этот момент детально не исследовался, так как для нас более важным является поведение изучаемой функции на удалениях от 100 км, где и возможно интенсивное суммарное воздействие нескольких

взрывов. Таким образом, прогнозируемая величина SNR_{max} должна пониматься как условное осреднённое значение для ближней зоны (радиус ~ 30 км) данного карьера.

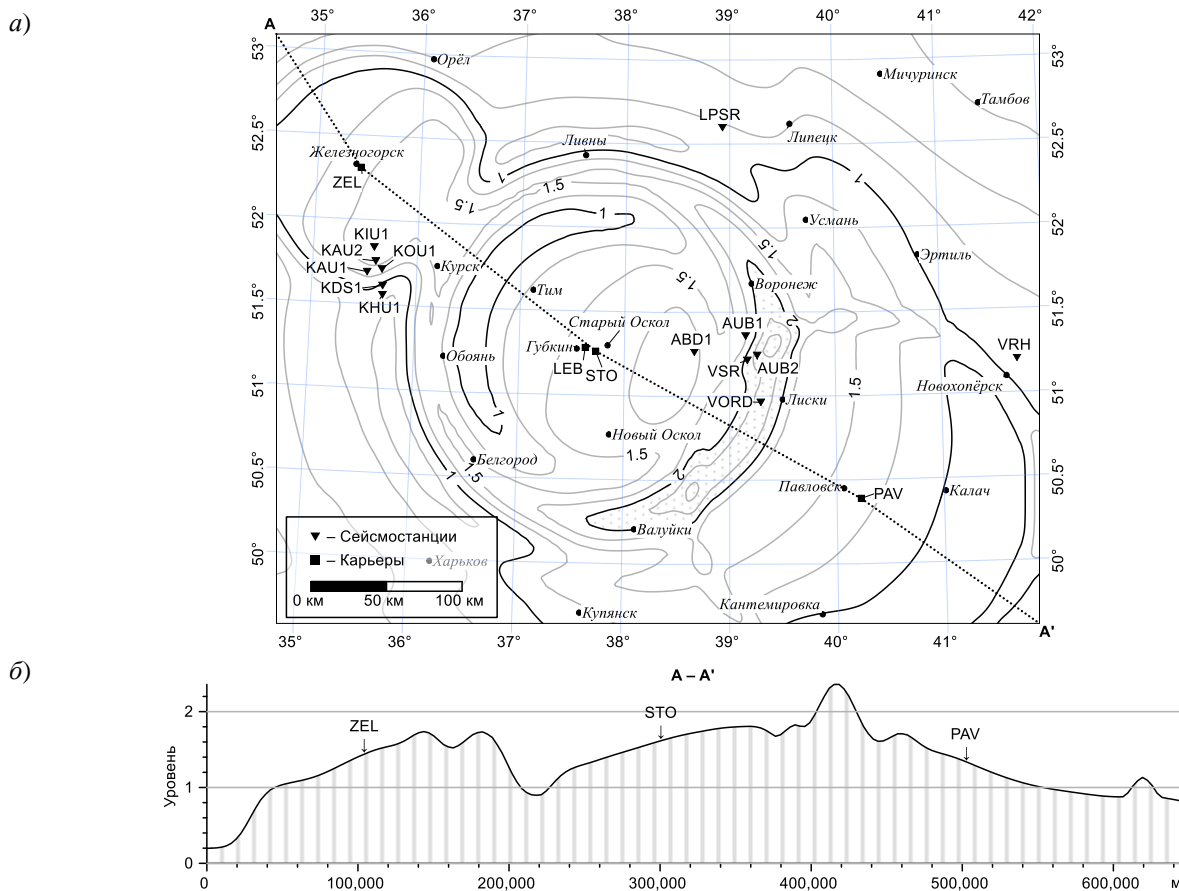


Рисунок 4 – Пространственная модель суммарного эффекта функций SNR_N от взрывов в Железногорском, Стойленском и Павловском карьере (а), и её сечение по профилю А–А' (б)

Интересное наблюдение можно сделать, если оценить как изменяется с удалением от карьера функция SNR на больших расстояниях. Причём общая картина наблюдается во всех частотных диапазонах и для всех карьеров и для разных взрывов. На расстоянии 200-300 км после сильного уменьшения амплитуда волн вновь испытывает некоторое увеличение, прежде чем приступить к окончательному затуханию. Интенсивность этой локальной аномалии оценивается в 5-10% от SNR_{max} . Причём эти особенности подтверждаются сразу несколькими сейсмостанциями. Точнее их положение и размах были бы ясны при более плотных наблюдениях. Можно предположить, что подобное поведение функции SNR связано со вступлением рефрагированной волны из верхней мантии P_n [7]. Для Стойленского и Павловского карьера можно выделить и ещё одну подобную аномалию на удалении около 100 км от карьера.

Важным моментом для последующих построений является темп затухания сейсмического воздействия, который значительно различается для разных карьеров. Пусть пространственный градиент затухания определяется как $G = SNR / \Delta L$, где ΔL – база измерения затухания в км. Тогда для изученных карьеров получаются следующие ориентировочные значения G ($км^{-1}$): Железногорский – 1.74, Стойленский – 0.49, Павловский – 0.13 (рис. 1, в и 2). Таким образом, хотя в Павловском карьере взрывы относительно слабее, но темп затухания их воздействия с расстоянием наименьший, в то время как Железногорский карьер характеризуется ровно обратным эффектом. Стойленский карьер демонстрирует промежуточное поведение. Таким образом, как более мощные, так и

более слабые взрывы на удалении более 100 км от карьера могут производить сопоставимое воздействие.

Учитывая отмеченные выше особенности пространственного распределения трансформации сейсмического поля можно упростить понимание совместного действия взрывов на пространство, находящееся между карьерами и вокруг них. Использование нормированной функции SNR_N даёт средство локализовать наиболее опасные участки вокруг карьеров, где суммарный эффект может достигать максимума.

Обратим внимание на зону, очерчиваемую изолинией 2 (на рис. 4 она отмечена крапом). Пространство внутри данной изолинии потенциально может испытать трансформацию сейсмического поля в два раза превышающую ту, что наблюдается в ближней зоне любого карьера в том случае, если взрывы произойдут сразу в трёх карьерах почти одновременно (с точностью до времени пробега волн в отмеченную зону).

В силу выявленных особенностей перераспределения сейсмической энергии с расстоянием, а также взаимного расположения карьеров на изучаемой территории, эта зона сфокусировалась между Стойленским и Павловским карьером, протянувшись с северо-востока на юго-запад. Зона охватывает такие города как Воронеж и Лиски.

Максимальное значение выявлено для точки с координатами, 51°19' с.ш., 39°24' в.д., находящейся в Каширском районе Воронежской области в 12 км к востоку от города Нововоронеж.

Заключение

В результате проведённых исследований достигнуты следующие результаты:

- Проведено пространственное моделирование трансформации сейсмического поля в результате выполнения промышленных взрывов в крупных карьерах ЦЧР.
- Очерчены погрешности, недостатки и упрощения выбранной методики моделирования.
- Выявлены особенности перераспределения энергии сейсмического воздействия взрывов с расстоянием для разных карьеров.
- Показано, что для крупных карьеров при разной мощности взрыва, сейсмический эффект будет сопоставимым при рассмотрении его на расстоянии от 100 км.
- Оценён суммарный эффект от совместного действия нескольких взрывов в разных карьерах.
- Локализована зона на изучаемой территории, в пределах которой может наблюдаться наиболее сильный суммарный эффект и оценена его величина.

Разумеется, все построенные пространственные модели и выводы, сделанные по ним, носят оценочный характер. С их помощью можно лишь предположить какие территории могут быть потенциально более опасными при неблагоприятном стечении обстоятельств. Более точные модели и более достоверные выводы возможны только при осуществлении значительно более детальных исследований по густой сети наблюдений.

Для других карьеров, имеющих на территории ЦЧР, а также другого их количества при расчёте суммарного воздействия результат будет несколько иным. Однако принципы моделирования могут быть полезны при планировании и производстве крупных взрывов на таких промышленно развитых и густонаселённых территориях как ЦЧР.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20 -55 - 00010/20 от 30.04.20 и БРФФИ X20P - 284 от 04.05.2020

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взрывы и землетрясения на территории Европейской части России / Под ред. В. В. Адушкина, А. А. Маловичко; Российская акад. наук, Геофизическая служба РАН, Ин-т динамики геосфер РАН. – Москва : ГЕОС, 2013. – 381 с.

2. Надёжка Л.И. Об энергетических оценках техногенных событий в геологических условиях воронежского кристаллического массива. / Л.И. Надёжка, С.П. Пивоваров, А.И. Дубянский, М.А. Ефременко, Р.С. Пивоваров // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных : Материалы XIII Международной сейсмологической школы. Обнинск : Изд-во ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 166-169.
3. Трофимов В.Т. Трансформация геофизической экологической функции абиотических сфер Земли под влиянием техногенеза и ее последствия. / В.Т. Трофимов, А.Д. Жигалин // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, 2014. – № 2. – С. 60-72.
4. Семенов А.Е. Основные особенности волновых полей промышленных взрывов в крупных карьерах на территории воронежского кристаллического массива / А.Е. Семенов, М.А. Ефременко, Р.С. Пивоваров // Двенадцатая уральская молодежная научная школа по геофизике : Сборник науч. материалов. – Пермь : ГИУрОРАН, 2011. – С. 224-229.
5. Семёнов А.Е. Характер и интенсивность сейсмических воздействий горнопромышленных комплексов на литосферу воронежского кристаллического массива. / А.Е. Семёнов, Л.И. Надёжка, И.Н. Сафронич, И.Т. Ежова. // Структура, вещественный состав, свойства, современная геодинамика и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов : Материалы XXII Всероссийской с международным участием научно-практической Щукинской конференции. – Воронеж, 2020. – С. 317-321.
6. Надежка Л.И. Трансформация экологической функции литосферы – микросейсмического поля в геологических условиях Центрально-Черноземного экономического региона / Л.И. Надежка, И.Н. Сафронич, А.Е. Семенов, К.Ю.Силкин, И.А. Сизаск // Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов : Международная научно-практическая конференция, 17-19 ноября 2020 г. – Воронеж, 2020. – С. 63-67.
7. Дубянский А.И. Региональные скоростные модели ВКМ. / Дубянский А.И., Силкин К.Ю. // Вестник Воронежского ун-та. Серия : Геология. – Воронеж, 2003. – № 2. – С. 186-190.
8. Сафронич И.Н. Фоновое микросейсмическое поле – новый и перспективный источник информации о свойствах литосферы и трансформации ее экологических функций / И.Н. Сафронич // Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов : Международная научно-практическая конференция, 17-19 ноября 2020 г. – Воронеж, 2020. – С. 77-85.
9. Пивоваров С.П. Спектральные образы наиболее сильных промышленных взрывов по данным сейсмостанции «Сторожевое». / С.П. Пивоваров, А.Е. Семёнов, Э.В. Калинина // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных : Материалы Шестой Международной сейсмологической школы. – Обнинск : Изд-во ФИЦ ЕГС РАН, 2011. – С. 252-255.
10. Надежка Л.И. некоторые особенности сейсмического эффекта, создаваемого промышленными взрывами. / Л.И. Надежка, С.П. Пивоваров, И.Н. Сафронич, М.А. Ефременко, Р.С. Пивоваров // Вестник Воронежского ун-та. Серия : Геология. – Воронеж, 2009. – № 2. – С. 155-160.
11. Yang C.-S. Twelve different interpolation methods : A case study of Surfer 8.0. / C.-S. Yang, S.-P. Kao, F.-B. Lee, P.-S. Hung // XX-th ISPRS Congress, 12-13 July 2004. Proceeding of Commission II. – Istanbul, Turkey, 2004. – P. 778-785.
12. Гик Л.Д. Измерение декремента затухания сейсмических волн при решении задач нефтегазовой сейсморазведки // Технологии сейсморазведки. – 2011. – № 3. – С. 23-28.

MODELING OF THE TRANSFORMATION OF THE GEOPHYSICAL FUNCTIONS OF THE LITHOSPHERE AS A RESULT OF MINING ACTIVITY ON THE TERRITORY OF THE KURSK MAGNETIC ANOMALY

Silkin K. Yu.^{1,2}

¹*FGBOU VO "Voronezh State University", Voronezh, Russia*

²*FIC "Unified Geophysical Service" of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia*

Annotation. Large industrial explosions carried out in such a densely populated area as the Central Chernozem region of Russia cause concern about possible adverse consequences for both the industrial infrastructure and the vital activity of the living population. The timing of the production of industrial explosions is made at mining enterprises without taking into account work in other quarries in the region. Therefore, it is not uncommon for the effects of two or more explosions to overlap on the territory of the CDR, when the maximum transformation of the seismic field occurs. Due to the fact that it is very laborious to fix such a situation instrumentally with sufficient detail, its spatial modeling was carried out. We used data on records of individual explosions in the Zheleznogorsk, Stoilensky and Pavlovsky quarries, where the largest amount of explosives is used to produce a single explosion. To assess the impact in.

Keywords: seismic registration, industrial explosions, transformation of the seismic field, signal-to-noise ratio, spatial modeling.

УДК 553.04 : 504.05

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗРАБОТОК МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

¹*О.В. Шеринёв, gomelgeo@yandex.ru, ¹А.И. Павловский, airpavlovsky@mail, ²И.И. Косинова*

¹*Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь*

²*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия*

Аннотация. Рассмотрено состояние минерально-сырьевой базы и региональная структура производства в горнодобывающей промышленности Республики Беларусь. Приведены результаты оценки техногенных изменений экологических свойств литосферы, характерные для территорий разработки месторождений полезных ископаемых, представляющих собой природно-техническую эколого-геологическую систему, относящуюся к горнодобывающему классу. Установлено, что данный класс природно-технических систем характеризуется широким распространением негативных эколого-геологических условий. Характерным системообразующим фактором в пределах анализируемых территорий является глубинное механическое, химическое и физическое преобразование литосферы.

Ключевые слова: литосфера, геологическая среда, экологические функции, месторождения полезных ископаемых, техногенное воздействие, преобразование рельефа, загрязнение.

Ресурсная экологическая функция литосферы (ЭФЛ) заключается в ее потенциальной способности обеспечения потребностей биоты (экосистем) абиотическими ресурсами, в том числе и потребностей человека теми или иными полезными ископаемыми [4].

Производственная деятельность многих промышленных предприятий Республики Беларусь обеспечивается более, чем 30 видами минерального сырья (рис. 1). По степени готовности к использованию выделяются месторождения с детально разведанными запасами сырья, которые экономически целесообразно и технически возможно разрабатывать в настоящее время (нефть, торф, калийная и каменная соли, доломиты, сапропели,

формовочные пески и другие строительные материалы); не подготовленные пока к промышленному освоению, степень изученности которых еще не позволяет проектировать их освоение и требует проведения дополнительных геологоразведочных работ и разработки новых технологических способов добычи и комплексной переработки сырья (бурые угли, горючие сланцы, железные руды, цеолит-содержащие силициты, каолины, гипс, давсонит, редкие металлы и высокоминерализованные рассолы); перспективные площади, по которым существуют научно обоснованные предпосылки выявления на них промышленных типов минерального сырья после проведения дополнительных геологоразведочных работ (фосфориты, глауконит, пирофиллит, янтарь, алмазы, сырье для изготовления минеральных волокон, редкие, цветные и благородные металлы) [1]. К настоящему времени насчитывается 2161 месторождений минерального сырья готовых к использованию, из которых разрабатывается 948 месторождений.

В региональной структуре производства в горнодобывающей промышленности за период 2015–2019 гг. прослеживается высокая концентрация разрабатываемых месторождений основных полезных ископаемых на территории Гомельской области (в пределах Припятского прогиба) (рис. 2).

Наибольший удельный вес в горнодобывающей промышленности приходится на Гомельскую область за счет добычи нефти, строительного и облицовочного камня, песков, каменной соли. Высокий удельный вес у Брестской области обеспечивается за счет добычи строительного камня и торфа, а Минской области – за счет добычи калийных солей, торфа и строительных материалов. Остальные области имеют меньший удельный вес в объеме промышленного производства, и их специализация заключается в добыче агрохимического индустриального и индустриально-строительного сырья, например, мела и строительных песков – в Могилевской и Гродненской области, доломитов и строительных песков – в Витебской области. Так же наблюдается диспропорция региональной обеспеченности запасами, например, в Гродненской области в дефиците сырья для цементной промышленности, в Гомельской – кварцевые пески для стекольной промышленности.

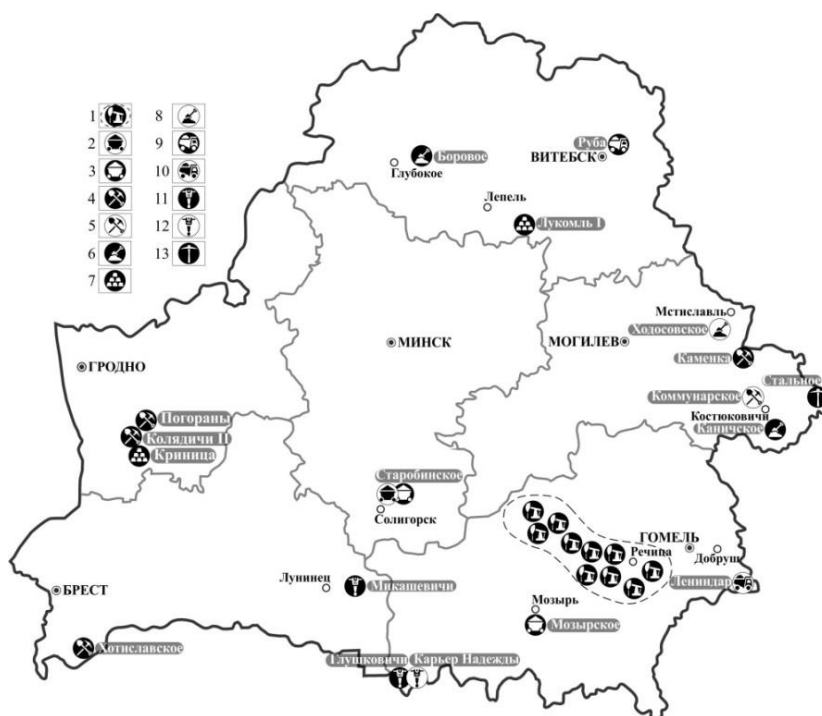


Рисунок 1 – Наиболее крупные разрабатываемые месторождения полезных ископаемых Беларуси: 1 – район добычи нефти, природного газа и газоконденсата; 2 – калийные соли; 3 – каменные соли; полезные ископаемые, используемые для производства цемента: 4 – мел, 5 – мергель и мел, 6 – пески, 7 – глины, 8 – супеси; песок и доломит, используемые для производства стекла: 9 – доломиты (в том числе для производства доломитовой муки, дробленого доломита, минеральных порошков для кровельного рубероида, асфальтобетонных покрытий и других материалов), 10 – пески; 11 – строительный камень; 12 – облицовочный камень; 13 – карбонатно-кремнеземистые породы (трепел). Составлено авторами на основании [2, 3].

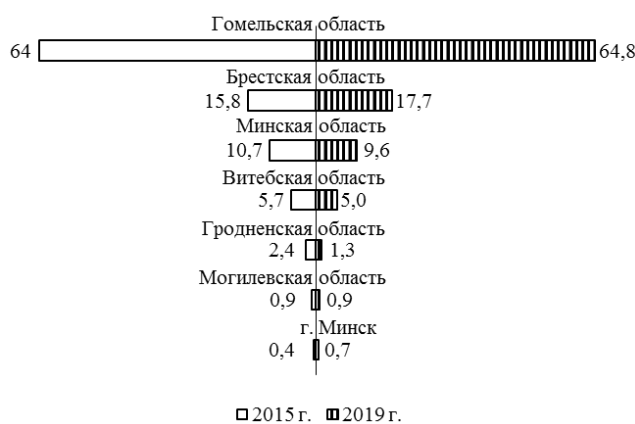


Рисунок 2 – Структура объема производства горнодобывающей промышленности в Республике Беларусь, %. Составлено авторами на основании [2, 3].

Экологические последствия изменения качества ресурса геологического пространства проявляются в воздействии на естественные микробо- и фитоценозы, животный мир и население горнодобывающих районов. Индивидуальные экологические последствия, как правило, обусловлены составом и технологией извлечения и переработки полезных ископаемых.

Трансформация геодинамической и геохимической ЭФЛ в пределах горнопромышленных территорий. Геодинамическая ЭФЛ заключается в способности литосферы влиять на состояние биоты, безопасность и комфортность проживания человека в результате воздействия природных и техногенных геологических процессов, и явлений. Геохимическая ЭФЛ определяет способность природных и искусственных геохимических обстановок влиять на состояние экосистем различных уровней организации [4].

Разработка месторождений полезных ископаемых на территории Беларуси осуществляется тремя способами: шахтным, открытым (карьерным) и скважинным. Анализ разнообразия видов минерального сырья и способов его разработки на территории Беларуси дает основание для выделения ряда видов технических систем возникающих при разработке полезных ископаемых, среди которых шахтно-отвальный, карьерно-отвальный, выемочный и скважинный виды технических систем.

На стадии разработки месторождения полезного ископаемого определяющую роль в воздействиях на геологическую среду играет технология его разработки. При разработке полезных ископаемых на территории Беларуси наиболее распространенными являются 3 технологических метода получения минерального сырья:

1. Механический метод используется при добыче преимущественно твердых полезных ископаемых шахтным или карьерным способом;
2. Взрывной метод наиболее применим при разработке твердых полезных ископаемых в случае наличия пород, не поддающихся механическому воздействию;
3. Скважинная технология и ее модификации является основным при извлечении из недр жидких и газообразных полезных ископаемых.

Анализируя указанные методы изъятия минеральных образований из геологической среды можно констатировать, что для каждого из этих методов присущи определенные виды воздействий, проявляющиеся в разных масштабах и интенсивности, со своими специфическими особенностями, дифференцированными для той или иной технической системы.

Таким образом, каждый выделенный вид технической системы характеризуется специфическими особенностями техногенных воздействий на геологическую среду, которые в свою очередь приводят к трансформации геодинамической и геохимической ЭФЛ (табл. 1).

Таблица 1 – Техногенные воздействия на геологическую среду в пределах разработок полезных ископаемых Беларуси

Класс и подкласс воздействия	Тип воздействия	Вид воздействия	Источник воздействия	Вид технической системы
Физическое	Уплотнение	Статическое	Инженерные сооружения ГОК, отвалы, терриконы	ШО*, КО
		Виброуплотнение	Карьерные самосвалы, буровые установки	КО
		Укатывание	Подготовка оснований шламохранилищ, экскаваторы, бульдозеры, погрузчики	КО, ШО, В, С
		Взрывоуплотнение	Взрывные работы (взрывные скважины, шпурсы)	КО
	Разуплотнение	Статическая нагрузка	Шахты	ШО
		Динамическая нагрузка	Карьеры, взрывные работы	КО
	Внутренне разрушение	Бурение	Буровые скважины	С
		Фрезерование	Фрезерная обработка на торфяных почвах (фрезермашины)	В
		Дробление (бурение), резанье, скол	Шахтная разработка (проходческие комбайны)	ШО

			Эксплуатация	Открытая разработка (экскаваторы, бульдозеры, скреперы)	КО	
			Взрывное разрушение	Взрывные работы (взрывные скважины, шпурсы)	КО	
		Аккумуляция рельефа	Образование терриконов	Шахты	ШО	
			Отвалообразование	Карьеры	КО	
			Возведение насыпей	Пионерные насыпи, насыпи ограждающих дамб, шламохранилищ, амбаров	ШО, С	
		Планировка рельефа	Строительная и дорожная планировка	Буровые площадки, ГОК, карьерные и подъездные дороги	ШО, КО, С	
			Рекультивация	Объекты рекультивации	ШО, КО, В, С	
		Эрозия рельефа	Формирование выемок	Шламохранилища, карьеры, каналы	ШО, КО	
			Образование мульд проседания и опускания	Шахты, территории разработок углеводородного сырья	ШО, С	
		Гидромеханическое	Гидроаккумуляция рельефа	Намыв шлама	Шламохранилища	ШО
			Внутреннее разрушение	Гидравлическое разрушение	Гидравлический разрыв пласта	С
		Гидродинамическое	Повышение напора (уровня)	Нагнетание	Вторичные методы воздействия на нефтяные пласты (нагнетательные скважины)	С
Подтопление	Утечки, стоки, аварийные сбросы			ШО, КО, С		
Снижение напора (уровня)	Откачки		Водозаборы, водоотливы из карьеров, осушительные работы в подземных горных выработках	ШО, КО, С		
Термическое	Нагревание	Нагнетание теплоносителя, нагрев призабойной зоны	Увеличение нефтеотдачи пластов	С		
Физико-химическое	Выщелачивание	Кислотные обработки	Увеличение нефтеотдачи пластов	С		
Химическое	Закрепление грунтов	Цементация, бетонирование	Устройство противofильтрационных завес, крепление шахтных стволов, тампонирование скважин	ШО, С		
	Загрязнение	Нагнетание	Буровые работы, газовые и химические методы повышения нефтеотдачи (нагнетательные скважины)	С		
		Подтопление	Утечки, стоки, аварийные сбросы, амбары, шламохранилища, отвалы, терриконы, циркуляционные системы жидкостей, трубопроводы, добывающие скважины	ШО, КО, С		
Биологическое	Загрязнение	Нагнетание	Микробиологические методы повышения нефтеотдачи (нагнетательные скважины)	С		

*Виды технических систем: ШО – шахтно-отвальная, КО – карьерно-отвальная, В – выемочная, С – скважинная.

Проведенное исследование показало, что в пределах горнопромышленных районов важным системообразующим фактором является перераспределение глубинного минерального вещества между компонентами окружающей среды. При открытой добыче

полезных ископаемых глубинные породы в виде буровзрывной пыли распространяются на расстояния за пределы карьерной разработки. Вскрышные породы складываются на поверхности, формируя качественно новый техногенный рельеф, который образует новые площади водосбора, значительно отличающиеся от первоначальных.

Установлено, что важным системообразующим фактором являются измененные гидродинамические условия, сопровождающиеся образованием крупных депрессионных воронок. В результате происходит отмирание малых рек, загрязнение и обмеление более крупных.

Характерной особенностью анализируемых природно-технических систем является образование техногенных поверхностных водотоков, формирующихся из дренажных вод карьеров и осветленных вод хвостохранилищ.

Выявлено, что важным системообразующим фактором территорий горнодобывающего класса является отчуждение территорий под карьеры отвалы. Производится снятие плодородного слоя и его селективное складирование. Однако почвы в отвалах быстро выветриваются и теряют свои природные свойства.

Таким образом, исследуемые объекты горнодобывающего класса являются примером преобразования естественных природных условий и возможного дальнейшего трансформирования экологических функций литосферы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20 -55 - 00010/20 от 30.04.20 и БРФФИ Х20Р - 284 от 04.05.2020

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковхуто, А.М. Прогнозирование экспорта и импорта минеральных ресурсов Республики Беларусь до 2020 г. и его влияние на торговый баланс / А.М. Ковхуто, Л.А. Шакалов // *Новости науки и технологий*. – №1–2 (24–25). – 2013. – С. 66–75.
2. Промышленность Республики Беларусь: стат. сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2013. – 264 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by>
3. Промышленность Республики Беларусь: стат. сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2020. – 52 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by>
4. Трофимов, В.Т. Экологические функции литосферы и их трансформация в эпоху техногенеза / *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический* // В.Т. Трофимов, Т.А. Барабошкина, А.Д. Жигалин [и др.]. – т. 80. – Вып. 6. – 2005. – С. 42–55.

ASSESSMENT OF THE IMPACT THE DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS ON THE ECOLOGICAL FUNCTIONS OF THE LITHOSPHERE OF THE REPUBLIC OF BELARUS

¹*O.V. Shershnyov, gomelgeo@yandex.ru, ¹A.I. Pavlovskii aipavlovsky@mail.ru, ¹I.I. Kosinova*

¹*Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Republic of Belarus*

²*Voronezh State University, Voronezh, Russia*

Abstract. The state of the mineral resource base and the regional structure of production in the mining industry of the Republic of Belarus are considered. The results of assessing the technogenic changes in the ecological properties of the lithosphere, characteristic of the territories of development of mineral deposits, which are a natural-technical ecological-geological system belonging to the mining class, are presented. It has been established that this class of natural and technical systems is characterized by widespread negative ecological and geological conditions. A typical system-forming factor within the analyzed territories is deep mechanical, chemical and physical transformation of the lithosphere.

Keywords: lithosphere, geological environments, ecological functions, mineral deposits, technogenic impact, relief transformation, pollution.

УДК 556.182

A NEW APPROACH TO ECOLOGICAL SITUATION IMPROVEMENT IN STONE CARRIERS USING MULTICOMPONENT NAPHTHENATES

*H.Kh.Khalilova¹, A.S.Alosmanov², V.A.Mammadov², S.A. Garaybeyli³, I.T. Poladova¹
khalilova@rambler.ru, vmamed@rambler.ru, syamakerim@gmail.com*

1. Institute of Physics of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

2. Institute of Geology and Geophysics of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

3. Azerbaijan State University of Oil and Industry

Abstract. The results of studies devoted to dust pollution preventing in stone quarries are presented in this paper. The method is based on the use of solutions and emulsions of naphthenic compounds produced in oil refinery as wetting agents to reduce dust pollution of ambient air during stone-cutting process. The results have shown that the use of sodium naphthenate (RCOONa) considerably reduces both dust release and energy consumption of the used equipment, while increasing its service life. Further studies were carried out with the aim of using the obtained dust-naphthenate mixture as fertilizer in agriculture.

Key words: dust pollution, stone quarry, naphthenate, naphthenic acid, phosphoric mineral, oil refinery.

It is well-known that dust, fly ash, gaseous emissions, grit and other particulates in air are major sources of pollution of three major components of ecosystem – atmosphere, hydrosphere and lithosphere. Transport, power stations and various industrial enterprises are the primary sources of these pollutants. A huge amount of dust and particulate matter are discharged into atmosphere from industries and manufacturing processes. Many industrial activities (mining, smelting, textiles and production of building materials, etc.) as well as loading and transfer operations are responsible for the pollution of ecosystem by particulate matter. The fractions having dimension less than 100 mc are considered to be dust particles. Under influence of gas or air stream the particles produced during technological processes are transformed into suspended condition forming a dispersed dust aerosol system. Getting in atmosphere dust aerosols could be carried over long distances causing potential hazard for all ecosystem components and in particular for man. Irrespective of their sources, pollution of ambient air by dust results in allergic, dermatologic and respiratory diseases in people. There are a series of studies related to dust pollution, its environmental hazards and the methods of dust prevention and normalizing sanitary-hygienic conditions at mining enterprises [1, 5-9, 11,12].

Like many industrialized and urbanized regions in the world, air pollution is characteristic for the Absheron peninsula of Azerbaijan. Despite the fact that the region has long been specialized on the production and processing of hydrocarbon resources, the stone quarries and sand pits located in the peninsula play significant role in the pollution of atmosphere air by dust and various particles. The increase in the number of construction materials' manufacturing enterprises from year to year requires development and introduction of new ecological friendly methods to minimize the negative effect of pollutants on ecosystem.

Dust suppression method by using water as a wetting agent is well known. The main disadvantages of this method are low effective suppression during development of mineral deposits, premature aging of equipment and the pollution of environment by technological product gathered around the enterprise [2, 11].

As being one of the oil regions of the world, the territory of the Absheron peninsula is mainly polluted by oil industrial wastes. The wastewater produced during oil and gas extraction are

saline waters (Cl-Na) with total mineralization of 15 to 140 g/l. Together with I (iodine), Br (bromine) and other chemical components, these waters contain considerable amount of naphthenic acids. Most of metals in oil are in form of salts of naphthenic acids (naphthenate). Naphthenic acid and naphthenates are the main waste products obtained in refineries [3, 10].

A new method developed by us is based on the use of naphthenic waste of refineries for dust suppression in stone quarries and application of the material produced during the technological process in agriculture.

The main directions of the researches were:

- carrying out experiments to study optimal conditions of use of RCOONa containing aqueous waste of oil refinery for dust suppression and achieving ecological balance in stone quarries.
- obtaining and use of K, Cu, Mg and Zn naphthenate solutions as wetting agents in dust suppression process to improve the quality of the obtained dust-naphthenate mixture for application in agriculture.
- carrying out experiments to obtain a fertilizer using the dust-naphthenate mixture produced during dust suppression and the natural phosphorite mineral for application in agriculture.

Initial studies were carried out in Guzdak quarry situated in the western part of the Absheron peninsula. Stones with dimensions of 30 × 12 × 6 cm and 0.1% - 0.5% solution of RCOONa (with 1.02 - 1.04 g/m³ density and pH 9) were used in experiments.

The studies have shown that the quality of the obtained product as well as minimization of dust pollution in stone quarries is depending on various parameters. In order to determine optimal conditions of the process, researches were carried out to study:

- the dependence of dust suppression on the concentration of naphthenate solution;
- the dependence of dust suppression on the angle of conveyer's slope;
- the dependence of dust distribution in naphthenate solution on the intensity of conveyer rotation.

The results derived from the studies of the dependence of dust suppression on RCOONa

concentration are presented in table below. As can be seen from the table, optimal concentration of RCOONa solution for dust minimization is 0.1% - 0.13%. Meanwhile, the increase in RCOONa concentration from 0.15% to 0.27% exhibited no significant changes in dust reduction compared to previous results.

Table 1 – Dependence of dust quantity on the concentration of RCOONa solution (angle of slope of conveyer—11°)

RCOONa solution, %	Dust quantity (g)	
	before giving Na-naphthenate solution	after giving Na-naphthenate solution
0.1	12.4	4.8
0.3	12.5	4.7
0.5	11.8	4.9
0.7	12.5	5.6
0.9	12.7	5.7
0.11	12.6	6.1
0.13	13.1	8.8
0.15	14.1	8.9
0.17	12.6	8.6
0.19	12.7	8.6
0.21	12.8	8.7

0.23	12.9	8.6
0.25	13.0	8.7
0.27	12.8	8.5

The angle of slope of conveyer changed gradually increasing from 1° to 27°. When the angle of slope was 0 no change was observed. With its increase from 1° to 13° the quantity of dust in ambient air decreases from 2.5 to 0.80 g. The quantity of dust release begun to increase again and was 0.85 g under 15° angle of slope of conveyer. The further increase in the angle of slope was resulted in the increase of dust quantity in air. This is explained by the fact that the increase of the angle of slope reduces the time of interaction between dust and naphthenate solution. The experiments showed that the best results during dust prevention in stone quarries were obtained under conveyer's 100 - 180 rotation/min intensity, under 11° - 13° angle of slope and with 0.13% concentration of naphthenate solution.

Along with the use of naphthenic waste and dust pollution preventing, one of the main objectives of the researches was the obtaining of new product for application in agriculture. It is well known that K, Cu, Mg and Zn are nutritious elements for plants. Due to the absence of more effective metals for the proposed technology in the composition of naphthenic waste some naphthenates of necessary elements were obtained in laboratory conditions using naphthenic acid of oil industry's waste. It is also known that phosphorus (P) is the second important plant nutrient after nitrogen (N), which has a strong effect on overall plant growth, influencing key metabolic processes such as cell division and development, energy transport (ATP, ADP), transduction signals, macromolecular biosynthesis, photosynthesis and plant respiration [4, 10].

Therefore, the dust-naphthenate mixture obtained in this process was further treated with local phosphorus containing mineral for production of mineral fertilizer to use in agriculture.

A schematic diagram of the fertilizer production using the dust-naphthenate mixture and phosphorite mineral is given in figure below.

The technological process of fertilizer production can be explained as following: First, the dust-naphthenate mixture formed during stone cutting process and low quality phosphorite solution as neutralising agent are loaded into tanker (5) and then is given to auger (8). The auger is also loaded with phosphorite mineral from a bunker (6) and geothermal solution from a tank (7) to dilute the obtained concentrate. The geothermal solution is supplied until reaching 10-14 % in concentrate. In the end of auger, the concentrate is analyzed to identify the composition of obtained material. In case, if its composition does not meet the content of the needed fertilizer it is returned to the initial stage of the process through the line 13 by elevator (14) and added with necessary amount of phosphorite compounds until the naphthenate and phosphate relation becomes 1:1. The concentrate formed in auger is given to granulator (9) and then to dryer drum (10). The dried concentrate is transferred to elevator (14) and from there to sieve (11), where is separated into three parts: the 1-5 mm- sized part is the end-product; the part with 0,5-1,0 mm- sized granules (dust) is returned to the granuler and the part with 5-7 mm-sized granules is given to the crusher (12) for additional crushing and returning to the process.

Conclusions

- the proposed method allows preventing dust pollution in stone quarries and achieving ecological balance in industrial enterprises.
- the use of naphthenic waste of oil refineries in dust suppression significantly reduces environmental pollution during processing of mineral resources.
- the use of naphthenate solution as a wetting agent not only reduces the dust content of the ambient air, but also increases the durability of the equipment used and contributes to energy saving by reducing the time spent on stone cutting.
- treatment of the product obtained during the process together with natural phosphorite mineral will give opportunity to supply agriculture with high quality fertilizer, thus plants can uptake nutrient elements steadily.

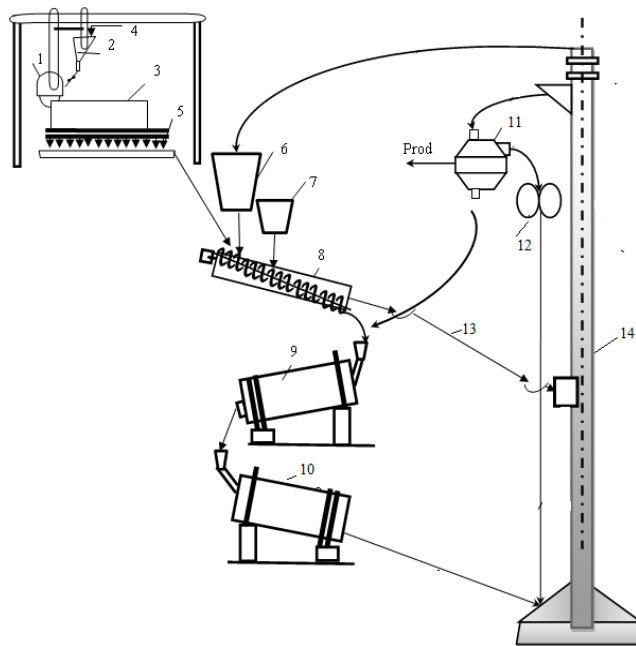


Figure 1 – A schematic diagram of the fertilizer production using the dust-naphthenate mixture and phosphorite mineral

1. stone cutting device; 2, 4. funnel for supplying dust-naphthenate mixture and phosphorite; 3. stone; 5. tanker; 6. bunker for phosphorite mineral supply; 7. tank for gethermal solution supply; 8. auger; 9. granulator; 10. dryer; 11. sieve; 12. crusher; 14. elevator.

REFERENCES

1. Alfaro Degan G., Lippiello D., Pinzari M. Occupational hazard prevention and control in a quarry environment: exposure to airborne dust. *Safety and Security Engineering*, 2015, vol.VI, p.27-38.
2. Alosmanov M. S., Mammadov V. A., Khalilova H. Kh., Bayramov C.M. Study of air dustiness, improving the means and methods of dust control during stone-cutting machines' operation. *Proceedings of the Mining Institute*, 2015, vol.211, p. 91-95. (in Rus.)
3. Alosmanov M.S., Mammadov V.A., Khalilova H. Kh., Bayramov C.M. Dvelopment of an effective method for preventing dust pollution in stone quarries using petroleum refinery wastes. *Journal of Environmental Protection*, 2015. №10, vol.6, p.1118-1124.
4. Haque, M. A., Jahiruddin, M., Rahman, M. M., Saleque, M. A. Phosphorus mineralization of bioslurry and other manures in soil. *Journal of Environment and Waste Management*, 2015, vol.2(2), p. 079-083.
5. Ichuk I. G., Pozdnyakov G.A. The means of complex dust suppression in mining enterprises. Moscow: Nedra, 1991, 253 p. (in Rus.)
6. Ivanov A.V. Impact of dust pollution on the organism of workers and rational methods of dust suppression. *Proceedings of the 3rd Internaional Scientific-Practical Conference "West management – a basis of ecological balance rehabilitation in Kuzbass"*, Novokuznetsk: SibGIU, 2010, p. 184-189. (in Rus.)
7. Ivanov A.V., Smirnov Yu. D., Kovshov S.V. Development of new dust suppressing equipment for the conditions of northern regions. *Proceedings of the Mining Institute*, 2012, vol.195, p. 133-137. (in Rus.)
8. Jalil, A., 2010. Sustainable development in Malaysia: A case study on household waste management. *Sust. Dev.*, № 3(3), p. 91-102.

9. Kamenskiy A. A. Reduction of dust emission from dynamic sources at quarries of building materials with aerial way. Abstract of dissertation of cand. tech. sciences. Saint-Petersburg State Mining university, 2011. (in Rus.)

10. Khalilova, H.Kh., Alosmanov, M.S., Mamedov, V.A. and Bayramov, C.M. A study of dust prevention in a stone quarry using naphthenic wastes. Chemical Industry, 2014, №3, p. 146-149. (in Rus.)

11. Mbue N.I., Bitondo D, Balgah RA Municipal solid waste generation, composition, and management in the Douala Municipality, Cameroon. Journal of Environment and Waste Management, 2015, № 2(4), p. 091-101.

12. Piras L., Dentoni V., Massacci G., Lowndes, I.S. Dust dispersion from haul roads in complex terrain: the case of a mineral reclamation site located in Sardinia. International Journal of mining reclamation and the environment, 2014, № 28(5), p. 323-341.

НОВЫЙ ПОДХОД К УЛУЧШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ НАФТЕНАТОВ

Х.Х.Халилова¹, М. С. Алоسمанов², В.А.Мамедов², С. А. Герайбейли³,

И. Т. Поладова¹

khalilova@rambler.ru, vmated@rambler.ru, syamakerim@gmail.com

1. Национальная Академия Наук Азербайджана, Институт Физики, Баку, Азербайджан

2. Национальная Академия Наук Азербайджана, Институт Геологии и Геофизики, Баку, Азербайджан

3. Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по предотвращению загрязнения пылью окружающей среды на каменных карьерах. Метод основан на использовании растворов и эмульсий нафтенных соединений, производимых на нефтеперерабатывающем заводе, в качестве смачивающих агентов для снижения пылевого загрязнения окружающего воздуха при резке камня. Результаты показали, что использование нафтената натрия (RCOONa) значительно снижает как пылеобразование, так и энергопотребление используемого оборудования, одновременно увеличивая его срок службы. Дальнейшие исследования были проведены с целью использования полученной пыле-нафтенатной смеси в качестве удобрения в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: пылевое загрязнение, каменный карьер, нафтенат, нафтенная кислота, фосфорный минерал, нефтеперерабатывающий завод.

УДК 628.472.2

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В Г. ЖЕЛЕЗНОГОРСК

Е. Э. Бурак, С. И. Фонова, И. И. Косинова, Р. А. Лучников, burak.e@mail.ru

Воронежский государственный технический университет, Воронеж,

Российская Федерация

Аннотация: рассматриваются вопросы, связанные с ликвидацией негативного воздействия полигонов твердых коммунальных отходов на окружающую среду.

Ключевые слова: полигон твердых коммунальных отходов, рекультивация, захоронение отходов.

В отчете счётной палаты РФ от 29.09.2020 г. сказано, что ситуация в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами в России остается неблагоприятной [1].

Согласно отчету, уровень переработки отходов не превышает 10%, а более 90% по-прежнему направляется на полигоны и свалки, которые зачастую не отвечают требованиям природоохранного законодательства и отравляют воздух, воду и почву. При этом, некоторые страны уже достигли минимальных объемов захоронения отходов.

По данным Росприроднадзора, на момент формирования нацпроекта «Экология» на территории субъектов насчитывалось 8 323 свалки, в том числе 916 свалок на территории городских округов. При этом федеральный проект «Чистая страна» предполагает ликвидацию и рекультивацию только 191 свалки. То есть более 700 свалок в границах городов остаются не охвачены [1].

В связи с этим, решением Правительства к 2030 году в России должны быть ликвидированы свалки, налажена сортировка мусора и утилизация отходов.

В городе Железнодорожске Курской области располагается действующий полигон твердых коммунальных отходов (далее полигон ТКО) (рисунок 1, 2).

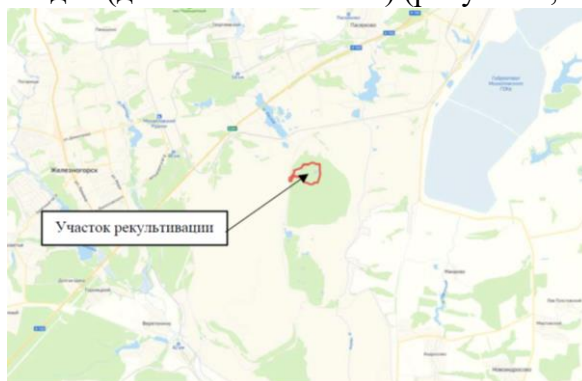


Рисунок 1 - Схема расположения участка рекультивации



Рисунок 2 – Границы земельных участков

На участке захоронены коммунальные отходы 4-5 класса опасности в количестве 883 812 т. Общий вид полигона ТКО представлен на рисунке 3.

В соответствии с Приказом Минприроды России №101 от 27.02.2020 г. рассматриваемый полигон включен в Государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде.

Полигон расположен на трех смежных земельных участках общей площадью 22 га. С 2019 года прием отходов на полигон был закрыт. В настоящее время мусор Железноводска поступает на полигоны в Георгиевский округ или Минераловодский округ. На территории Железноводска действующего полигона ТКО нет.

Цель представленной работы заключается в рассмотрении проблем, связанных с размещением полигона ТКО в городской черте и способов ликвидации накопленного вреда.

Полигоны твердых коммунальных отходов - специально оборудованные сооружения,

предназначенные для размещения и обезвреживания отходов. Территорию полигона ТКО разделяют на зоны: производственную и вспомогательную (хозяйственную) [2].

Помимо функционального зонирования, указанным нормативом регламентируется конструкция тела полигона с устройством технологически обоснованных слоев захоронения отходов.

Вышеперечисленных нормируемых параметров полигонов на рассматриваемом объекте нет. В центре коллективного пользования ВГТУ «ЦКП имени проф. Ю.М. Борисова» в рамках проекта развития ЦКП, выполняющего работы на основании соглашения № 075-15-2021-662 от 28.07.2021г., были выполнены инженерные изыскания участка расположения полигона [3, 4].

В соответствии с данными технических отчетов по результатам инженерных изысканий эксплуатация рассматриваемого полигона осуществлялась с нарушениями природоохранного законодательства: отходы размещались не организованно, без контроля уплотнения; послойное перекрытие отходов не осуществлялось; нормативное заложение откосов на полигоне не соблюдалось; система сбора и отвода фильтрата отсутствует; система сбора и отвода поверхностного стока с территории отсутствует; ограждение полигона отсутствует; захламливание территории.

Таким образом, рассматриваемый объект не отвечает требованиям природоохранного законодательства и оказывает негативное воздействие на воздух, воду, почву. Необходимо ликвидировать накопленный вред рекультивационными мероприятиями [5, 6, 7].

Рекультивация земель - мероприятия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием [5].

Нарушенные земли классифицируются по направлениям рекультивации в зависимости от видов последующего использования в народном хозяйстве (таблица 1) [9].

Таблица 1 - Классификация нарушенных земель по направлениям рекультивации

Группа нарушенных земель по направлениям рекультивации	Вид использования рекультивированных земель
Земли сельскохозяйственного направления рекультивации	Выращивание зерновых и иных сельскохозяйственных культур. Овощеводство. Выращивание тонирующих, лекарственных, цветочных культур. Садоводство. Выращивание льна и конопли. Сенокосение. Выпас сельскохозяйственных животных. Обеспечение сельскохозяйственного производства. Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции
Земли лесохозяйственного направления рекультивации	Лесные плантации. Резервные леса. Охрана природных территорий
Земли водохозяйственного направления рекультивации	Рыбоводство. Охота и рыбалка. Общее пользование водными объектами. Специальное пользование водными объектами. Гидротехнические сооружения
Земли рекреационного направления рекультивации	Отдых (рекреация). Объекты культурно-досуговой деятельности. Парки культуры и отдыха. Природно-познавательный туризм. Туристическое обслуживание. Охота и рыбалка
Земли природоохранного направления рекультивации	Деятельность по особой охране и изучению природы. Охрана природных территорий
Земли строительного направления рекультивации	Жилая застройка. Общественное использование объектов капитального строительства. Предпринимательство. Производственная деятельность. Транспорт. Специальная деятельность. Земельные участки (территории) общего

	пользования
Земли консервационного и санитарно-гигиенического направления рекультивации	Запас

Разрешенное использование рассматриваемых земельных участков – специальная деятельность. Так как вид разрешенного использования участка определяет направление рекультивации, целесообразно выбрать строительное направление рекультивации данного полигона.

Согласно ст.3 Федерального закона № 89-ФЗ к приоритетным направлениям государственной политики в области обращения с отходами в Российской Федерации относят использование наилучших доступных технологий при обращении с отходами; комплексную переработку материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов; использование методов экономического регулирования деятельности в области обращения с отходами в целях уменьшения количества отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот.

При выполнении рекультивации рассматриваемого полигона необходимо применить следующие наилучшие доступные технологии (НДТ), соответствующие перечню НДТ, представленных в [10]:

- НДТ_{РО_Н(Н)2} – «уплотнение отходов при захоронении ТКО навалом (насыпью)»;
- НДТ₃₂ – «устройство верхнего изоляционного покрытия из комбинации природных и искусственных материалов с изолирующим слоем из геомембраны»;
- НДТ_{ОБ_УО2} – «укрепление внешних откосов с использованием геосинтетических материалов»;
- НДТ_{О/ВОД1} – «очистка дренажных и ливневых вод перед их сбросом в водные объекты».

Необходимо предусмотреть систему сбора и отвода фильтрата на очистные сооружения фильтрата, откуда очищенные воды (пермеат) поступают в резервуар сбора пермеата [11, 12].

Полигоны ТКО представляют собой сложные техногенные образования, в пределах которых в высоких концентрациях находятся различные по генезису и составу вещества, претерпевающие глубокие и длительные биохимические изменения. Происходящие в толще отходы биохимические и химические реакции обуславливают выделение тепла и образование новых веществ, находящихся в твердом, жидком и газообразном состоянии. Основное негативное воздействие полигона на компоненты природной среды обусловлено отходами органогенного происхождения, представляющими собой основу для образования биогаза.

С целью минимизации негативного воздействия на окружающую среду, выравнивания внутреннего давления в теле полигона, обеспечения пожаро-взрывобезопасности полигона, предупреждения неконтролируемого накопления и перемещения биогаза в теле полигона, а также неконтролируемой миграции его за пределы свалочного тела, минимизации эмиссий биогаза необходимо предусмотреть создание системы дегазации полигона. На практике применяются пассивные и активные системы дегазации. Выбор метода дегазации определяется направлением дальнейшей рекультивации полигона с учетом таких факторов, как количество образующегося биогаза, возраст полигона, содержание органических веществ в захороненных отходах, состояние поверхности полигона.

Федеральным законом от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» вокруг объектов и производств, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, устанавливается специальная территория с особым режимом использования - санитарно-защитная зона (СЗЗ), размер которой обеспечивает уменьшение воздействия загрязнения на атмосферный воздух до

значений, установленных гигиеническими нормативами. В соответствии с [13] размер санитарно-защитной зоны полигона твердых коммунальных отходов составляет 500 м. Определение достаточности размеров санитарно-защитной зоны 500 м во всех направлениях производится по факторам химического и физического воздействия.

Так как на рекультивируемом полигоне необходимо устройство системы активной дегазации, после завершения работ объект может являться источником негативного воздействия на окружающую среду. В этом случае проект санитарно-защитной зоны рекультивируемого полигона необходимо разработать и утвердить до начала производства работ после утверждения в установленном порядке проектных решений.

Ликвидация объекта накопленного вреда осуществляется в два этапа: технический и биологический.

Технический этап рекультивации: – подготовительные работы; – проведение земляных работ по срезке, перепланировке захороненных отходов; террасированию, выполаживанию и уплотнению откосов; – устройство системы сбора и очистки фильтрата; – устройство активной системы сбора и утилизации свалочного газа; – устройство рекультивационного экрана из геосинтетических и минеральных материалов; – устройство системы сбора ливневых стоков; – устройство технологических проездов; – строительство комплекса зданий и сооружений; – устройство инженерных сетей; – благоустройство территории.

Биологический этап рекультивации осуществляется вслед за техническим этапом, включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на завершение восстановления нарушенных земель (подготовка плодородного слоя, посев многолетних трав, уход за насаждениями). Подбор трав для посева производится в соответствии с природно-климатическими условиями территории.

Таким образом, после проведения всех технических и биологических этапов рекультивации, рассматриваемый полигон ТКО будет соответствовать нормативам качества окружающей среды и требованиям законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Библиографический список

1. **Отчет счётной палаты РФ** «Анализ выполнения мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность РФ, в части ликвидации объектов накопленного вреда и формирования комплексной системы обращения с ТКО» от 29.09.2020 г.
2. **СП 320.1325800.2017.** Свод правил. Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация.
3. **Фонова, С. И.** Основные требования к инженерно-геологическим изысканиям / С. И. Фонова, И. И. Косинова // Методические рекомендации по проведению инженерных изысканий в Воронежской области. Косинова И. И. Под общей редакцией И. И. Косиновой. Воронеж, 2012. С. 115-141.
4. **Фонова, С. И.** Основные требования к инженерно-геодезическим изысканиям / С. И. Фонова, И. И. // Методические рекомендации по проведению инженерных изысканий в Воронежской области. Косинова И. И. Под общей редакцией И. И. Косиновой. Воронеж, 2012. С. 91-114.
5. **Бурак, Е. Э.** Современное экологическое состояние городской территории с учетом техногенного загрязнения / Е. Э. Бурак, С. И. Фонова, Н. И. Мироненко // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы Пятнадцатой Общероссийской научно-практической конференции изыскательских организаций. 2019. С. 153-160.
6. **Воробьева, Ю. А.** Внедрение селективного сбора отходов в России / Ю. А. Воробьева, Е. Г. Мизилина // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2016. № 1 (22). С. 101-105.

7. **Фонова, С. И.** Закономерности пространственного распределения загрязняющих веществ в городских условиях / С. И. Фонова, И. И. Косинова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2015. № 2. С. 122-124.
8. **Постановление Правительства РФ** от 10.07.2018 N 800 (ред. от 07.03.2019) "О проведении рекультивации и консервации земель" (вместе с "Правилами проведения рекультивации и консервации земель").
9. **ГОСТ Р 59060-2020.** Национальный стандарт Российской Федерации. Охрана окружающей среды. Земли. Классификация нарушенных земель в целях рекультивации.
10. **ИТС 17-2016.** «Размещение отходов производства и потребления».
11. **Фонова, С. И.** Математическое моделирование загрязнения приповерхностных отложений аэрозольными частицами / С. И. Фонова, О. В. Базарский, И. И. Косинова // Инженерные изыскания. 2015. № 5-6. С. 76-79.
12. **Фонова, С. И.** Визуальная оценка размеров частиц в аэрозольных облаках / С. И. Фонова, О. В. Базарский, И. И. Косинова // Фундаментальные проблемы системной безопасности. Материалы V Международной научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения выдающегося ученого, генерального конструктора ракетно-космических систем академика В.Ф. Уткина. Министерство образования и науки РФ, Российская академия наук, Вычислительный центр им. А.А. Дородницына, ФГБОУ ВПО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина; Редколлегия: председатель Северцев Н.А., председатель Герасимова Е.Н., члены редколлегии: Гнеденко Д.Б., Зайцев А.А., Захарова М.А. и др., 2014. С. 299-301.
13. **СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.** «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

Reclamation of solid municipal waste landfill in Zheleznogorsk

*E. E. Burak, S. I. Fonova, I. I. Kosinova, R. A. Luchnikov, burak.e@mail.ru
Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation*

Abstract: The article deals with the problems associated with the negative impact of MSW landfills on the environment.

Key words: solid municipal waste landfill, reclamation, waste disposal.

Глава 3

Экологические последствия практически-хозяйственной деятельности в геосферах



УДК 624.138

ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СВОЙСТВ СЛАБЫХ ГРУНТОВ НА ДЛИТЕЛЬНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ

Т.Т. Абрамова, attoma@mail.ru

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. В данной работе представлено обобщение теоретических и практических исследований по оценке устойчивости геотехнических систем с помощью широкого спектра современных технологий, позволяющих превращать слабый грунтовый массив в сложную геотехническую систему с улучшенными свойствами. Рассмотрены следующие технологии: инъецирование (с однородной пропиткой грунта, разрывные, струйные), глубинное перемешивание, электроразрядная.

Ключевые слова: слабые грунты, закрепление, инъекция, струйная цементация, бурсмесительная технология, электрический взрыв, геофизический контроль, продольные волны.

Глубинная обработка слабых грунтов предполагает увеличение их прочности, несущей способности, уменьшение сжимаемости, водопроницаемости, ослабление или ликвидацию чувствительности к динамическим воздействиям. В связи с этим выбор наиболее пригодного способа обработки слабого грунта может быть сделан с учетом нескольких факторов, специфических для рассматриваемой задачи.

Наиболее важными среди них являются:

- определение уровня необходимого улучшения таких свойств грунтов, как прочность, устойчивость, сжимаемость и проницаемость;
- тип грунта, его состав, структура и особенности вяжущего материала.

Разработанные к настоящему времени способы глубинной обработки грунтов были объединены в три основные группы.

1. Инъекционный процесс: а) инъекция с однородной пропиткой грунта; б) разрывная инъекция; в) уплотнительная инъекция; г) струйная технология.
2. Метод глубинного перемешивания или бурсмесительная технология;
3. Электроразрядная технология.

Выбор конкретного способа определяется инженерно-геологическими условиями участка работ, глубиной инъекционных работ и назначениями инъекции.

В связи с этим была проведена попытка систематизации наиболее перспективных способов преобразования слабых дисперсных грунтов, позволяющих изменять их свойства на длительную перспективу.

Инъекционный процесс, как специфическая технология нагнетания под давлением различных жидких веществ, широко используется в настоящее время.

1 а. Инъекционная пропитка грунтов осуществляется специально подобранными растворами, обладающими цементирующими возможностями. Такой характер распространения растворов предусматривает применение давлений инъекций ниже

«критических», т.е. давлений, исключающих разрыв грунта. Эффективность использования этого варианта инъектирования грунтов определяется оптимальным сочетанием проницаемости грунтов и структуры порового пространства с реологическими свойствами инъекционных растворов. Именно для этого варианта внедрения раствора проведено разделение грунтов на группы, в пределах которых наиболее приемлемо применение тех или иных инъекционных рецептур. В этом случае используется огромный спектр разнообразных растворов с заданными технологическими свойствами. Оценка эмпирических критериев (гранулометрический состав, коэффициент фильтрации и др.), полученных на основе экспериментальных и производственных опытов, легла в основу различных классификаций зависимости способа инъектирования от типа пород. Общеизвестны классификации Б.А. Ржаницына, В.В. Аскалонова, В.М. Безрука, С.Д. Воронкевича [1]. К основным параметрам инъекционного процесса в классическом варианте относятся: 1) радиус инъекции; 2) расход инъекционных растворов; 3) время инъекции; 4) давление инъекции.

Анализ проведенных исследований показывает, что в благоприятных условиях при правильно выбранной технологии работ и хорошем их качестве можно достичь положительных результатов. Однако преобразование слабых грунтов связано со значительными сложностями, что и предопределяет необходимость проведения оперативного контроля качества и эффективности таких работ. Одним из методов такого контроля является геофизический, позволяющий достаточно быстро и надежно оценить изменения свойств и состояния грунтов в процессе их упрочнения без разрушения сплошности грунтового массива. Ультразвуковой метод, обладающий высокой разрешающей способностью, позволил большому количеству ученых (Э.А. Бочко, В.Н. Никитину, В.С. Дубровину, П.И. Логиновой и др.) выявить основные закономерности процесса структурообразования в грунтах. Определено, что скорость продольных волн зависит от свойств грунта, типа вяжущего, времени твердения.

Следовательно, классический вариант введения растворов в грунты – однородная пропитка – может использоваться для повышения их устойчивости к динамическим нагрузкам только с учетом оптимального сочетания проницаемости грунтов с реологическими свойствами инъекционных растворов.

1 б, в. В настоящее время для снижения уровня техногенных вибраций используются различные технологии разрывных инъекций. Разрывная инъекция грунтов проводится с частичным или полным разрушением грунта, путем использования нагнетания под большим давлением заведомо неинъектабельных растворов в виде густых суспензий и вязких коллоидных систем. Давление разрыва зависит от механических свойств среды и глубины инъекции. Полости разрыва рассматриваются в виде дополнительной поверхности инъектора. При достижении так называемого критического давления, когда скорость инъекции раствора выше, чем скорость фильтрации грунта, давление инъекции увеличивается с возрастанием объема раствора, происходит уплотнение грунта вокруг зоны пропитки с частичным разрушением структуры грунта. Изучение новых технологических решений по удержанию и накоплению закрепляющих растворов в зоне инъекции позволило систематизировать различные схемы оконтуривания упрочняемого массива грунта: 1) двумя экранами: вертикальным и горизонтальным (фирма «Геомассив»); 2) «компенсационным нагнетанием» (ООО НПЦ «Фундамент»); 3) замкнутой рабочей системой (ОАО «УралНИИАС»). Выбор рассмотренных технологических схем инъектирования грунтов обусловлен созданием таких условий, при которых закрепляющие растворы не растекаются произвольно, а образуют контур вокруг зоны уплотнения, в результате чего разрыв грунта не может покинуть зону уплотнения. Выявлены различные формы преобразованных грунтов в зависимости от технологии. Это пластина, столбы и массив. Определено, что прочность грунтов на стадии твердения цементной смеси возрастает в 4 – 6 раз. Контроль (динамическое и статическое зондирование) качества проведенных работ с помощью вышеперечисленных технологий этих фирм показал высокую их эффективность. Сопротивление при динамическом зондировании после закрепления различных типов

неустойчивых дисперсных грунтов повышается в 1,5 – 2,7 раза, а при статическом зондировании – в 1,3 – 1,9 раз. Модуль деформации упрочненных глинистых грунтов может увеличиться в 2 – 10 раз, а значения удельного сцепления соответственно – в 1,8 – 2 раза, величина остаточной деформации уменьшается в 3 – 5 раз.

Исследования, проведенные на большом количестве объектов страны, позволили определить, что преобразование свойств грунтового массива с помощью вышеописанных технологий позволяет повысить его сейсмическую устойчивость. Сейсмическая балльность массива снижается до 2 баллов [4].

Различные модификации разрывных инъекций позволяют успешно обрабатывать все виды слабых и структурно-неустойчивых грунтов. Технология высоконапорной инъекции достаточно сложна, в связи с этим показана необходимость геофизического контроля за всей зоной инъецирования грунтов. Эффективность этого способа контролируется структурной прочностью грунта, обводненностью и строгим соблюдением режима нагнетания (давление, расход и т.п.); важной разновидностью данного типа обработки слабых грунтов является уплотнительная инъекция.

1 г. Одной из наиболее перспективных геотехнологий закрепления грунтов является струйная в различных ее видах. Существуют три типа струйной технологии: одно-, двух- и трехкомпонентная, отличающиеся числом рабочих агентов, соответственно различным использованием энергии струи жидкости для разрушения и перемешивания исходного природного грунта под давлением от 1 до 70 МПа. Она высокопроизводительно позволяет создавать грунтоцементные конструкции различных размеров и форм для всех типов грунтов.

Анализ работ, проведенных А.Г. Малининым [3], П.А. Малининым, В.М. Улицким, А.В. Шахназаровым, А.Г. Шашкиным, С.Г. Боговым, И.М. Лебешевым, М.С. Засориным и др. на самых сложных объектах нашей страны, показал, что прочностные свойства материала грунтоцементных свай зависят от многочисленных факторов: гранулометрического состава грунта, водоцементного отношения раствора, количества цементного раствора на 1 п.м. свай, скорости подъема монитора. В связи с этим диапазон прочностных характеристик свай колеблется от 0,3 – 3,0 МПа (торф), 1 – 12 МПа (ил, глина); 2 – 14 МПа (супесь, суглинок) до 5 – 30 МПа (песок, гравий). В зависимости от технологических параметров прочностные свойства свай даже для одного типа грунта могут значительно изменяться. Например, при сооружении свай в супесях, снижая водоцементное соотношение рабочего раствора В : Ц от 1,0 до 0,7, можно повысить прочность материала свай в 1,5 – 2 раза.

Результаты сейсмоакустических исследований, включающие в себя два вида каротажей и межскважинное просвечивание с последующим топографическим обращением, позволяют оценить в количественной мере степень однородности массива закрепленных грунтов и построить зависимости предела прочности на одноосное сжатие закрепленного грунта в заданном интервале глубин.

2. В последнее время, благодаря развитию новых методов устройства грунтоцементных массивов, все больше набирает популярность в фундаментостроении буросмесительная технология. Ее отличает от вышеперечисленных технологий не только отсутствие вибраций, но и высокая экологичность и экономичность, так как используется местный грунт.

Буросмесительный способ был впервые применен в СССР в 1949 году. Большой вклад в развитие технологии перемешивания грунтов внесли В.М. Безрук, Э.В. Мокс, В.Е. Соколович [5], А.Н. Токин, А.В. Шапошников и др. В нашей стране эта технология не получила широкого распространения в связи с невысоким уровнем оборудования. Зарубежные компании довели оборудование для закрепления грунтов до практического применения, поэтому за рубежом он используется довольно успешно. В связи с этим, основные научные исследования, связанные с изучением технологии перемешивания грунтов в различных инженерно-геологических условиях, проводились зарубежными учёными.

Глубинное смешивание (DSM) классифицируется по виду используемого вяжущего (цемент, известь, гипс, зола, шлак и т.д.) и методу смешивания (мокрое или сухое, вращение или гидравлическое погружение, шнек или лопасть), выбор которых зависит от грунтовых условий и спецификации проекта. Метод мокрого перемешивания (Wet mixing), при котором вяжущее подается в растворе, дает возможность устройства грунтоцементных элементов на глубине более 30 м с использованием различных грунтов от слабых пластических глин до средней плотности песка и гравия с включениями булыжников. Этот метод наиболее популярен в России. Его преимущество заключается в экономии материала-заполнителя, так как слабый грунт не удаляется, а только смешивается с вяжущим раствором.

Раствор цемента как вяжущее считается более универсальным и подходит для грунтов любого типа. Вместо него можно использовать известь, золу, шлак и др. С помощью этого метода на месте устанавливаются грунтоцементные колонны, которые могут быть в диаметре от 40 до 120 см. Максимальная длина колонн достигает 25 – 30 метров.

Анализ изученных материалов показал, что равномерное распределение вяжущего в грунте создает возможность наиболее полного прохождения химических реакций гидратации и гидролиза цемента. Механические характеристики грунтоцемента зависят от: состава и свойств грунтов (гранулометрический, химико-минеральный составы, структурно-текстурные особенности), количества вводимых компонентов (цемента, воды и др.).

Применение данной технологии наиболее эффективно в неблагоприятных инженерно-геологических условиях, в условиях сильного обводнения грунтов, что значительно расширяет фронт ее воздействия на структурно-неустойчивые грунты (пльвуны, илы, просадочные лессы и др.). Отсутствие сильных вибраций свидетельствует о том, что она может применяться в местах с высокой концентрацией построек и в жилых районах.

3. В настоящее время одной из инновационных технологий глубинного преобразования грунтов является электроразрядная. Эта технология основана на применении мощных электрических разрядов в грунтах как средстве возбуждения ударных волн и импульсов высокого давления.

Устройство свай по электроразрядной технологии заключается в том, что в скважине, заполненной жидкой бетонной смесью, производят электрические взрывы (ЭВ) с определенной частотой. Каждый ЭВ в бетонной смеси порождает волны давления и послевзрывную расширяющуюся полость (камуфлетная полость), воздействующие на стенки скважины. Грунт в зоне такого воздействия уплотняется, а скважина расширяется, причем каждое локальное расширение сразу же заполняется бетонной смесью.

Показано, что эта технология наиболее эффективна в водонасыщенных песках, которые при силовом действии электрических разрядов, возбуждаемых в бетонной смеси, переходят временно в разжиженное состояние. После серии электровзрывов скважина начинает расширяться. Под действием взрыва цементный раствор «вынужденно» смешивается с окружающим песком, создавая слой грунтоцемента. Увеличение объема скважины в зоне действия электровзрыва приводит к повышению плотности окружающих грунтов, т.е. за грунтоцементным слоем образуется уплотненная зона. Под действием взрыва вода фильтруется вглубь массива, т.е. взрыв «выжимает» воду из песка. В уплотненной зоне понижается пористость и водопроницаемость, данная зона препятствует попаданию воды в скважину из водонасыщенного массива. Грунтоцементный слой отвечает за устойчивость скважины.

Преобразование песчаных грунтов с помощью разрядно-импульсной технологии (РИТ) при изготовлении свай показало, что коэффициент пористости песков может снижаться в 1,04 раза (с 0,726 до 0,701); влажность – в 1,17 раза; плотность – возрастать в 1,02 раза; сцепление – увеличиваться в 3,5 раза. Для описываемой технологии весьма сложными являются маловлажные пески, которые быстро обезвоживают инъецируемую бетонную смесь в скважине и препятствуют ее последующей обработке.

Исследования В.Я. Еремина и А.В. Еремина [2] показали, что при использовании разрядно-импульсной технологии нет разрушительного низкочастотного динамического

воздействия на грунт, так как электровзрыв происходит в локальной зоне и в движение не вовлекаются сколько-нибудь значительные массы грунта, как при забивке свай. Крепления бортов котлована и окружающие, даже ветхие здания, легко переносят высокочастотные (50 Гц и более) динамические воздействия. Скорость распространения волн столь высока, что здания их «не слышат». Следовательно, электрический разряд в скважинах с энергиями до 40 – 60 кДж при напряжении разряда 5 – 15 кВ и заглублении излучателя не менее 4 м от поверхности земли является практически безопасным для большинства типов зданий и сооружений.

В заключение можно отметить, что создание новых геотехнических массивов с улучшенными свойствами осуществляется с использованием широкого спектра технологий от наиболее известных, классических, до инновационных, не имеющих аналогов в мире. При искусственном преобразовании слабых грунтов вышеперечисленными способами характер процессов (химических и физико-химических), протекающих при их упрочнении, является однотипным. Основным отличием являются технологические особенности выполнения работ.

Использование этих технологий приводит к существенному изменению физико-механических свойств слабого дисперсного грунта, повышению его плотности, уменьшению влажности, увеличению угла внутреннего трения, модуля Юнга, что в совокупности приводит к повышению несущей способности геотехногенного массива.

Определены границы возможности искусственного улучшения слабых грунтов (водонасыщенные пески, обладающие плавунными свойствами; глинистые заиленные; текуче-пластичные глины и заторфованные породы) с помощью всех разрывных, буросмесительной и электроразрядной технологий.

Выявлено, что закономерности процесса структурообразования в грунтах, обработанных вяжущими, могут быть эффективно исследованы геофизическими методами. Показатели скорости распространения продольных волн зависят от свойств грунта, типа вяжущего, времени твердения грунтовой смеси. Широкий выбор геофизических методов позволяет проводить контроль качества грунтоцементных свай и искусственно преобразованного грунтового массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронкевич, С.Д. Основы технической мелиорации грунтов / С.Д. Воронкевич. – М.: Научный мир, 2005 – 498 с.
2. Еремин, В.Я. Высотным зданиям – надежный фундамент / В.Я. Еремин, А.В. Еремин // Проблемы механики грунтов и фундаментостроения в сложных грунтовых условиях: труды международной конференции. Т. 1 – Уфа, 2006. – С.69-75.
3. Малинин, А.Г. Применение технологии струйной цементации грунтов в транспортном строительстве / А.Г. Малинин // Метро и тоннели. – 2001. – №6. – С.16-18.
4. Осипов, В.И. Геокомпозиционный экран – эффективное средство снижения уровня техногенной вибрации / В.И. Осипов [и др.] // Инженерно-геологические изыскания в строительстве: теоретические основы, методика, методы и практика: Сергеевские чтения. – Вып.8. – М.: ГЕОС, 2006. – С. 236-239.
5. Соколович, В.Е. Физико-химические процессы при закреплении илов цементами / В.Е. Соколович // Применение цементогрунта в фундаментостроении: тез. докл. всесоюзн. совещ. – М.: Стройиздат, 1984. – С.75-76.

STUDY AND ANALYSIS OF METHODS FOR TRANSFORMING THE PROPERTIES OF WEAK SOILS FOR A LONG TIME

T.T. Abramova, attoma@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. This paper presents a generalization of theoretical and practical studies to assess the stability of geotechnical systems using a wide range of modern technologies that make it possible to transform a weak soil mass into a complex geotechnical system with improved properties. The following technologies are considered: injection (with homogeneous soil impregnation, discontinuous, jet), deep mixing, electric discharge

Keywords: weak soils, consolidation, injection, jet grouting, deep soil mixing technology, electric explosion, geophysical control, longitudinal waves.

УДК 55; 504; 574

ЭКОЛОГО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАССИВОВ НАМЫВНЫХ ГРУНТОВ РАЙОНОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

T.A. Baraboshkina ecolab@mail.ru

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. В статье выполнена систематизация этапов формирования ресурсного потенциала эколого-геологических систем массивов намывных грунтов, как продукт природного и техногенного развития территорий. Согласно обобщенным данным составлена унифицированная схема трансформации качества ресурса геологического пространства районов энергетических комплексов, рассмотрены варианты использования ресурсного потенциала данного типа намывных грунтов в некоторых отраслях хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: эколого-ресурсный потенциал, намывные массивы грунтов, энергетические комплексы, техногенные месторождения

В Северной Евразии в эпоху четвертой промышленной революции рост энергоемких производств предопределяет использование возобновляемой «зеленой» энергии в комплексе с традиционными региональными источниками углеводородного сырья (уголь, торф, сланцы). Побочным продуктом их сжигания являются золы и шлаки, перемещаемые гидротранспортом в отвалы. По своему генезису это намывные техногенно-образованные эколого-геологические системы (ЭГС), состав и свойства которых кардинально отличается от природных образований.

Особенностью компонентов намывных ЭГС является короткий период их формирования в масштабах геологического времени. Состав и структура данного типа ЭГС предопределена типом сжигаемого топлива, технологией намыва, инженерно-геологическими и ландшафтными условиями районов, режимом водоотведения, а также уровнем внедрения на всех этапах технологического процесса наилучших доступных технологий, включая рекультивационные мероприятия.

Эколого-ресурсный потенциал намывных ЭГС уникален и формируется поэтапно на всех звеньях технологической цепочки: от добычи твердых углеводородов, их термохимических превращений в котлах электростанций, гидротранспортировки по трубопроводам в составе пульпы (соотношение твердой (золошлаковой) и жидкой ее компоненты (водной) 1:(50-70), реже 1:1), в процессе гидронамыва и техногенного седиментогенеза в теле массива. ЭГС массивов намывных грунтов имеют вертикальную и горизонтальную дифференциацию материала по гранулометрическому составу. Плотность колеблется от 1,53-2,60 г/см³, коэффициенты фильтрации для шлаковой зоны достигают 9-10 м/сут и выше [2, 7, 8].

Преимущественно в центральной части массива располагается пруд-отстойник в котором идет осветление воды и дифференциация золошлакового материала (ЗШМ). В процессе техногенного седиментогенеза формируется зона сброса пульпы - с преобладанием шлаковых фракций (размером более 2 мм); промежуточная (пляжная) зона - с преобладанием зольных частиц (размером менее 2 мм); зона пруда-отстойника - в пределах которой почти отсутствуют шлаковые фракции [9]. Целесообразно выполнять обследование данных зон как на предмет наличия токсичных элементов, так и с позиции формирования намывного техногенного месторождения полезных ископаемых.

Комплексный эколого-геологический анализ ЭГС территорий ряда станций Центральной Азии, Восточной Сибири и смежных территорий, имеющих комбинированную выработку электрической и тепловой энергии, осуществлен на базе синхронизации данных о состоянии абиотических (намывные техногенные грунты, подземные воды, донные отложения, почвы) и биотических (растения, бентосные организмы, здоровье населения) компонентов ЭГС; выполнено районирование территории на классы состояния эколого-геологических условий по уровню изменения абиотической и биотической составляющей эколого-геологической системы. В таблице 1 представлена систематика трансформации ЭГС и качества ресурса геологического пространства для расселения биоты и проживания человека с учетом в районах местоположения энергетических комплексов [2, 11,13] (таблица 1).

Таблица 1 – Унифицированная схема трансформации эколого-геологических систем массивов намывных грунтов в районе энергетических комплексов

Класс состояния ЭГУ	Основные тренды		Интегральный фактологический индекс * [a] [б] [в] [г] [д] [ж]
	Трансформация экологических функций литосферы (ЭФЛ)	Ведущие экологические последствия	
Катастрофический	Трансформация ресурсной, геохимической, геодинамической и геофизической ЭФЛ. Потеря качества ресурса геологического пространства (низкий потенциал) для проживания человека, расселения биоты, создания заповедных зон, а также для различных видов аграрной деятельности	Ликвидированы естественные фито-, зоо- и микробоценозы.	[0] [0] [0] [0] [0] [0]
Неудовлетворительный	Трансформация ресурсной, геохимической, геодинамической ЭФЛ. Снижение потенциала ресурса геологического пространства для проживания человека, создания заповедных зон, для аграрного и лесохозяйственного использования. Пониженный потенциал – для расселения биоты и для животноводства.	Ускоренная смена наземных и водных биоценозов – гибель древесных форм и кустарников, преобладание осоково-злаковой растительности. Принудительная миграция животных и человека.	[0] [1] [0] [0] [1] [0]

Условно-удовлетворительный	<p>Трансформация ресурсной, геохимической, геодинамической ЭФЛ. Пониженный потенциал ресурса геологического пространства для проживания человека, для аграрного и лесохозяйственного использования.</p> <p>Средний – для расселения биоты и для животноводства. Низкий – для создания заповедных зон.</p>	<p>Доминируют кустарниковые виды, разнотравно-злаковые луга. Часть территории занята огородами. Заболеваемость населения, проживающего в зоне влияния намывной ЭГС характеризуется преобладанием бронхо-легочной патологии, дерматитов, гнойных воспалительных заболеваний глаз выше по сравнению с контрольными районами.</p>	<p>[1] [2] [0] [1] [2] [1]</p>
<p>* В числителе отражается пригодность территории для расселения биоты, а именно: [a] - для расселения человека; [б] - для естественного расселения флоры и фауны, характерной для данной территории; [в] - для создания заповедных зон.</p> <p>В знаменателе отражается пригодность территории – для различных видов сельскохозяйственного и лесохозяйственного освоения, характерного для данной местности: [г] - для аграрного освоения; [д] - животноводства; [е] - для лесоводства.</p>			

Эпизоды обострения эколого-геологических условий в районе массивов техногенных грунтов фиксируются при снижении пылеподавляющих мероприятий, что ведет к увеличению интенсивного пылевого сноса мелкодисперсной фракции на прилегающую территорию [4, 5,10,12]. Сопоставление статистических данных по заболеваемости жителей сел, расположенных вблизи намывных массивов в сравнении с проживающими в селах, находящимися на условно фоновых территориях, показало, что в первом случае фиксируются более высокие показатели бронхо-легочной патологии у всех возрастных и гендерных групп [11,13].

Эколого-геохимическими особенностями намывных ЭГС является тесная зависимость ведущей ассоциации элементов от типа используемых углей, технологии сжигания и способа удаления продуктов сгорания, местоположения и фракционный состава осадка. Среди *микрокомпонентов* наиболее часто фиксируется в золах: бор, молибден, стронций, цирконий, уран, мышьяк, ванадий, цинк, свинец, никель, кобальт, скандий [8, 9].

С увеличением щелочности миграционная способность элементов катионов снижается, а микроэлементов, входящих в состав анионов Mo, V, As, Se возрастает, что может приводить к формированию вокруг техногенного массива биогеохимических аномалий, характеризующихся повышенным содержанием в природных средах спектра токсичных элементов, способных вызывать негативные изменения в развитии растений, животных и человека [1, 3].

Исследования аквальных экосистем (техногенные озера, пруды), приуроченных к золоотвалам одной из ТЭЦ в г. Омске, показали, что наряду с изменением состава подземных и поверхностных вод, донных отложений, идет изменение макро- и микроэлементного состава бентосных организмов. В раковинах моллюсков нарушается соотношение Ca и Sr в пользу последнего элемента, раковины становятся хрупкими и прозрачными, что ведет к преждевременной гибели моллюсков [13].

Одним из *способов снижения миграционной способности токсичных элементов* является формирование на основе зол и шлаков новых дорожно-строительных материалов. Зола от сжигания твердого топлива преимущественно состоит (на 98-99%) из свободных и связанных соединений оксидов кремния, алюминия, железа, кальция, магния, калия, натрия,

титана, серы. По химическому составу золы классифицируются на высококальциевые (концентрация СаО более 20 %) и кислые (СаО менее 20%). Исходя из особенностей макросостава - ЗШМ потенциальный ресурс для производства цемента, кирпича, ячеистого бетона, легких заполнителей, оснований автодорог и других сфер хозяйственной деятельности. Благодаря искусственному минералообразованию идет связывание подвижных элементов в новые минеральные ассоциации, в результате чего токсичные элементы исключаются из миграционных процессов [4, 6, 7].

Таким образом, интенсивность изменения состава и строения намывных ЭГС в районе энергетических объектов зависит от совокупности технологических и природных факторов. К первой группе «технологических факторов» можно отнести: вид сжигаемого топлива, уровень внедрения на предприятиях наилучших доступных технологий, мощность теплоэлектростанции и др.. Вторая группа, это «природные факторы» – главные ее компоненты, как правило, метеорологические, геолого-геоморфологические и ландшафтно-геохимические характеристики территории.

Формирование ЭГС массивов намывных грунтов в районе работы энергетических комплексов - закономерный процесс при современном уровне использования твердых видов топлива и технологий его сжигания. Наиболее типичен данный он для стран, расположенных в регионах с длительным отопительным сезоном тепловых и электростанций, работающих на угле. Одним из путей снижения карбонового следа является перевод угольных и торфяных энергообъектов на газовое топливо, особенно в районах, где «хаотичная урбанизация» ориентировалась на минимизацию расстояний от селитебных территорий до источников тепла и энергии. Данный тренд привел к «внедрению» селитебных районов в пределы санитарно-защитных зон сооружений электростанций. Это осложнило как процесс эксплуатации гидротехнических сооружений, так и существенно снизило качество ресурса геологического пространства территории для проживания населения и некоторых видов хозяйственной деятельности.

Важной эколого-ресурсной особенностью ЭГС массивов намывных грунтов является обогащение ЗШМ широким спектром элементов, важных для современной индустрии. Актуально выполнять их предварительную оценку с позиции техногенного месторождения в целях поиска редких и рассеянных элементов дефицитных для современного уровня развития цивилизации.

При низких концентрациях в намывных ЭГС стратегически важных химических элементов целесообразно совершенствование методик использования ЗШМ в материалоемкой строительной индустрии в составе комплексных вяжущих для удешевления дорожного строительства и связывания токсичных элементов в малоподвижные комплексы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко В. А., Бузмаков С. А., Панин М. С. Геохимия окружающей среды. — ПГНИУ Пермь, 2013. — 359 с.
2. Барабошкина Т. А., Огородникова Е. Н. Эколого-экономический потенциал вторичных ресурсов Северной Евразии // Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ). — 2014. — Т. 19, № 1. — С. 41–45.
3. Воронкевич С. Д. Техническая мелиорация грунтов. — М.: Академическая наука, 2015. — 242 с.
4. Королёв В. А. Состав, структура и классификация эколого-геологических систем // Ломоносовские чтения-2019. Секция Геология. — МГУ, Москва <https://conf.msu.ru/rus/event/5604/>, 2019. — С. 1–3.
5. Косинова И.И., Базарский О.В., Кохинцев С.Н. Методика геоэкологической биоиндикации георисков техногенно-трансформированных территорий - Геориск. № 3, 2012, С. 22 -25.

6. Ларионова Н. А. Использование промышленных отходов в качестве вторичного минерального сырья для получения строительных материалов с заданными свойствами / Под ред. В.Т. Трофимова. — Издательство ГеоИнфо г. Москва, 2017. — 498 с.
7. Намывные грунты и управление их свойствами / Е. Н. Огородникова, С. К. Николаева, В. Чин и др. — РУДН Москва, 2014. — 368 с.
8. Николаева С. К., Огородникова Е. Н., Андреева Т. В. Массивы намывных грунтов - источник техногенных опасностей // Геоэкология. — 2012. — № 3. — С. 256–262.
9. Огородникова Е. Н., Барабошкина Т. А., Мымрин В. А. Вторичные ресурсы для дорожной индустрии - золы теплоэлектростанций и шлаки черной металлургии. — М.: РУДН, 2013. — 243 с.
10. Сорокина О. И., Кошелева Н. Е., Голованов Д. Л. Особенности загрязнения снежного покрова под воздействием топливно-энергетического комплекса (г. Улан-Батор) // Экологические проблемы промышленных городов. — Т. 1. — Саратов, 2011. — С. 141–144.
11. Сысоев Ю.М., Барабошкина Т.А. Некоторые аспекты воздействия золоотвалов ТЭС на окружающую среду. Энергетик. 1997. № 6. С. 6-8.
12. Трофимов В.Т., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д., Харькина М.А. Изменение экологических функций литосферы под влиянием энергетических комплексов / // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. — 2006. — № 1. — С. 49–58.
13. Baraboshkina T.A An estimation of environmental effect of ash stockpiles of Omsk Coal Combustion-Station// 7th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production. SWEMP 2002 / Cagliari, Italy, 2002, P.1-12.

ECOLOGICAL-RESOURCE POTENTIAL OF ALLUVIAL SOIL MASSIFS IN THE AREAS OF ENERGY COMPLEXES OF NORTHERN EURASIA

T.A. Baraboshkina ecolab@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The article systematizes the stages of formation of the resource potential of ecological and geological systems of alluvial soil massifs, as a product of natural and man-made development of territories. According to the generalized data, a unified scheme for the transformation of the resource quality of the geological space of the areas of energy complexes is compiled, options for using the resource potential of this type of alluvial soils in some branches of economic activity are considered

Keywords: ecological-resource potential, alluvial soil massifs, energy complexes, technogenic deposits

УДК 631.6

ГИДРОГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ В СТЕПНОМ КРЫМУ. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ ОРОШЕНИЯ ПО СИСТЕМЕ СКК

Н.В.Бобровников, А.Г.Десятерик, Н.Г.Голованник, gphm@yandex.ru

Нижегородская гидрогеолого-мелиоративная партия, КГМЭ, г.Нижегородск, РК, РФ

Аннотация. В докладе рассматриваются результаты мониторинга в зоне Северо-Крымского канала, и в Присивашье. Рассматривается потребность в разработке новых измерительных средств для экспресс диагностики мелиоративного состояния почв.

Ключевые слова: вода, почва, засоление, токсичные соли, мелиорация, специалисты.

Крымский полуостров на протяжении всей своей истории был сельскохозяйственным краем. В древние времена из-за засушливого климата, на большей части территории население занималось животноводством. В греческих и генуэзских

колониях на южном берегу, на сравнительно небольших площадях выращивали злаки, занимались виноградарством и садоводством [2]. Полеводство оставалось слабо развитым из-за засоления почв и дефицита водных ресурсов. Осуществить план развития орошения удалось лишь в 1963 году, открытием первой очереди Северо-Крымского канала, 17 октября 1963 года.

На орошаемых и прилегающих к ним землях, а также в населённых пунктах потребовалось строительство дренажных сетей на большей части орошаемых территорий, сопоставимых по масштабам с системой каналов. Так, только в двух районах Крымского полуострова Советском и Нижнегорском было уложено более 3 тысяч км дрен разных диаметров от 100 до 500 мм из керамических, асбоцементных, ПВХ и других не корродирующих материалов, расположенных на значительных глубинах, в среднем 2,5 - 3 метра. Потребовалась организация мониторинга уровня и минерализации грунтовых вод, засоленности почв, эту работу проводит Крымская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция. Место базирования экспедиции было определено в г. Симферополе. [3].

Оценка изменений, происходящих в почве и грунтовых водах, производится на основе наблюдений, которые осуществляются регулярно на ряде стационарных площадок, а также периодически на используемых в производстве севооборотах.

В геоморфологическом отношении солевые стационары расположены:

- в низменном Присивашье, абсолютные отметки поверхности земли 1,5-5,0 м, скв. №№ Зрс, 3937, 4657, 4172, 4118 и 3501;

- в среднепониженном Присивашье (5-10 м), скв. №№ 3641 и 4191;

- в высоком Присивашье (10-40 м), скв. №№ 4234, 3476, 3220, 3293, 4471, 3755 и 4432, в том числе террасы р.р.Салгир – Бююк-Карасу – скв. №№ 3220, 3293 и 3755.

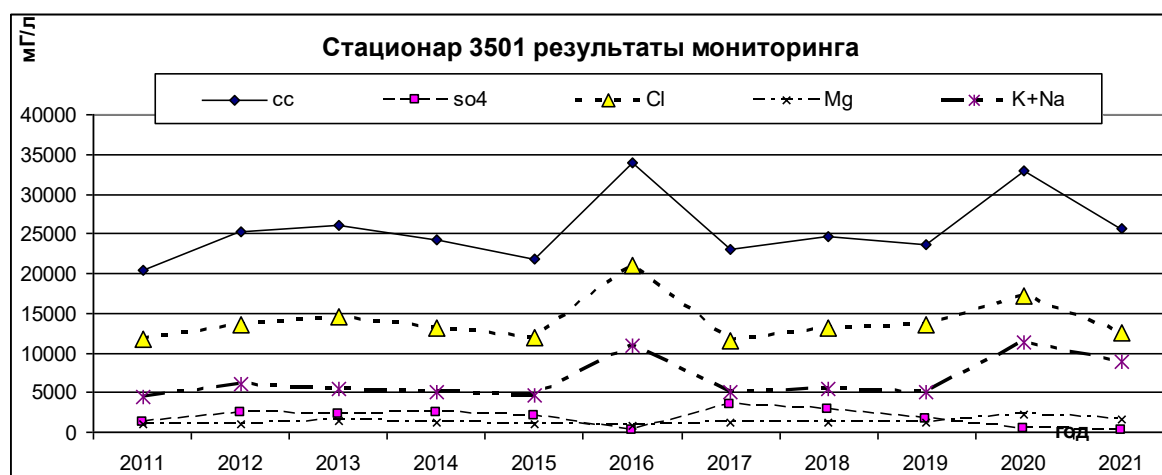
С 2014 года проблемы с орошением полей усугубились в результате диверсии на Северо Крымском канале.

Гидрогеологические условия в пределах расположения указанных стационаров характеризуются повсеместным распространением грунтовых вод. Пополнение грунтовых вод в настоящее время происходит только за счёт атмосферных осадков.

С учетом решения перечисленных задач солевые стационарные площадки характеризуют особенности изменения процентного содержания солей, типа и степени засоленности и солонцеватости почвы на различных площадках массивов, как с орошением, так и без орошения, отличающихся по своему геологическому строению, геоморфологическим, гидрогеологическим и водохозяйственным условиям, а также на площадках искусственного дренажа и участках рисосеяния.

Первые результаты мониторинга основанного на наблюдениях выполненных Нижнегорской гидрогеолого-мелиоративной партией, которая действует на территориях Нижнегорского и Советского районов, то есть в степной зоне и в Присивашье, были представлены авторами в Севастополе в 2019 году [1].

А)



Б)

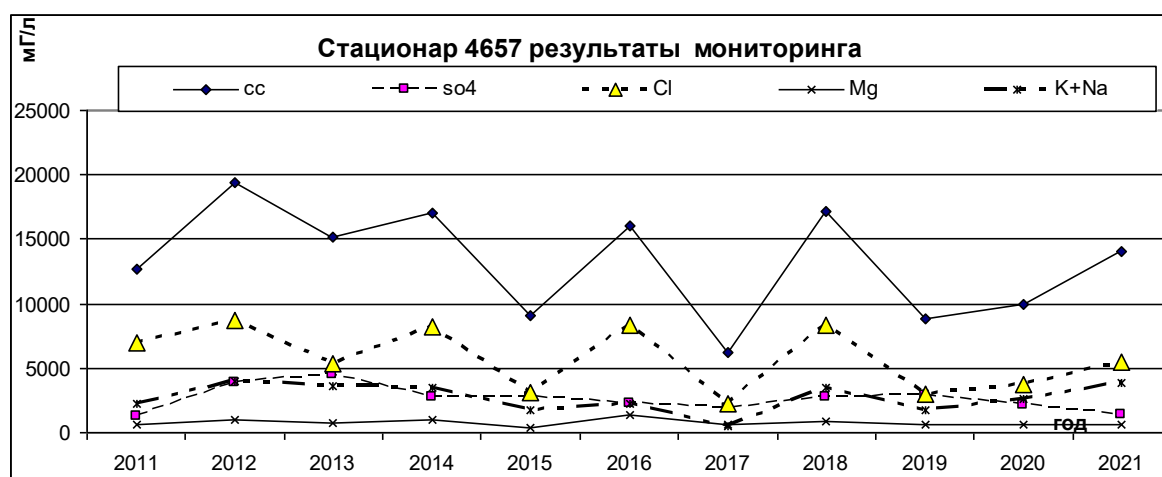


Рисунок 1 – Результаты режимных наблюдений на стационарах 3501 и 4657
Условные обозначения: сс – сумма солей, SO₄ – сульфат-ион, Cl – хлор-ион, Mg – магний, K+Na – сумма ионов натрия и калия.

Настоящий доклад демонстрирует изменения солёности подземных вод, происходящих в последующие годы, когда влажные сезоны перемежались с засушливыми. На рисунке 1 приведены примеры с результатами мониторинга минерализации грунтовой воды в скважинах 3501 и 4657, стационаров расположенных в Присивашье. Приведены графики содержания в растворах ионов, участвующих в образовании токсичных солей.

Рисунок показывает, что минерализация вод в скважинах изменяется по-разному, а не синхронно, как можно было бы ожидать, учитывая достаточно близкое их расположение. Графики отражают преобладание в растворах анионов Cl на обоих стационарах, но состав катионов различен. В скважине 3501 преобладают ионы Na⁺, в то время как в скважине 4657 катионы Mg²⁺ и K⁺ + Na⁺ содержатся в близких концентрациях. Экстремумы засоленности 2016 и 2020 годов стационара 3501, отражают увеличение содержания NaCl, наиболее подвижной из токсичных солей.

На рисунке 2 приведены аналогичные результаты для стационара, расположенного в непосредственной близости от Северо-Крымского канала. Изменения на графиках до 2014 года отражают колебания количества воды, поступавшей на поля в разные годы. Наибольший вклад в сумму солей для этого стационара степной зоны вносит сульфат-ион.

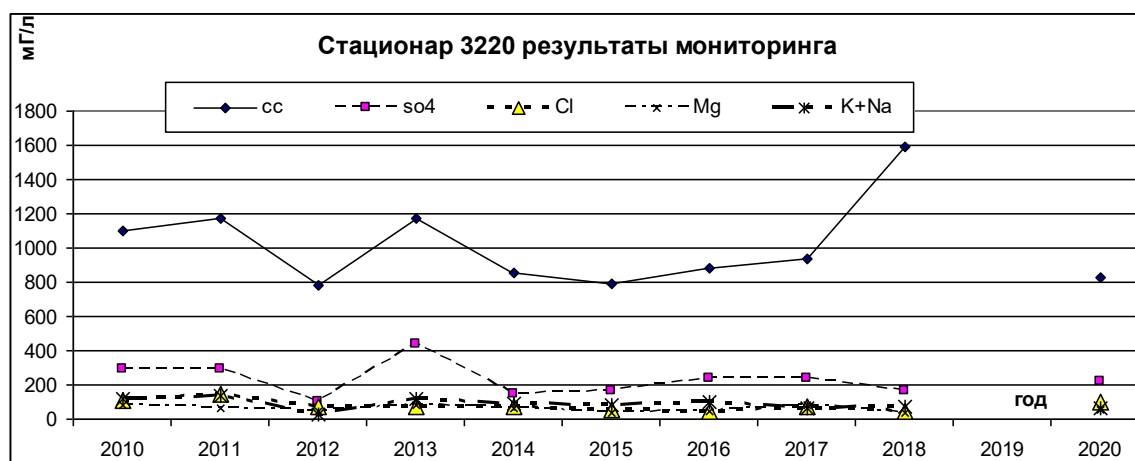


Рисунок 2 – Результаты режимных наблюдений вблизи СКК.
Условные обозначения: см.рис 1.

Уровень грунтовых вод по всем стационарным площадкам после прекращения орошения понижается, на ряде участков он опустился ниже 5 метров, и практически достигли уровня, который был до строительства Северо-Крымского канала. Минерализация грунтовых вод по всем стационарным площадкам изменяется сложным образом, как это видно на рисунках 1 и 2.

Процентное содержание общих и токсичных солей в почве верхнего слоя по большей части стационарных площадок уменьшилось, увеличение происходит в нижних слоях стационара 3501 с сохранением типа засоленности.

Солонцеватость почв в слоях 0-0,25 и 0,25-0,5 м увеличивается практически на всех стационарных площадках и севооборотах. Для исправления ситуации требуется проведение плантажной вспашки и гипсования, но ни в одном из хозяйств Советского и Нижнегорского районов нет ни одного плантажного плуга, которые ранее были сданы в металлолом, одновременно с другим оборудованием. Гипсование применяется, но очень ограниченно из-за бедственного положения сельхозпроизводителей, которые находятся на грани банкротства из-за повторяющихся засушливых периодов.

По состоянию на сегодняшний день Северо-Крымский канал на территории Крыма существует и работает, перераспределяя воду поверхностных водотоков и частично за счёт подземных вод. Дренажные системы существуют, но в большинстве своём требуют ремонта. Контроль над состоянием подземных вод и почв осуществляется, но и здесь дело идёт к упадку, из-за отсутствия притока молодых специалистов и недостаточного финансирования. Требуется развитие измерительной техники для обеспечения возможности быстрого обследования севооборотов, вместо бурения скважин, отбора образцов почв и их последующих химических анализов.

Большое количество разнообразных нерешённых проблем требует разработки единого координационного плана развития сельского хозяйства полуострова, с включением в него и развитие сопутствующих отраслей: системы подготовки молодых специалистов, развитие средств и методов оценки состояния почв, развитие базы технических средств поддержания в рабочем состоянии оросительных и дренажных сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Десятерик А.Г. и др. Мелиорация земель – важнейшее для Крыма прикладное направление экологической геологии//Экологическая геология: теория, практика и

региональные проблемы: Сб. материалов VI международной научно-практической конференции (15-18 сентября 2019 г.), том 2. Воронеж, 2019, с.18-22.

2. Исторический обзор [Текст] <https://novoross.info/kray-russkiy/23615-krymskaya-oblast-kakoy-ona-byla-selskoe-hozyaystvo.html>

3. Текст с официального сайта Крымской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции. Режим доступа-// <http://kggme.ru/index.php/struktura-kggme/kggme-opisanie>

HYDROGEOLOGICAL AND MELIORATIVE MONITORING IN THE STEPPE CRIMEA. THE FIRST RESULTS AFTER THE TERMINATION OF IRRIGATION BY THE CCM SYSTEM

*N. V. Bobrovnikov A. G. Desyaterik, N. G. Golovannik, gphm@yandex.ru
Nizhnegorsk`s hydrogeological and meliorative party, KGRE, Nizhnegorsk, RK, Russia*

Abstract. The report examines the results of monitoring in the area of the North Crimean Canal, and in the Sivash near region. The need for the development of new measuring tools for rapid diagnostics of the reclamation state of soils is considered.

Key words: water, soil, salinization, toxic salts, reclamation.

УДК 614.446.1

ТИПИЗАЦИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНОВ ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РЕГИОНА

*В.А. Бударина, И.И. Косинова, В.И. Попов, *Ф.Н. Лисецкий**, Л.С. Чернова
ФБГОУ ВО «Воронежский государственный университет», г.Воронеж, Россия
*Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко
**Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г.
Белгород, Россия*

Аннотация. Предложена типологическая классификация горнодобывающих районов (ГРД) в целях оценки комфортности среды обитания. В качестве критериев типизации использованы: особенностей добываемых полезных ископаемых, способ добычи, формируемые эколого-геохимические и эколого-геофизические последствия горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. Представлена эколого-геологическая характеристика Белгородского и Воронежского горнодобывающих районов. Дана оценка влияния интенсивности горнодобывающей деятельности на состояние иммунной системы населения, проживающего в зоне воздействия объектов ГРД. Представлены результаты исследований по динамике проявленности заболеваний COVID-19 в горнодобывающих районах первого и второго типов.

Ключевые слова: горнодобывающая деятельность, район, способ, отработка, виды, сырье, уровень, заболевание, COVID-19.

Комплексный подход, объединяющий широкий спектр исследований экологических функций литосферы позволил впервые выявить на урбанизированной территории, изобилующей объектами повышенной экологической ответственности, какой является территория ЦЧЭР, зоны повышенного экологического риска.

Анализ особенностей развития и техногенной трансформации эколого-геохимических и эколого-геофизических функций геосфер горнопромышленных районов проведен на примере Центрально-Черноземного экономического района (ЦЧЭР). В его пределах в настоящее время функционирует более 20 промышленных карьеров, в которых добываются рудные и нерудные полезные ископаемые (Рис.1). В процессе буровзрывных работ на поверхность в зависимости от масштаба открытой разработки месторождения выбрасывается от нескольких до десятков тысяч тон вещества в год. Типология источников техногенной

трансформации экологических функций геосфер для горнопромышленных районов выполнена на основе анализа особенностей добываемых полезных ископаемых, способов добычи, формируемых эколого-геохимических и эколого-геофизических последствий горнодобывающей и перерабатывающей деятельности. Данная типизация легла в основу выделения ключевых участков для анализа особенностей развития и техногенной трансформации эколого-геохимических и эколого-геофизических функций геосфер горнопромышленных регионов с потенциальными и реальными источниками повышенной экологической опасности [1].

В пределах исследуемых районов нами выделены два типа ГРД. Первый характеризуется наличием объектов добычи рудного и нерудного сырья. В него входят Белгородская и Курская области, в пределах которых происходит разработка рудных и нерудных полезных ископаемых (Рис.2,3).

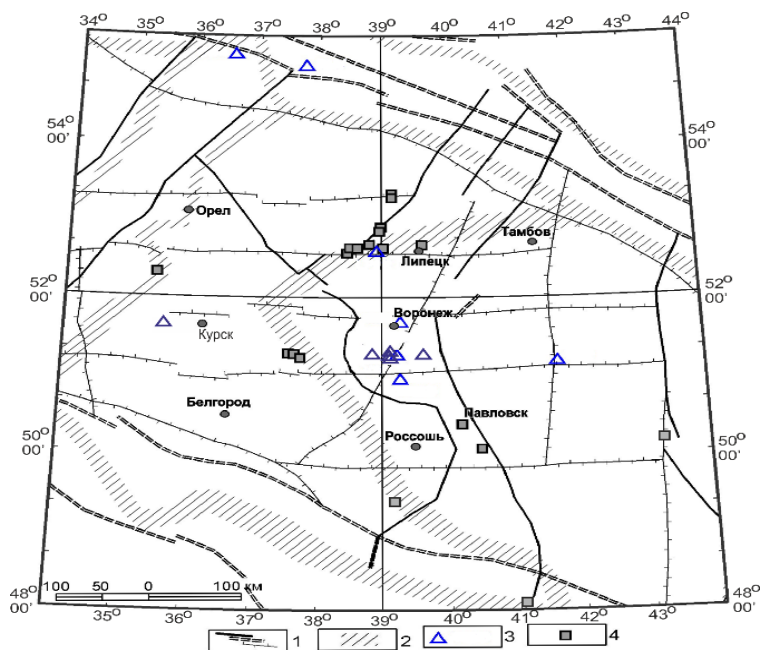


Рисунок 1 – Пространственное положение промышленных карьеров, в которых производятся наиболее мощные взрывы. Обозначения: 1 – тектонические нарушения разных рангов; 2 – зоны сочленения геологических блоков; 3 – пункты сейсмологического наблюдения региональной сети; 4 – промышленные карьеры

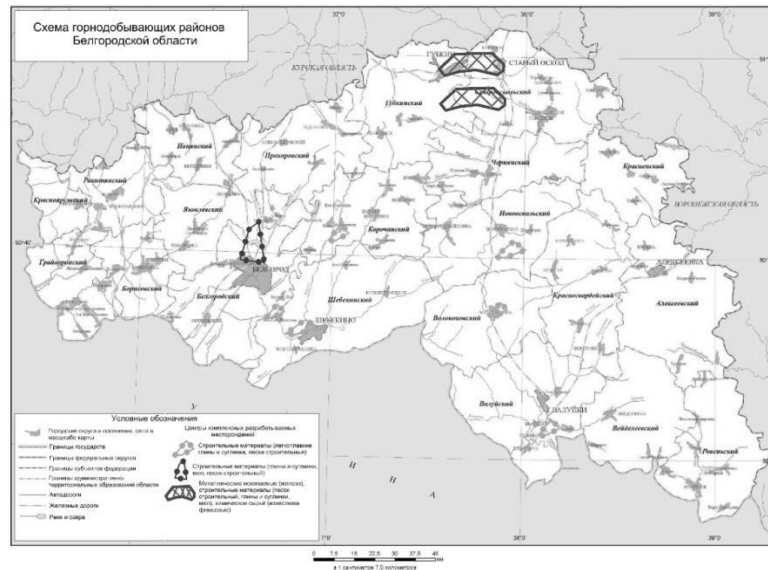


Рисунок 2 – Схема типизации горнодобывающих районов Белгородской области

Белгородская область отличается наиболее широким спектром горнодобывающих районов. Это обусловлено наличием в ее пределах крупнейшего месторождения железа-Курской магнитной аномалии. Объекты открытой и подземной разработки железистых кварцитов расположены в северной части Белгородской области в пределах Старооскольского и Губкинского районов. Общая площадь Губкинско-Старооскольского горнопромышленных районов превышает 300 км². Рудный блок связан с разработкой железистых кварцитов Курской магнитной аномалии. Следует отметить, что помимо рудного сырья, в пределах области добывается строительное сырье, которое представлено глинами, суглинками, песками, меловыми отложениями.

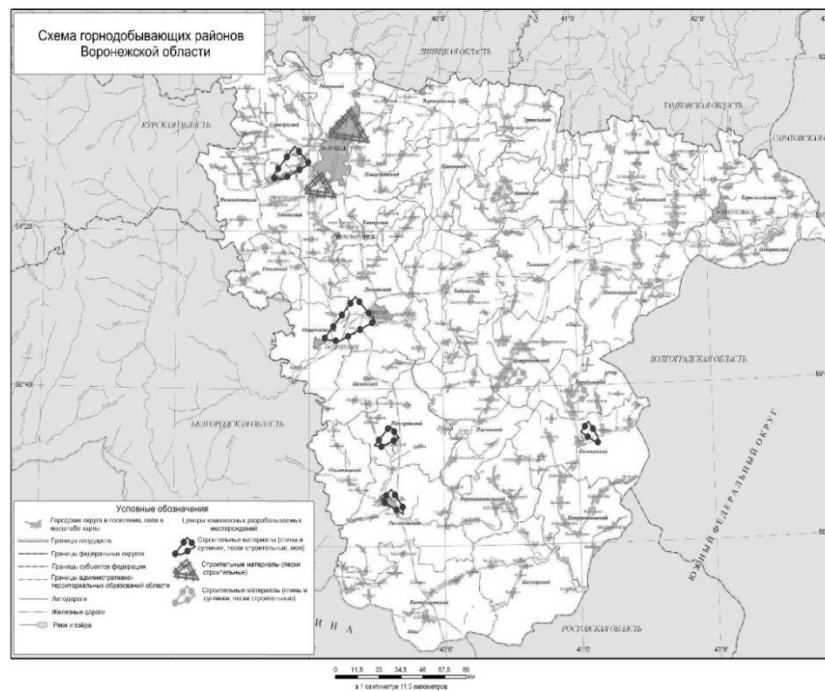


Рисунок 3 – Схема типизации горнодобывающих районов Белгородской области

Второй тип ГРД представлен горнодобывающими районами Воронежской, Липецкой и Тамбовской областей, которые отличаются отсутствием рудной компоненты (Рис.5-7). Комплексы добычи строительного сырья данных областей объединяют: глины, суглинки, пески, мел; карбонатное сырье (известняк, доломиты), пески; глины, пески; глины, суглинки, пески, торф, пески, граниты. Комплекс месторождений, разрабатывающих глины, суглинки, пески, граниты и мела, пространственно приурочен к Среднерусской возвышенности в пределах Воронежской области. Отличительной особенностью горнодобывающего комплекса Липецкой области является активная разработка месторождений известняков и доломитов, которые приурочены к Елецкому, Задонском, Липецкому и Данковскому районам. Тамбовская область отличается наличием горючих полезных ископаемых-торфа-месторождения которого имеются в 18 районах области.

В пределах выделенных типов горнодобывающих районов ЦЧЭР были проведены исследования по уровню заболеваемости населения, Для этого были избраны два ключевых ГРД. Первый приурочен к Белгородской области (I тип), второй - к Воронежской области (II тип). Данные исследования были проведены с целью определения влияния горнодобывающей деятельности на общую картину неблагополучия по заболеваниям COVID-19. Согласно современным представлениям, уровень заболеваемости в значительной степени зависит от уровня иммунитета людей [2,3]. Горнодобывающая деятельность в разной степени воздействует на иммунную систему населения, проживающего в зоне воздействия объектов добывающей и перерабатывающей промышленности. Исследования проводились на базе данных государственной статистической службы Российской Федерации. Они были систематизированы в виде коэффициентов заболеваемости - 1 чел/1000 и представлены в виде графика на период наблюдений январь-август 2021г (Рис.3).

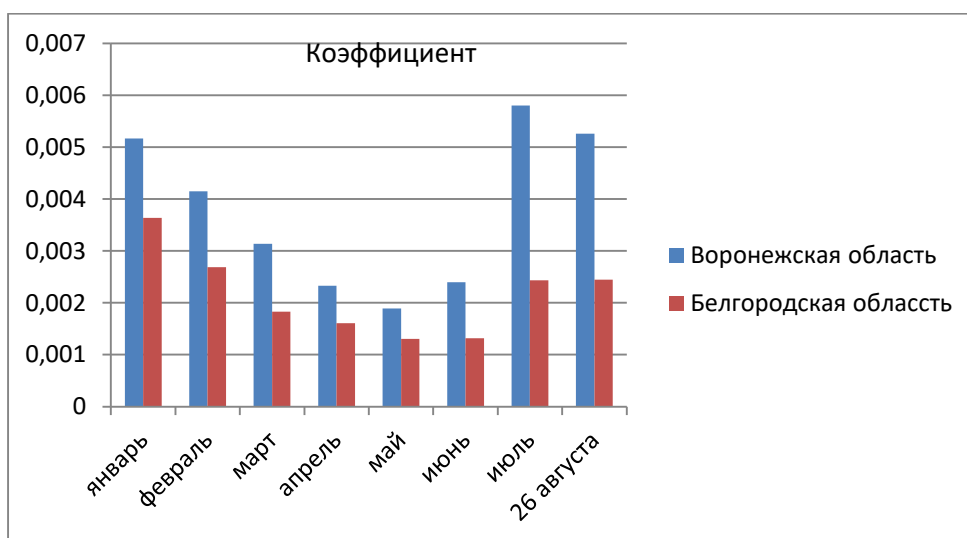


Рисунок 3 – Диаграмма заболеваемости населения COVID-19 для первого и второго типов горнодобывающих районов

Полученные данные не легли в предполагаемую гипотезу относительно влияния горнодобывающей деятельности на иммунную систему и уровень заболеваемости. Более техногенно нагруженный ГРД Белгородской области характеризуется более низкими уровнями заболеваемости на разные этапы наблюдений. Так в моменты обострений эпидемиологической ситуации коэффициент заболеваемости в Белгородском ГРД на 20% (январь, февраль 2021г) и на 50% (июль-август 2021) ниже, чем в ГРД второго типа – Воронежской области. Нами также были проанализированы данные по количеству летальных исходов (Рис.4).

Полученные результаты демонстрируют лидирующее место Воронежской области по количеству летальных исходов от COVID-19 в 2021 году. Пиковое значение - 500 человек - зафиксировано в марте 2021 г. При этом следует отметить, что уровень заболеваемости в марте пошел на спад. В июле-августе ситуация вновь обостряется, количество летальных исходов увеличивается примерно на 30 процентов. Рассматривая эпидемиологическую ситуацию в Белгородской области, следует отметить, что показатели летальности в целом в 5 раз ниже, чем в Воронежской. Характерной также является низкая динамика показателей. Минимальные значения зафиксированы в июне, максимальный прирост - в июле. Положительным моментом является уменьшение количества летальных исходов в августе 2021 г.

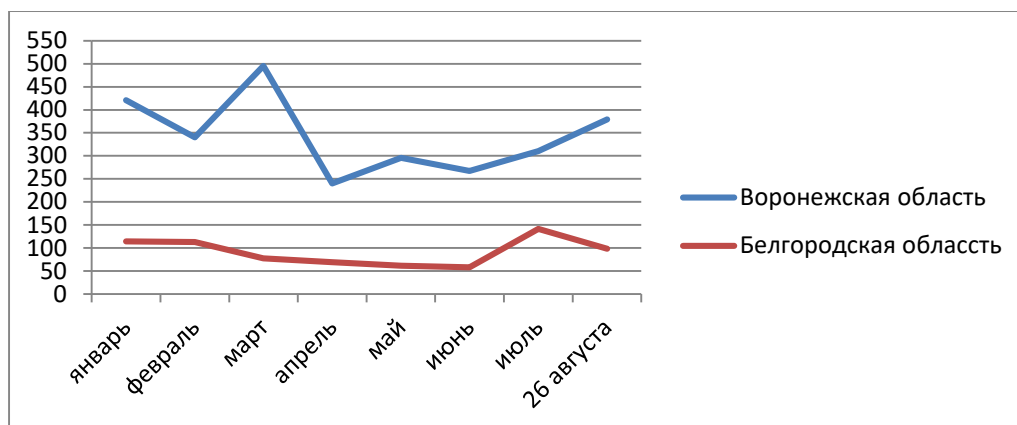


Рисунок 4 – Сравнительная оценка количества летальных исходов

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Проведена типологическая классификация ведущих горнодобывающих районов Центрально-Черноземного экономического района. Критериями типизации стали особенности добываемых полезных ископаемых, способ добычи, формируемых эколого-геохимических и эколого-геофизических последствий горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. Первый тип ГРД характеризуется разработкой рудных и нерудных полезных ископаемых, которые добываются преимущественно открытым способом. Для ГРД первого типа характерны значительные трансформации эколого-геохимических и эколого-геофизических функций литосферы.

2. Экологические риски, связанные с горнодобывающей деятельностью, не оказывают значимого воздействия на уровень заболеваемости населения COVID-19. Для разработки системы эпидемиологической безопасности и обеспечения комфортности среды обитания в пределах горнодобывающих районов необходимо выделение экологически зависимых заболеваний.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20 -55 - 00010/20 от 30.04.20 и БРФФИ X20P - 284 от 04.05.2020

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И. И. Косинова Критерии экологических оценок сейсмических воздействий, возникающих при производстве промышленных взрывов // И.И.Косинова, Л. И. Надёжка, А. Е. Семёнов и др.//Вестник ВГУ, Серия Геология, №1, стр.82-93
2. М.П.Костинов Потенциальная иммунопрофилактика COVID-19 у групп высокого риска инфицирования// М.П. Костинов, О.А. Свитич, Е.В. Маркелова

3. Chen N., Zhou M., Dong X. et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet*. 2020; 395(10223):507-513. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7

TYPIFICATION OF MINING AREAS OF THE TERRITORY OF THE CENTRAL BLACK EARTH ECONOMIC REGION

Budarina V.A., Kosinova I.I., Popov V.I. Lisetsky F.N**, Chernova L.S.*

FBGOU VO "Voronezh State University", Voronezh, Russia

**Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko*

***Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia*

Annotation. A typological classification of mining areas (MD) is proposed in order to assess the comfort of the habitat. As typification criteria, the features of the extracted minerals, the method of extraction, the formed ecological-geochemical and ecological-geophysical consequences of the mining and processing industry are used. The ecological and geological characteristics of the Belgorod and Voronezh mining regions are presented. The influence of the intensity of mining activity on the state of the immune system of the population living in the zone of impact of the objects of the MD is estimated. The results of studies on the dynamics of manifestation of COVID-19 diseases in mining areas of the first and second types are presented.

Keywords: mining activity, area, method, mining, types, raw materials, level, disease, COVID-19.

УДК 556.3(470.326)

ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕРРИТОРИИ, НАХОДЯЩЕЙСЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КРУПНОГО ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ТАМБОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, ГАВРИЛОВСКИЙ РАЙОН)

И.С. Дубоделов, Ю.М. Зинюков, top1notlele@yandex.ru

ФГБОУ «ВГУ», Воронеж, Россия

Аннотация. В работе приводится геологическая и гидрогеологическая характеристика исследуемой территории, предлагается система мониторинга основанная на векторах мониторинга, делаются выводы и предлагаются соответствующие рекомендации для оптимизации экологической обстановки.

Ключевые слова: мониторинг подземных вод, поля фильтрации, основные компоненты-загрязнители, глубина залегания подземных вод, уровни подземных вод, эксплуатационные запасы, водоносный комплекс.

В настоящее время отмечаем возрастание масштабов строительства животноводческих комплексов во многих регионах России. Высоким уровнем развития животноводства характеризуется Центрально-Черноземный регион, в частности, Тамбовская область. Рассматриваемая территория находится в Гавриловском районе Тамбовской области в 85-ти км на северо-восток от города Тамбов. На исследуемой территории располагается животноводческий комплекс ООО «ЧЕРКИЗОВО-СВИНОВОДСТВО». Комплекс представляет собой ферму для откорма и выращивания свиней, оборот голов на свиноводстве составляет порядка 100000 голов в год. Отходы деятельности свинокомплекса размещаются в лагунах-отстойниках (жидкая фракция), а также после определенного периода времени сбрасываются на близлежащие сельхоз поля. В разбавленных сточных водах навозонакопителей содержится большое количество азота аммонийного (89–95 мг/дм³), фосфатов (31–37 мг/дм³), перманганатная окисляемость составляет – 45–88 мг О /дм³.

Характерно также повышенное содержание кремнекислоты ($40\text{--}50\text{ мг/дм}^3$). Для накопителей необходима абсолютная гидроизоляция во избежание утечки продукта[3,4].

Для наблюдения за непроницаемостью лагун и поступления загрязняющих веществ в водоносные горизонты в местах выбросов продуктов лагун на сельхозполя предлагается система мониторинга за качеством подземных и поверхностных вод. Основное внимание уделяется территории трех близлежащих населенных пунктов – сел Глуховка, Софьино и Ольшанка. Для определения структуры потока подземных вод была составлена карта гидроизогипс первого от поверхности слабоводоносного ниже-верхнечетвертичного почвенно-лессового комплекса ($L, e_p, I\text{--}III$) (Рис.1.).

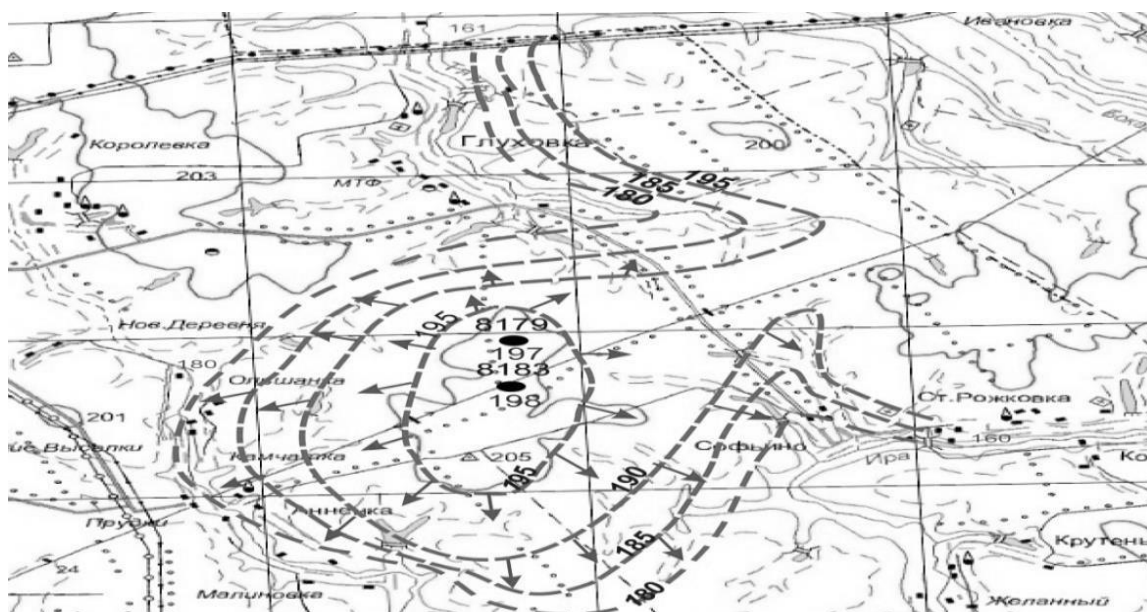


Рисунок 1 – Карта-схема гидроизогипс слабоводоносного ниже-верхнечетвертичного почвенно-лессового комплекса ($L, e_p, I\text{--}III$) территории исследуемого участка. Масштаб 1:100000

Исследуемый объект расположен на водоразделе трех речных бассейнов: Тяньга, Средняя Ира и Ира. Соответственно, утечки из лагун и поступление загрязняющих компонентов с полей, на которые сбрасываются переработанные продукты лагун, будут влиять на химический состав подземных и поверхностных вод. Грунтовые воды территории расположения сел Софьино, Глуховка и Ольшанка будут подвержены опасности распространения загрязнения, так как поток подземных вод направлен в сторону речных дрен, а населенные пункты находятся на террасах вышеперечисленных рек и для водоснабжения сел используются колодцы и скважины.

Организация мониторинга

В основе ведения мониторинга лежит ее структурная модель, конструируемая на начальном этапе организации мониторинга. Стадия работ на исследуемом объекте отвечает стадии организации мониторинга. Ранее мониторинговые работы на объекте не проводились. Из наблюдательных пунктов имеются лишь две водозаборных скважины, на которых ранее были проведены разовые наблюдения. Рекомендуемая структура сети мониторинга базируется на методике организации мониторинга ПТС[1] (Рис. 2.).

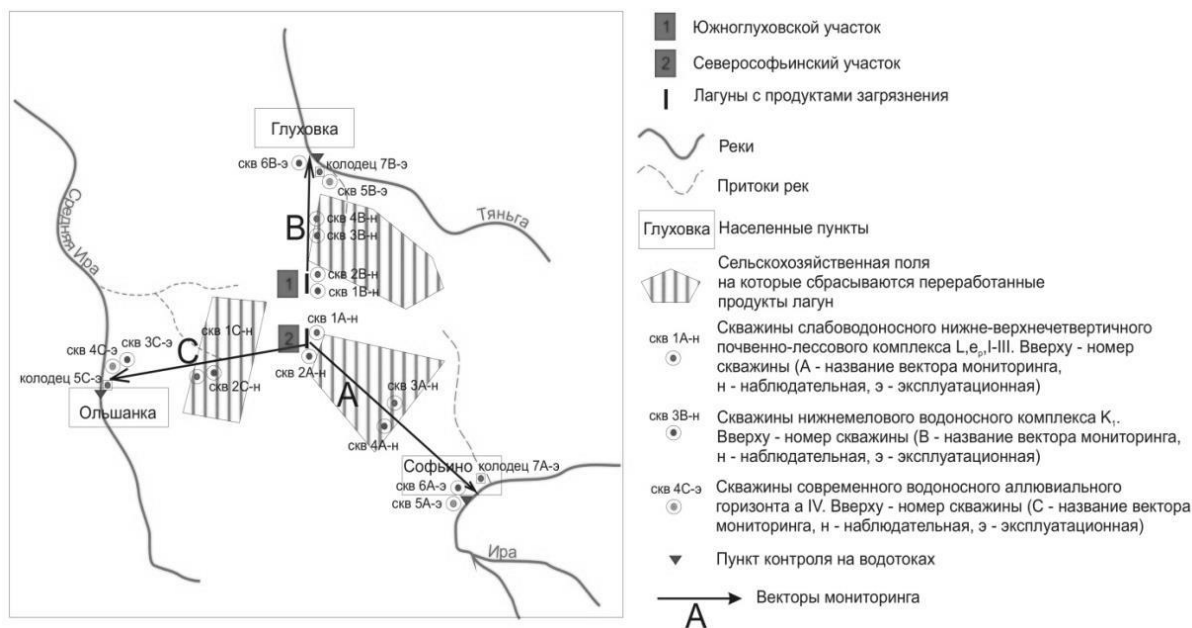


Рисунок 2 – Карта-схема организации мониторинга

Техногенным объектом является животноводческий комплекс.

Защищаемыми объектами, которые могут быть подвержены техногенному влиянию, являются: река Тянга, Средняя Ира, Ира, водозаборы свинокомплекса, эксплуатирующие воды фаменского водоносного комплекса, подземные воды участков Южноглуховской и Северософьинский (слабоводоносный ниже-верхнечетвертичный почвенно-лессовый комплекса, нижнемеловой водоносный комплекс, фаменский водоносный комплекс), используемые для водоснабжения местным населением с помощью колодцев и скважин.

Защищаемые объекты определяют пространственные границы данной ПТС (природно-технической системы).

Следуя алгоритму организации и ведения мониторинга ПТС, проводим операцию по определению совокупности векторов мониторинга и их характеристике. Вектором мониторинга называется направление контроля от источника техногенного влияния до защищаемого объекта (питьевые подземные воды и реки). Он имеет следующую структуру: направленность, протяженность и наблюдательные пункты (наблюдательные и эксплуатационные скважины, колодцы, пункты контроля на водотоках). Для исследуемой ПТС рекомендуются следующие векторы мониторинга:

- вектор мониторинга А: лагуны-навозоаккумуляторы → река Ира (село Софьино). Протяженность 3км;
- вектор мониторинга Б: лагуны-навозоаккумуляторы → река Тянга (село Глуховка). Протяженность 4 км;
- вектор мониторинга В : лагуны-навозоаккумуляторы → река Средняя Ира (село Ольшанка). Протяженность 3,6км.

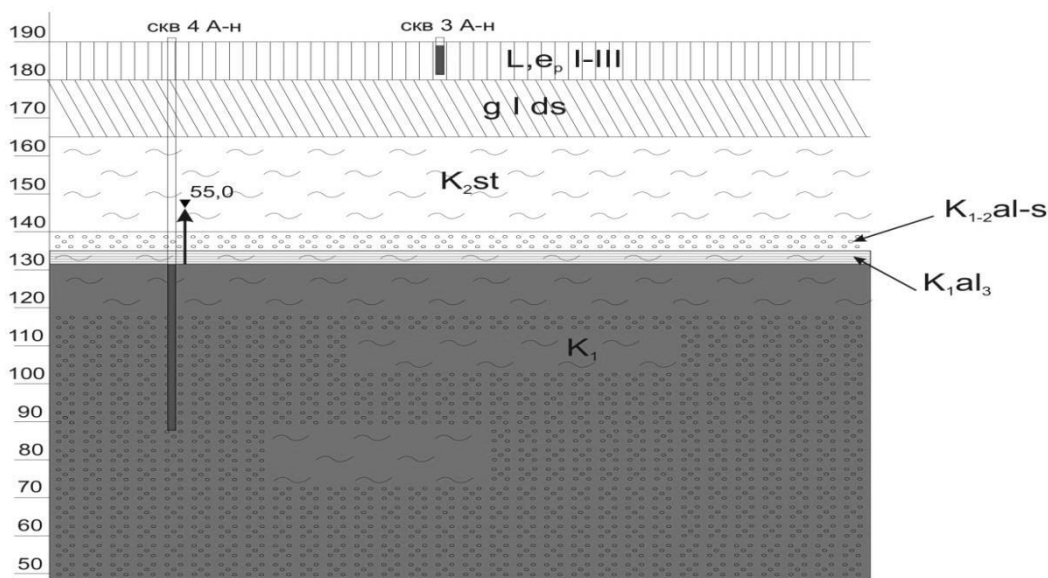


Рисунок 3 – Рекомендуемая конструкция куста наблюдательных скважин

Рекомендуемая конструкция куста наблюдательных скважин выглядит следующим образом (Рис. 3.):

1) Две наблюдательные скважины на сельскохозяйственных полях или вблизи лагун (начальная и промежуточная стадия мониторинга). Одна из них – планируется к оборудованию на нижнемеловой водоносный комплекс, вторая - на первый от поверхности слабодонасный ниже-верхнечетвертичный почвенно-лессовый комплекс (первый водоносный комплекс потенциально подвержен первичному загрязнению, а второй является эксплуатационным горизонтом, поэтому требует особого внимания).

2) Две эксплуатационные (или наблюдательные) скважины, а также колодцы, находящиеся в селах Глуховка, Ольшанка и Софьино, использующиеся для водоснабжения (конечный этап мониторинга). Колодцы вскрывают первые от поверхности воды (ниже-верхнечетвертичный почвенно-лессовый комплекс), одна из скважин - нижнемеловой водоносный комплекс, а вторая - современный водоносный аллювиальный горизонт, являющийся первым от поверхности на поймах рек (современный аллювиальный ВГ гидравлически связан с рекой, поэтому при его загрязнении будут загрязняться и воды рек) (Табл. 1).

Таблица 1. Точки наблюдения сети мониторинга ПТС «ООО Тамбовмяспром - подземные воды»

Наблюдательные	Эксплуатационные	Колодцы	Пункты контроля на водотоках
1А-н, 2А-н, 3А-н, 4А-н, 1В-н, 2В-н, 3В-н, 4В-н, 1С- н, 2С-н.	5А-э, 6А-э, 5В-э, 6Вэ, 3С-э, 4С-э.	7А-э, 7В-э, 5С-э.	Тяньга, Средняя Ира, Ира.

На основании характера техногенного объекта в качестве основных параметров, характеризующих состояние системы, рекомендуется принять: концентрации аммония, нитратов, фосфатов, сульфатов, микробиологические показатели; для оценки условий их миграции – показатели окислительно-восстановительного потенциала, рН, показатели минерализации, жесткости и окисляемости; для определения гидрохимических типов и

направленности их трансформации – типобразующие макрокомпоненты (гидрокарбонаты, хлор, сульфаты, натрий, кальций, магний). Периодически рекомендуется проводить полный химический анализ подземных и поверхностных вод.

Частоту контроля генеральных пунктов (наблюдательные скважины вблизи лагун, эксплуатационные скважины и колодцы в селах) рекомендуется определить 4 раза в год (по сезонам года); по отдельным пунктам наблюдения, имеющим благоприятные характеристики или выраженную стабильность своего состояния, можно ограничиться 2-мя наблюдениями в год. Вспомогательные пункты наблюдений (наблюдательные скважины на сельскохозяйственных полях) можно наблюдать 1-4 раза в год в зависимости от решаемых с их помощью задач [2].

Такова структура рекомендуемой системы мониторинга ПТС «ООО Тамбовмяспром - подземные воды». При этом, необходимо добавить, что наряду с собственно мониторинговыми работами, рекомендуется проведение специальных научных исследований, позволяющих лучше понимать происходящие в системе процессы для оптимизации контроля, прогноза и управления ее состоянием. Это могут быть научно-исследовательские работы по изучению трансформаций химических соединений и условий их миграции в подземных водах, процессов самоочищения в горизонте, работы по оценке защитной способности рек Ира, Средняя Ира и Тяньга (процессы самоочищения) и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинюков Ю.М. Геоэкологический мониторинг водных объектов природно-техногенных систем (на примере крупного животноводческого комплекса). – Воронеж: Вестник ВГУ, 2009. – 169–179 с.
2. Зинюков Ю.М. Теоретико-методологические основы организации мониторинга природно-технических экосистем на основе их структурно-иерархических моделей. – Воронеж: НИИ Геологии ВГУ, 2005. – 164 с.
3. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания". – М.: Минздрав России, 2021. – 94 с.
4. Методические рекомендации по организации и ведению мониторинга подземных вод на мелких групповых водозаборах и одиночных эксплуатационных скважинах. – М.: Госцентр Геомониторинг, 2000. – 32 с.

ORGANIZATION OF UNDERGROUND WATER MONITORING ON THE TERRITORY OF THE YUZHNOGLUKHOVSKY AND SEVEROSOFYINSKY SUBSURFACE SITES

*I. S. Dubodelov, Yu. M. Zinyukov, top1notlele@yandex.ru
VSU, Voronezh, Russia*

Abstract. The paper presents the geological and hydrogeological characteristics of the studied territory, suggests a monitoring system based on monitoring vectors, draws conclusions and offers appropriate recommendations for optimizing the environmental situation.

Keywords: monitoring of groundwater, filtration fields, main components-pollutants, depth of groundwater, groundwater levels, operational reserves, aquifer complex.

ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ УРБОЭКОЛОГИЯ. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО В ГОРОДАХ

Жигалин А.Д.¹, Архипова Е.В.², Федорук Н.А.², Сазонова В.В.³

1- МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Институт физики Земли РАН; zhgalin.alek@yandex.ru

2- Федеральный государственный университет «Дубна», Дубна, olenageo@mail.ru

3-Российский государственный геологоразведочный университет, vlada3303@yandex.ru

Аннотация. Геофизическая урбоэкология как новое направление геофизической экологии имеет целью обеспечить возрастающему городскому населению комфортные условия проживания и трудовой деятельности. Современный город представляет природно-антропогенный ландшафт, в котором в разной степени изменены исходные природные черты и в том числе общая для городского поселения энергетическая система, в рамках которой в большом количестве производится и обращается электрическая энергия. Многочисленные источники и потребители электрической энергии, сосредоточенные в ограниченных пределах городской территории, способствуют формированию локальных геофизических аномалий, обнаруживающих экологический эффект. В докладе представлены результаты исследований роли геофизических электрических полей разной природы как фактора формирования общей экологической обстановки урбанизированных территорий и территорий интенсивного освоения.

Ключевые слова: геофизическая урбоэкология, природные и техногенные электрические поля, техногенное физическое загрязнение.

Электрические поля в пределах городских территорий представляют собой результат суперпозиции (сложения) природных и техногенных (технологических) полей (рис. 1). Каждый вид электрического поля имеет свою долю в экологической характеристике городского поселения, однако, доминантной ролью обладает электромагнитное поле и свободное атмосферное электричество. Качество атмосферы и степень ее пригодности для людей и других представителей биоты можно контролировать, наблюдая физические электрические параметры атмосферы – уровень магнитной индукции (величины магнитной составляющей электромагнитного поля) и количество и соотношение ионов разного знака [3].

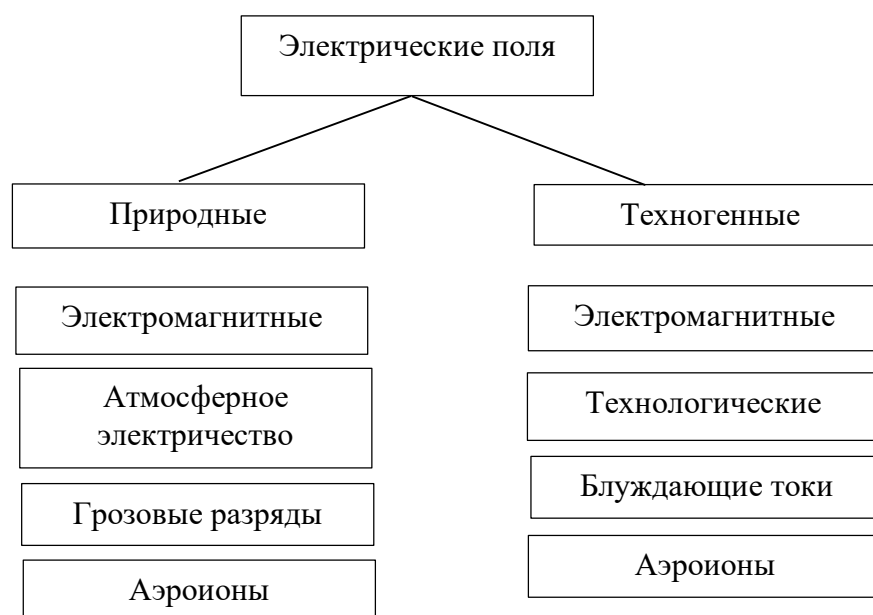


Рисунок 1 – Природные и техногенные геофизические электрические поля

Каждый из представленных на рис. 1 видов электрических полей, характеризуется экологическим эффектом. При этом следует учитывать, что суммарный потенциал техногенных полей может оказаться существенно выше потенциала их природных аналогов и в большей степени влияет на формирование экологической ситуации в городе.

Принято, что оптимальное содержание аэроионов обеих полярностей должно быть равным примерно 1500 ион/см³ при отношении +ион/-ион 1,15. Для сельских районов и горных ландшафтов количество число аэроионов более высокое – 1500-2200 ион/см³. Санитарными нормами ионизация регламентируется для положительно заряженных ионов на уровне 400 в 1 см³ и 600 в 1 см³ - для отрицательно заряженных ионов [2]. Отклонение от указанной величины соотношения аэроионов до 1,20 и более и до 1,00 и менее свидетельствует о насыщении воздуха тяжелыми положительными ионами или легкими отрицательными, что негативно или, наоборот, положительно сказывается на состоянии всех живых организмов.

Первые упоминания об аэроионах относят нас на 24 столетия назад. до н.э. во времена Гиппократ (460 - 370 гг. до н.э.), который обнаружил, что горный и морской воздух действуют на человека благотворно, исцеляя от многих болезней, и предложил создавать «аэрации» - площадки для прогулок в горах или около моря. Так было положено начало новому способу врачевания – аэротерапии. Возвращение к теме аэроионов в наше время диктуется необходимостью выполнять Государственную программу экологической безопасности страны (Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года), и создания, в соответствии с этой стратегией, комфортных условий проживания и жизнедеятельности населения крупных и малых городов, промышленных центров и других территорий интенсивного освоения.

В течение длительного периода с 2011 г. и по настоящее время в Федеральном государственном университете «Дубна» и Институте физики Земли РАН реализуется инициативная Программа геофизических урбоэкологических исследований. В рамках этой программы путем непосредственного инструментального измерения характеристик электромагнитного поля, содержания и соотношения в приземном «дыхательном» слое атмосферы аэроионов обеих полярностей делаются попытки оценить качество городской энергосферы [1]. В ходе этой работы на отдельных участках – полигонах – в Москве, Дубне, других городах, Приокско-террасном заповеднике получены интересные данные, которые уже можно обнародовать и которые фрагментарно представлены в табл. (табл.1).

Таблица 1 – Результаты измерений количества и соотношения содержания аэроионов разной полярности в приземном слое атмосферы

Место измерения	+n/см ³	- n/см ³	Коэфф. унипол. +n/- n	Σ±n/см ³
Приокско-террасный заповедник				
Вход	250	570	1,18	820
Территория	1970	630	2,52	2600
Лесной массив	470	220	1,71	690
Лесной массив,	2750	130	7,28	2880
Лесной массив	100	920	0,53	1020
г. Москва. Центр	560	540	0,72	1100
МГУ, (фонтан)	270	5810	0,72	6080
Воробьевы горы	500	450	0,72	950
Битцевский лес	1150	1190	1,03	2340
Братиславская ул.	330	630	1,03	960

г. Москва				
Теплый стан, заказник	1620	950	1,70	2570
Лесной массив	710	800	1,54	1510
Жилая застройка	280	170	1,62	450
Лесной массив	930	1020	1,09	1950
Жилая застройка	500	250	0,36	750
Лесной массив	290	540	0,54	830
Магистраль	210	220	1,10	430
Жилое помещение, кухня	310	250	1,5	560
Жилая комната	220	250	0,85	470
Жилая комната, ионизатор	330	2630	0,12	2960
г. Дубна Моск. обл.				
Гипермаркет	490	350	1,40	840
Медицинский центр	310	370	0,83	680
Вокзальная улица	590	460	1,28	1050
Улица, трансформатор	530	350	1,51	880
Улица, трансформатор	980	720	1,37	1700
Водохранилище	560	180	3,05	740
Лесной массив	400	320	1,25	720
Жилая застройка	520	500	1,05	1020
Жилая застройка	380	370	1,05	750
Лесной массив	380	420	0,90	800
Берег р. Волга	530	460	1,14	990
г. Дубна, магистраль	490	260	1,90	750
Промышленная зона	430	260	1,63	690
Городской парк	340	310	1,10	650
Университет	390	310	1,26	700

Заслуживают внимания также последние по времени результаты аэронометрии и измерения магнитной составляющей электромагнитного поля на территории полигона «Теплый стан» в г. Москва (рис. 2-4).

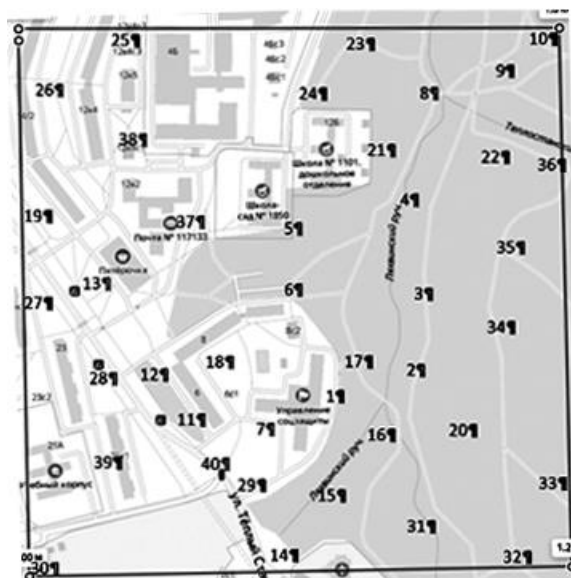


Рисунок 2 – План участка проведения измерений концентрации аэроионов на территории полигона – заказника «Теплый стан» и прилегающего жилого массива, г. Москва. Площадь полигона 600 x 600 м. Левая часть полигона представляет собой реликт смешанного лесного массива

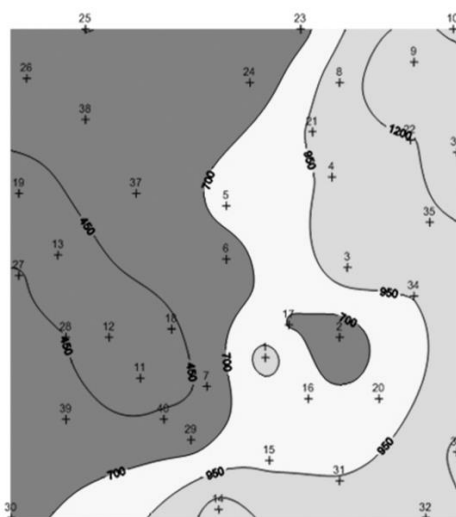


Рисунок 3 – Результаты измерений концентрации аэроионов (сумма аэроионов обеих полярностей) на территории полигона – заказника «Теплый стан» и прилегающего жилого массива, г. Москва. Показаны точки проведения измерений. Изолинии оцифрованы в суммарных величинах аэроионов обеих полярностей \pm п/см³

Результаты проведенных измерений показывают, что левая часть выделенного планшета характеризуется высоким содержанием аэроионов в приземном слое атмосферы выше $800-1200 \pm$ п/см³. Территория жилого массива характеризуется суммарным содержанием аэроионов менее $450-700 \pm$ п/см³, что свидетельствует о дефиците аэроионов обеих полярностей, типичного для городских территорий разного ранга.

Характеристики содержания ионов в атмосфере могут рассматриваться как индикаторы ее качества с точки зрения степени комфортности жизнедеятельности населения и условий существования представителей животного мира и растительных форм. В то же время проведенные измерения в приземном слое атмосферы показали значительную вариабельность концентрации ионов обеих полярностей и их соотношения в объеме

воздушной массы. Результаты исследований, как указано, обнаруживают дефицит ионов в городской атмосфере, в особенности, легких отрицательных аэроионов.

На основе полученных данных уже сейчас можно рекомендовать осуществить некоторую корректировку градостроительной стратегии, ориентируя ее на создание инфраструктуры, в большей мере способствующей формированию экологически приемлемому динамическому равновесию аэроионов в приземном атмосферном воздухе. Так, объектами создаваемой инфраструктуры могут служить, например, фонтаны или эспланады с «быстрой» и/или «падающей» водой, возможно, с повышенным содержанием соли. Для озеленения следует подбирать породы деревьев, генерирующих ионы (кстати, вопрос о растениях – донорах аэроионов в дендрологии слабо проработан). Возможна установка мощных уличных озонаторов и аналогичных приборов в местах скопления людей, в отдельных помещениях др., которые также могут поддерживать необходимый аэроионный баланс. Следует помнить о том, что на качество воздуха, которым мы дышим в городах, влияет не только содержание в его объеме загрязняющих химических веществ и механических примесей, но и количество и соотношение положительных и отрицательных ионов, необходимых для всех живых организмов.

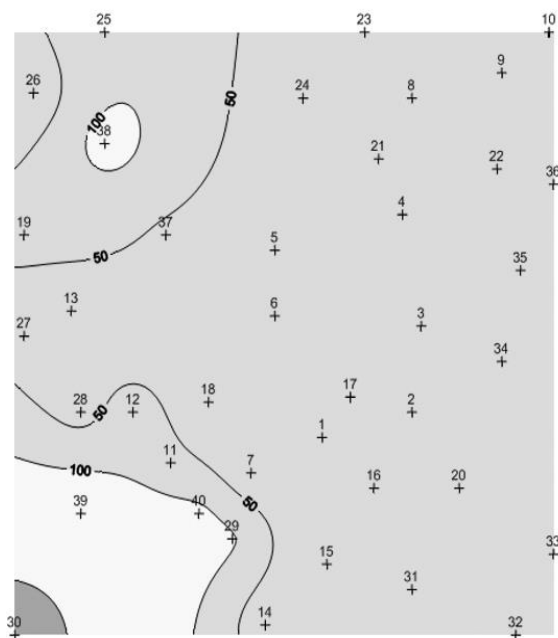


Рисунок 4 – Результаты измерений магнитной составляющей электромагнитного поля на территории полигона – заказника «Теплый стан» и прилегающего жилого массива, г. Москва. Показаны точки наблюдения. Изолинии оцифрованы в единицах индукции нТл

Результаты измерений показали, что большая часть полигона представляющая лесной массив и значительную часть городского массива, характеризуется низким уровнем магнитной индукции (ниже 100 нТл при экологически безопасной величине 250 нТл для токов промышленной частоты). Практически вся территория полигона оказалась участком с весьма низким уровнем техногенного электромагнитного загрязнения. Это оказалось ожидаемым, поскольку этот район города не имеет на своей территории достаточно мощных источников электромагнитного излучения.

Геофизические электрические характеристики приземного («дыхательного») слоя атмосферы следует рассматривать как экологические факторы прямого действия. Другие указанные выше виды электрической энергии, такие, например, как природные грозовые разряды и/или технологические электрические поля и поля блуждающих токов, скорее, относятся к категории опосредованного воздействия. Но эти факторы, однако, также должны

находиться в зоне внимания специалистов, занимающихся проблемами геофизической урбоэкологии. В целом работа «на платформе» геофизической урбоэкологии представляется и интересной, и продуктивной. Получаемые результаты позволяют не только рассматривать теоретические проблемы на стыке геофизики и экологии, но и решать практические задачи оценки качества среды обитания и жизнедеятельности городского населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипова Е.В., Жигалин А.Д., Федорук Н.А., Тормышева Е.Э., Сазонова В.В. Контроль аэроионного состава атмосферы урбанизированных территорий. *Геоэкология*, 2020, № 1. С. 28-31
2. СанПиН 2.2.4.1294– 03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений», 2021
3. Трофимов В.Т., Жигалин А.Д., Богословский В.А., Архипова Е.В. Место эколого– геофизических исследований в системе урбоэкологии. *Вестник МГУ. Серия 4 Геология*, 2016 № 6. С. 3– 9

GEOPHYSICAL URBOECOLOGY ELECTRICITY IN THE CITIES

Zhigalin A.D.¹, Arhipova E.V.², Fedoruk N.A.², Sazonova V.V.

1 – Lomonosov Moscow State University, Moscow, Institute of Earth Physics of the Russian Academy of Sciences; zhigalin.alek@yandex.ru

2 – Federal State University "Dubna", Dubna, olenageo@mail.ru

3 – Russian State Geological Exploration University, vlada3303@yandex.ru

Abstract. Geophysical urban ecology as a new direction of geophysical ecology aims to provide the growing urban population with comfortable living and working conditions. The modern city is a natural and anthropogenic landscape, in which the original natural features have been changed to varying degrees, including the energy system common to the urban settlement, within which electric energy is produced and circulated in large quantities. Numerous sources and consumers of electric energy, concentrated within the limited limits of the urban area, contribute to the formation of local geophysical anomalies that reveal an environmental effect. The report presents the results of research on the role of geophysical electric fields of different nature as a factor in the formation of the general ecological situation of urbanized territories and territories of intensive development.

Key words: geophysical urban ecology, natural and man-made electric fields, technogenic physical pollution.

УДК 622.882

МЕТОДЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ КАРЬЕРОВ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА

Т.В. Иванова., tanyaivanova173@gmail.com

Г.А. Сигора., канд. биол. наук, доц., sigora1@yandex.ru

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассмотрены существующие проекты по рекультивации карьеров Севастопольского региона. Затронута проблема необходимости рекультивации карьеров, проведен системный анализ факторов, направлений и этапов рекультивации карьеров. Рассмотрены существующие проекты по рекультивации карьеров Севастопольского региона, описаны их плюсы и минусы.

Ключевые слова: карьер, рекультивация, Севастопольский регион, Инкерманский карьер.

С развитием человечества площадь нарушенных земель неустанно растет. Количество естественных экосистем значительно сокращается, снижается их восстановительная способность, а также устойчивость к воздействию антропогенных факторов. Рекультивация нарушенных земель необходима для восстановления ценности и продуктивности данных земель, а также для улучшения условий окружающей нас среды. В наше время вопрос рекультивации земель стоит очень остро. По всей планете находятся десятки тысяч областей нарушенных и разработанных земель, на месте которых могли быть леса, заповедники, общественные водоемы, места отдыха и т.д. Существует четыре типа нарушенных земель вследствие антропогенного воздействия: разведка и разработка полезных ископаемых (механический); строительство; рекреация, туризм и спорт; выпас животных.

Термин «рекультивация», появившийся сравнительно недавно, в последние десятилетия XX века, активно используется в связи с необходимостью по восстановлению нарушенных территорий в результате развития горнорудной промышленности с открытым способом добычи полезных ископаемых. Его широкое объясняется необходимостью восстановления продуктивности и возвращения нарушенных природно-территориальных комплексов в хозяйственный оборот земель при интенсивном способе ведения хозяйства и ограниченностью неосвоенных территорий. Однозначного подхода к выбору направления рекультивации не существует, в каждом регионе существуют свои особенности нормативно-правовой базы. Но основные требования в большей степени зависят от целей рекультивации и формы собственности территории. [1].

Стандартный процесс рекультивации подразделяется на следующие этапы, осуществляемые либо преимущественно техническими методами (горнотехническая рекультивация), либо биологическими приемами (биологическая рекультивация). Технический этап включает в себя планировку, формирование откосов, снятие, транспортирование и нанесение почв на рекультивируемые земли. На биологическом этапе проводят комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почвы [2].

Технология горных работ должна обеспечить:

1. Непосредственное использование пород для восстановления земель, их хранение, выборочную выемку пород, пригодных для дальнейшей биологической рекультивации и их транспортирование;
2. Размещение малопригодных и непригодных пород в нижней части отвалов;
3. Компактную укладку вскрышных пород в отвалы для уменьшения объема горно-планировочных работ;
4. Выполаживание бортов остаточных карьерных выемок и откосов отвалов;
5. Формирование оптимальных по геометрическим параметрам и устойчивых отвалов;
6. Оптимальное изъятие и короткие сроки использования земель в технологическом процессе;
7. Уменьшение отрицательного влияния на окружающую среду, сохранение в зоне открытых разработок благоприятных экологических условий для растений и животных.

В процессе систематизации методов рекультивации карьеров, сделан вывод о том, что рекультивация карьеров должна выполняться в следующем порядке:

1. Учет факторов, влияющих на выбор направления рекультивации
2. Выбор направления рекультивации
3. Проведение технического этапа рекультивации
4. Проведение биологического этапа рекультивации.

Для наглядности разработана структурная схема, показывающая последовательность действий при рекультивации карьеров (рисунок 1)

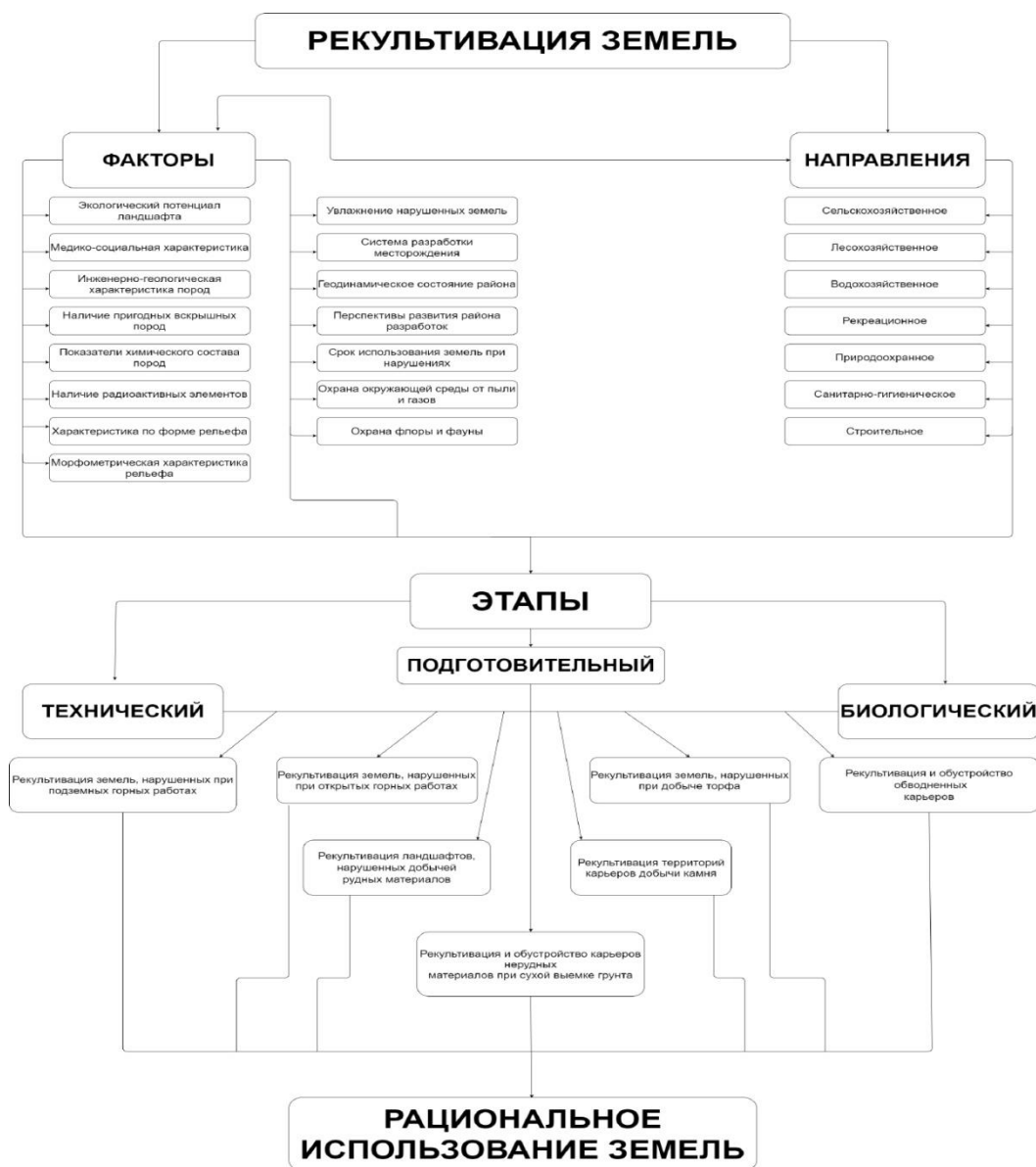


Рисунок 1 – структурная схема последовательности действий при рекультивации карьеров.

В Севастопольском регионе находится множество карьеров, на некоторые из них разработаны проекты по рекультивации.

В рамках проекта Парфеновой И.А. и соавторов [3] разработаны два варианта рекультивации Кадыковского карьера:

1. Создание природно-ландшафтного парка
2. Создание многофункционального парка семейного досуга

Природно-ландшафтный парк относительно недорогой, однако скорость его окупаемости будет низкой из-за того, что основной его доход основан на малой зоне обслуживания. Многофункциональный парк семейного досуга обладает большим количеством зон для потенциального дохода и окупаемости парка, но он дорогостоящий и непривлекательный для инвесторов.

Проект «Балаклава Грин» разработан для создания на базе Балаклавского региона (Кадыковский карьер в том числе) многофункциональной зоны круглогодичного национального отдыха с применением инновационных инженерных решений и методов рекультивации. Это самый амбициозный и востребованный проект по трансформированию

всего Балаклавского района, но требует колоссальных капиталовложений и находится в стадии заморозки.

Помимо вышеупомянутых проектов по Кадыковскому карьере, есть необходимость и возможность рекультивировать другие карьеры и овраги Севастопольского региона: Инкерманский, Камышловский, Каменоломный, Доковый, Мартыновский.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бортникова Г.А., 2 Луговской А.М., 1 Межова Л.А. / Анализ моделей рекультивации карьеров для санации маргинальных территорий/ Научный журнал «Успехи современного естествознания» № 12, 2016 /-с.139;

2. Обзор методов рекультивации нарушенных земель [Электронный ресурс] // Режим доступа: - <https://promdevelop.ru> – 18.04.2021;

3. Парфенова И. А., Репецкая А. И., Кладченко Е. С. «Концепция рекультивации Кадыковского карьера с организацией туристско-рекреационного объекта (Севастополь, Балаклава)»: Проект. – Севастополь: СевГУ, 2016 – 15с.

METHODS OF RECULTIVATION OF QUARRIES IN THE SEVASTOPOL REGION

*T.V. Ivanova, student, tanyaivanova173@gmail.com
G.A.Sigora, Cand. biol. Sciences, Assoc., sigora1@yandex.ru
Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation*

Abstract. this article discusses the existing projects for the reclamation of quarries in the Sevastopol region. The problem of the need for recultivation of quarries is touched upon, a systematic analysis of the factors, directions and stages of recultivation of quarries is carried out. The existing projects for the reclamation of quarries in the Sevastopol region are considered, their pros and cons are described.

Key words: quarry, reclamation, Sevastopol region, Inkerman quarry.

УДК 504.5.06

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В ЮГО-ВОСТОЧНЫХ РАЙОНАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

*В.В. Ильиш, Д.А. Белозеров E-mail vyvkii@mail.ru,
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия*

Аннотация: Выявлены зависимости от особенностей геологического строения статистических параметров данных эколого-геохимического изучения почв ряда полей в юго-восточных районах Воронежской области, предназначенных для развития кормовой базы животноводства. Повышенный геохимический фон характерен для почв, развитых на ледниковых отложениях, а в пределах надпойменных террас на участке в зоне динамического влияния глубинных разломов.

Данная статья написана по результатам статистической обработки геохимических данных, полученных при агрохимическом обследовании ГК «Агроэко» ряда сельскохозяйственных полей, предназначенных для создания кормовой базы животноводческих комплексов на территории Таловского и Новохоперского районов Воронежской области. Поля расположены на трех относительно разобщенных участках: Северо-Западном (окрестности населенных пунктов Синявка Таловского района), Северном и Южном в Новохоперском районе. Их общая площадь составляет 1198 га.

Методика выполненных исследований.

Каждое поле разбивалось на эталонные участки площадью в 25 га. Условие выделения участка – ландшафтная однородность. Вдоль длинной осевой линии участка с шагом в 100 м отбирались точечные пробы методом конверта с глубины 30 см весом 300 грамм. Из них методом квартования готовилась групповая проба такого же веса. Из групповых таким же способом составлялась объединенная проба. Лабораторные данные последней относятся к геометрическому центру эталонного участка. Частота формирования групповых проб устанавливалась в зависимости от пестроты почвенного покрова и количества вносимых удобрений [1].

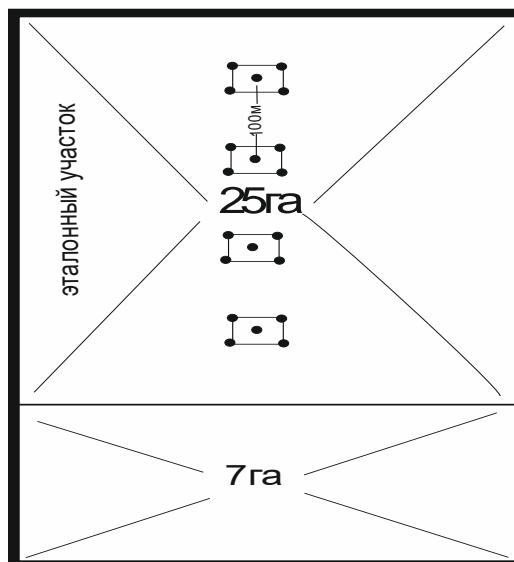


Рисунок 1 – Схема отбора проб

В пробах почв по стандартным методикам в аккредитованной лаборатории определялись pH, содержание Ca, Mg, Mn, Cu, Co, Zn и некоторых агрохимических компонентов [2]. Всего обработано 60 анализов, представляющих собой 60 осредненных проб по одному анализу на каждое поле. Состав выбранных элементов интересен тем, что их можно рассматривать как индикаторы геохимических обстановок почвообразования и фоновое экологическое состояние. Для геохимического поля Хоперского мегаблока (где расположены объекты изучения) в кристаллическом фундаменте широким развитием пользуются основные интрузивные породы протерозойского возраста с рудными концентрациями, эти элементы соответственно формируют повышенный фон и по всему разрезу осадочного чехла с трендом уменьшения концентраций вверх по разрезу за счет многократных денудационно-аккумулятивных циклов размыва и переотложения. Эти же элементы содержатся в повышенных содержаниях и в ледниковых отложениях, содержащих большое количество детрита изверженных и метаморфических пород основного состава, привнесенных ледником, как из Скандинавии, так и местных более древних изверженных комплексов, обнажающихся на поверхности до прихода ледника.

Для оценки степени загрязнения почв были определены значения коэффициентов концентраций микроэлементов по отношению к ПДК подвижных форм. Для понимания закономерностей распределения изученных элементов составлены таблицы значений статистических параметров, построены графики средних содержаний химических компонентов для разных литотипов почв по содержанию глинистой составляющей, геологическому и геоморфологическому местоположению. Для интерпретации результатов использовались геологические карты: докембрия, дочетвертичных и четвертичных отложений, нетектонические карты Г.И. Раскатова и А.И. Трегуба.

Геолого-геоморфологические особенности местоположений изученных площадей

Все три участка в геолого-структурном отношении попадают в зону сочленения неотектонических структур первого порядка Окско-Донской впадины и Среднерусского поднятия [3]. В кристаллическом фундаменте территория приурочена к Хоперскому мегаблоку. Участок Северо-Западный расположен над северным контактом Елань-Коленовской интрузии основных пород, разбитой многочисленными разрывными нарушениями, контролирующими кобальт-сульфидное медно-никелевое оруденение. Фундамент залегают на глубине порядка 200м и перекрыт осадочным чехлом из палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений. Породным субстратом для почв послужили моренные и флювиогляциальные отложения на водоразделах и аллювиальные в пределах речных долин. На морене донского ледника развиты черноземы, которые отнесены к типу «обыкновенных», а на флювиогляциальных к «типичным». Надпойменные террасы сложены аллювиальными песчаными и глинистыми осадками четвертичного возраста. В рельефе и гидрографии находят отражение зоны динамического влияния глубинных разломов Шумилинского-Новохоперского и Суджано-Икорецкого. Они же и определяют геохимические особенности местных ландшафтов (рис.2).

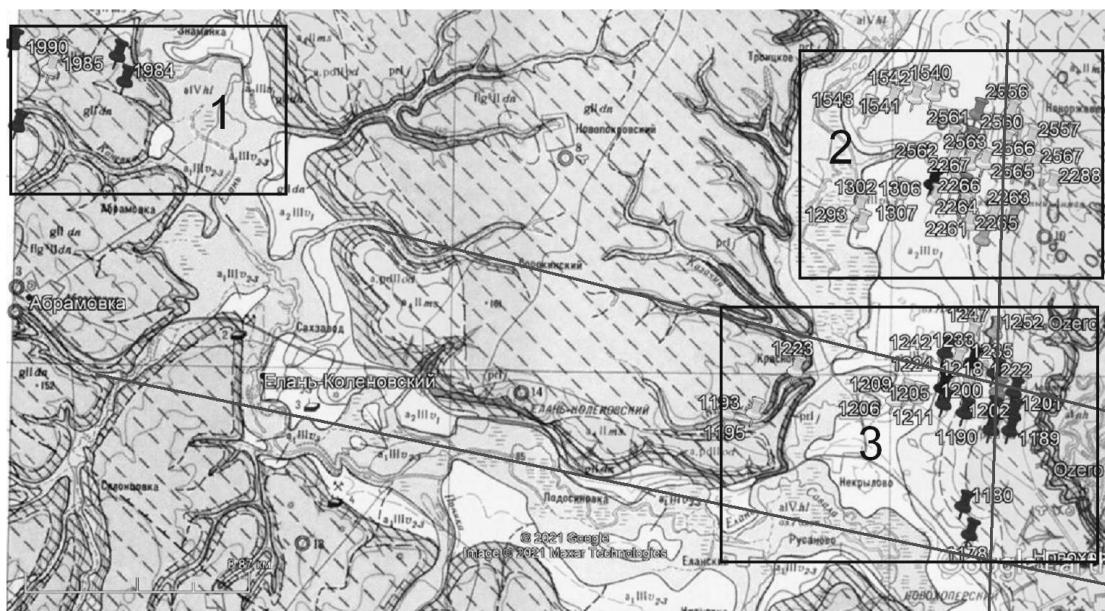


Рисунок 2 – Фрагмент государственной геологической карты четвертичных отложений листа М-37- XII с наложением меток и номерами изученных полей

Темными (красными) метками обозначены поля, с повышенным геохимическим фоном для тяжелых металлов. Прямоугольниками обозначены площади участков: 1- Северо-Западный; 2 – Северный; 3- Южный. Линиями показаны зоны динамического влияния разломов

Северо-западный участок

Почвы над ледниковыми отложениями Северо-Западного участка отличаются от остальных участков более высокими значениями химических элементов оснований – кальция и магния, повышенными содержаниями марганца, меди, кобальта.

Подвижного кальция в моренных глинах более 20, а магния от 2,7 до 6,4 мг-эквив/100г. Это почти вдвое больше чем на почвах, развитых на надпойменных террасах. Содержание марганца, также относительно повышенное от 4,3 до 7 мг/кг. Наблюдаются повышенные концентрации (до 0,9 мг/кг) кобальта на фоне 0,1 мг/кг в пределах

надпойменных террас. Для флювиогляциальных отложений на двух полях отмечены и повышенные содержания меди (до 0,9мг/кг

Северный участок

Поля этого участка расположены на четырех надпойменных террасах левобережья р. Савалы. Восемь из них на высоких (3-4ая), двадцать два на второй и два на первой. На высоких террасах развиты зональные типы почв (типичные, выщелоченные). Интразональные почвы представлены в основном луговыми выщелоченными черноземами, реже песчаными. Субстратом для них служат по большей части легкие суглинки, но встречаются и другие литологические разности.

Третья надпойменная терраса.

Изучено восемь полей. Лишь одно поле (№2263), сложенное луговыми черноземами на легких суглинках, выделилось повышенным содержанием магния.

Вторая надпойменная терраса.

На ней изучено 24 поля. Десять из них сложены почвами с породным субстратом из легких суглинков, восемь из песков и супесей, шесть – из тяжелых суглинков. Десять полей с интразональными почвами отличаются повышенными содержаниями некоторых из изученных элементов, что обусловлены приуроченностью к Алферовской зоне мелких разломов, оперяющих глубинный Шумилинско-Новохоперский сбросо-сдвиг.

Первая надпойменная терраса

На них расположены два поля с пониженными значениями всех компонентов.

Южный участок

В его пределах 24 поля, расположенных на левобережных террасах р. Савала. В геолого-структурном отношении Южный участок попадает на тектонический узел пересечения разноранговых разломов: глубинного Шумилинско-Новохоперского меридионального простирания, Суджано-Икорецкого широтного простирания и разлома северо-восточного простирания. Последний в фундаменте трассируется крупными интрузиями базитов и гипербазитов, а в осадочном чехле четко выраженной линейной зоной озер-циркумментов, вложенных в крупную петлю - меандру р. Хопер. Геолого-структурное положение Южного участка нашло отражение в более высоких значениях геохимического фона почвенного покрова по сравнению с Северным участком (18 полей из 24 отличаются повышенными содержаниями элементов из списка изученных).

Модель условий формирования почвенного геохимического фона

Массив лабораторных данных обработан статистическими методами с определением параметров: среднеарифметического, стандартного отклонения и коэффициента вариации. Высокие значения коэффициента вариации (около и более 100%) указывают на доминирующее влияние определенного фактора (он либо тектонический, либо техногенный).

Формирование выборки данных рассматривались с нескольких позиций.

Первая позиция. Зависимость концентраций от соотношения в почве песчаной и глинистой составляющих. По этому признаку подпочвенный субстрат подразделялся на шесть типов: 1) глины, 2) тяжелые суглинки, 3) средние суглинки, 4) легкие суглинки, 5) супеси, 6) пески.

Вторая. Зависимость концентраций от генезиса субстрата (аллювиальный или ледниковый).

Третья. Зависимость концентраций от возраста пород субстрата, который связан и с разной гипсометрией местоположений, например, наиболее древние из четвертичных отложений это моренные суглинки, выстилающие водораздельные пространства, самые молодые – речные отложения низких надпойменных террас .

Зависимость от литологического состава (независимо от других факторов) отражают данные таблицы 1.

Таблица 1 – Соотношение средних концентраций тяжелых металлов в почвах разного литологического состава

Параметры	pH	Ca	Mg	Zn	Mn	Cu	Co	К-во полей	Литология
Средние	6,08	23,05	4,53	0,29	5,1	0,37	0,23	6	Глины
Коэф вариаци	6,27	9,59	35,78	15,23	19,49	109,27	142,73		
Средние	5,38	11,68	3,23	0,24	4,79	0,08	0,09	7	Сугл тяж
Коэф вариаци	10,67	14,57	26,92	12,72	19,4	43,79	8,52		
Средние	5,81	10,57	3,23	0,38	5,33	0,12	0,1	7	Сугл сред
Коэф вариаци	18,96	27,03	43,35	59,03	10,95	34,92	10		
Средние	5,16	10,7	3,78	0,24	5,02	0,09	0,09	15	Сугл легкие
Коэф вариаци	14,01	23,17	42,13	21,98	23,86	14,84	9,64		
Средние	5,72	8,9	2,66	0,64	5,78	0,11	0,13	25	Супеси и пески
Коэф вариаци	15,96	35,99	50,91	182,08	28,9	19,13	122,9		
Всего								60	5

Из таблицы 1 видно, что содержания макроэлементов (кальция и магния) последовательно снижаются с уменьшением в пробах глинистой составляющей. Это ожидаемо, поскольку песчаная примесь в основном кварцевая, а элементы основания (кальций и магний) концентрируются в глинистых минералах.

Марганец как мезоэлемент не проявляет подобной склонности. Однако, можно заметить, что максимум средних для него, равно как и для цинка, наблюдается в песчаных почвах. А вот для меди и кобальта всё наоборот - максимальные средние концентрации характерны для глин. В этом проявляется большее геохимическое сродство с основаниями меди и кобальта, в отличие от цинка. Концентрации меди в основном низкие и варьируют около 0,1 мг/кг. Исключением является поля 2013 и 2018 на ледниковых отложениях, где содержание меди на порядок выше.

Тренд зависимости от литологии макроэлементов (кальция и магния) демонстрирует график на рис 3. Четко просматривается рост концентраций оснований с ростом доли глинистой компоненты почв.

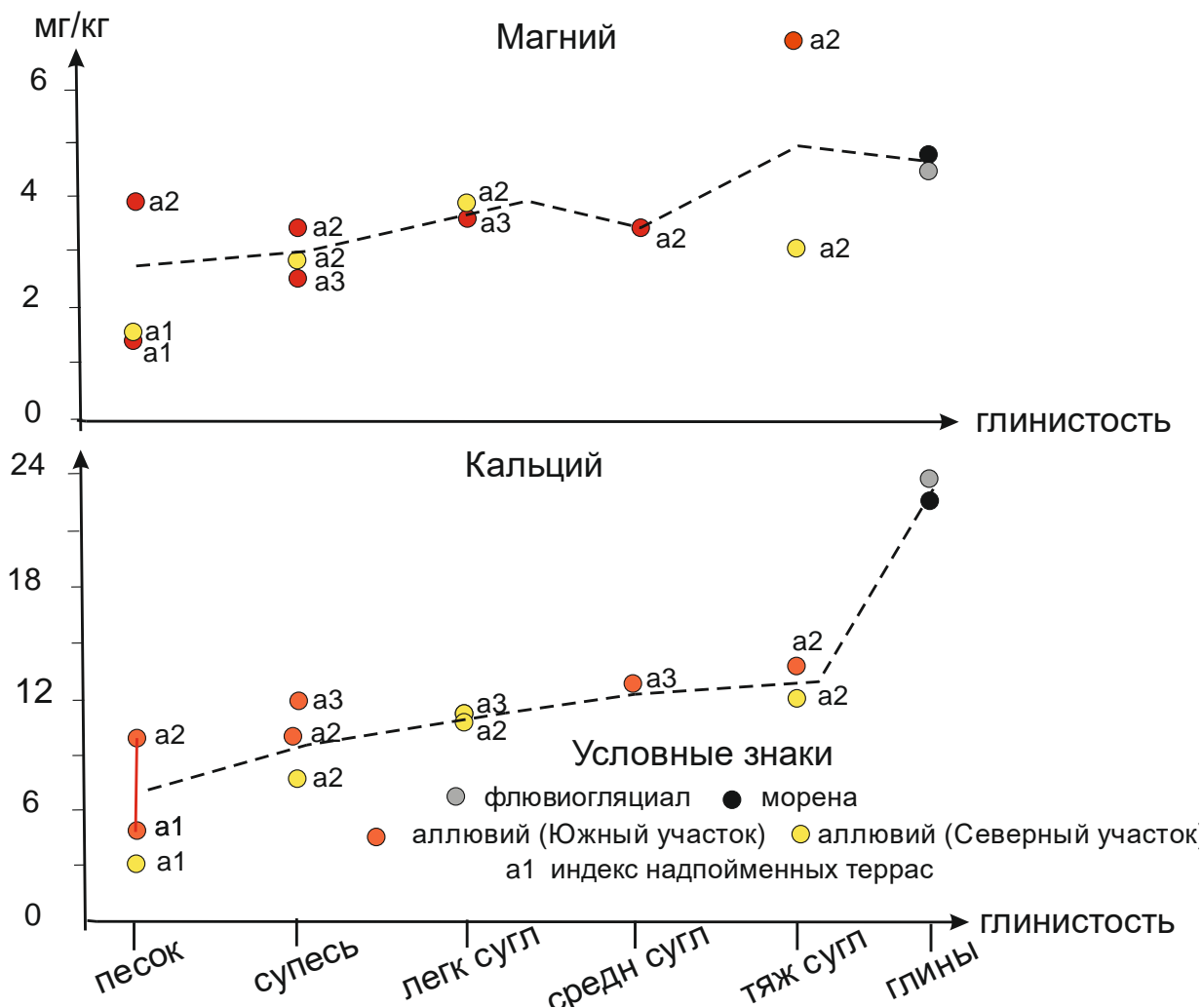


Рисунок 3 – Диаграммы зависимостей концентраций магния и кальция от литологии субстрата почв, генезиса, местоположений и возраста поверхностей выравнивания

ВЫВОДЫ

1. В изученной выборке данных превышений ПДК ни по одному из изученных компонентов не выявлено, тем не менее, в вариациях фоновых значений просматриваются определенные закономерности, связанные не только с литологией почвенного субстрата, но и с различиями геолого-структурного положения изученных участков.
2. Превышения фоновых региональных значений содержания тяжелых металлов для черноземов установлены лишь для цинка в 15% проб на Южном участке и в единичных пробах на Северном.
3. Установлены последовательные повышения содержания кальция и магния с ростом глинистости почв.
4. Выявлено, что изменения концентрации марганца и цинка по сравнению с большими элементами имеют обратный тренд (снижение значений по мере увеличения глинистости почв.)
5. Для кобальта и меди из-за низких концентраций тренд по литологии просматривается слабо. Но для меди отмечены максимумы в почвах на ледниковых отложениях, а для кобальта на Южном участке в аллювиальных песках второй надпойменной террасы, где широко распространены заболоченные западины (циркумменты), в которых формируются условия, благоприятные для накопления железа, соответственно и кобальта.

6. Отчетливо просматривается зависимость концентраций от геолого-геоморфологического местоположения участков. Более высокими фоновыми значениями содержаний всех компонентов отличаются почвы Южного участка, расположенного в зоне динамического влияния пересечения крупных рудоносных разломов в кристаллическом фундаменте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ Р 5859Г5-2019 Отбор почвенных проб //Утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 октября 2019 г. N 954-ст.
2. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства / Минсельхоз России. - М.: ЦИНАО, 1992 год.
3. Объяснительная записка к карте Лист М-37 – Воронеж Масштаб 1:1000 000(третье поколение). А. М. Ахмедов, Н. К. Ключев, А. Н. Наумкин и др. Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 255 с

GEOLOGICAL FACTOR OF THE ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL STATE OF SOILS IN THE SOUTH-EASTERN REGIONS OF THE VORONEZH REGION

*V. V. Ilyash , D. A. Belozarov E-mail vyvkii@mail.ru
Voronezh State University, Voronezh, Russia*

Annotation. The dependences on the features of the geological structure of the statistical parameters of the data of the ecological and geochemical study of the soils of a number of fields in the south-eastern regions of the Voronezh region intended for the development of the feed base of animal husbandry are revealed. The increased geochemical background is characteristic of soils developed on glacial deposits, and within the above-floodplain terraces on the site in the zone of dynamic influence of deep faults

УДК 669.168

ОТХОДЫ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Н.А. Ларионова nin.larionowa@yandex.ru
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

Аннотация. В статье рассмотрены основные промышленные отходы металлургической промышленности, объемы их образования и изменения во времени, в связи с реструктуризацией производства и внедрения новых технологий. Приведены сведения по влиянию отходов на загрязнение окружающей среды. Выделены зоны воздействия комбинатов по степени загрязнения. Приведены сведения по проведению мероприятий по охране окружающей среды и утилизации промышленных отходов.

Ключевые слова: жидкие, газообразные отходы, шлаки, шламы, загрязнение поверхностных и подземных вод.

Черная металлургия является одной из важнейших отраслей промышленности, производящей чугун, сталь, ферросплавы и различный прокат, как для потребностей страны, так и поставок на экспорт. Предприятия черной металлургии по степени воздействия на окружающую среду уступают только энергетическим комплексам. Все известные технологические процессы, производства чугуна, стали и их последующего передела сопровождаются образованием больших количеств отходов: это газопылевые выбросы,

жидкие производственные стоки, а также шлаки и шламы. Все отходы в той или иной степени оказывают техногенное воздействие на все компоненты окружающей среды – атмосферу, поверхностные и подземные воды, почвы и грунты. Объем и специфика воздействия предприятий на окружающую среду зависят от особенностей применяемых технологий, качества и состава производственного сырья, географического расположения предприятий, связанного с особенностями циркуляции атмосферы рассеивания загрязнений и влияния отходов производства на ландшафты, природные сообщества и их отдельные компоненты.

На долю предприятий черной металлургии приходится 15-20% общих загрязнений атмосферы промышленностью, а в районах расположения крупных металлургических комбинатов – до 50%. В среднем на 1 млн. т годовой продукции заводов черной металлургии выделение загрязняющих компонентов составляет: (т/сутки): пыли – 350, сернистого ангидрида – 200, оксида углерода – 400, оксидов азота – 42. Наибольшее количество пыли и окиси углерода в выбросах характерно для доменного производства, содержание которых может составлять 100-110 тыс. т и 500-600 тыс. т соответственно. Доменное производство характеризуется выделением большого количества доменного газа ($\approx 2-4$ тыс. м³/т чугуна). Этот газ содержит оксиды углерода и серы, водород, азот и большое количество колошниковой пыли (до 150 кг/т чугуна). Пыль содержит окислы железа, кремния, марганца, кальция, магния, частицы шихтовых материалов. В газопылевых выбросах преобладает оксид углерода – 75%. Содержание оксида азота составляло – 7,0%, оксида серы – 9,0%, взвешенных веществ – 8,0%. В процессе сталеплавильного производства в атмосферу выбрасываются парогазовые смеси, состоящие из фенола, формальдегида, бензола, аммиака и других токсичных веществ.

Наибольшее количество газопылевых выбросов в атмосферу поступает от крупных промышленных предприятий (табл. 1). Крупные частицы пыли оседают вблизи от комбината, а мельчайшие – переносятся ветровым потоком на большие расстояния. Затем они, оседая, поступают в поверхностные воды и почвы, загрязняя их. При этом формируются техногенно-геохимические зоны, отличающиеся по степени загрязнения. Вредные примеси, попадая в атмосферу, подвергаются физико-химическим превращениям, рассеиваются и вымываются из атмосферы. Отмечено, что, максимально-разовые концентрации взвешенных веществ превышают фоновые показатели на расстоянии 1 км от комбината – в 1,64 раза, на расстоянии 4 км – в 1,9 раза, а по сероводороду на расстоянии 1 км – в 1,3 раза, на расстоянии 4 км – в 1,8 раза [5].

Таблица 1 – Динамика выбросов металлургических комбинатов в атмосферу по годам (тыс. т) [2,3,4,5]

Предприятия Загрязняющие вещества в выбросах	ПАО «НЛМК»*			ПАО «Северсталь»**		
	Годы					
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Выброшено вредных веществ, всего, в т.ч.	330,5	284,6	276,97	325,6	299,11	292,01
твердые	22,4	16,7	15,6	21,8	17,60	14,75
жидкие и газообразные	302,2	282,7	278,7	299,4	281,50	277,26
диоксид серы	28,9	26,2	24,5	28,7	27,72	26,32
оксид углерода	249,2	240,7	238,5	247,6	236,94	235,77
оксиды азота	24,0	15,6	14,6	22,8	15,85	13,98

Примечание: * – Новолипецкий металлургический комбинат (Липецкая обл.); ** – «Северсталь» металлургический комбинат (Вологодская обл.).

Наиболее загрязнены территории, прилегающие к комбинатам. В зависимости от рельефа местности и метеоклиматических условий выделяют несколько зон по степени загрязнения. Зона сильного загрязнения расположена вблизи предприятия на расстоянии 2 км от комбината. Концентрации в атмосферном воздухе могут достигать: оксиды азота – 306 ПДК; фенолы – 2,3 ПДК; сероводорода – 3-4 ПДК; пыли – 1,5-4,0 ПДК; аммиака – 1,0-3,0 ПДК; СО – 1-2 ПДК. Зона довольно сильного загрязнения (до 5 км), среднего – до 15-20 км и слабого – до 50 км, а фоновая территория – дальше 60 км.

На ПАО «НЛМК» в зоне сильного загрязнения концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе составляла: оксиды азота – 306 ПДК; фенолы – 2,3 ПДК; сероводорода – 3-4 ПДК; пыли – 1,5-4,0 ПДК; аммиака – 1,0-3,0 ПДК; СО – 1-2 ПДК [2]. В зоне действия комбината ПАО «Электросталь» концентрация компонентов в атмосферном воздухе достигала: оксидов азота – 1,0-6,0 ПДК; фенола – 1,0-3,0 ПДК; сероводорода 1,0-4,0 ПДК; пыли – 1,5-4,0 ПДК; аммиака – 1,0-3,0 ПДК; СО – 1,0-2,0 ПДК [3]. В пыли содержится повышенное количество железа и соединений Са и Mg. Их поступление в почву способствует формированию зоны загрязнения щелочного типа, показатели рН почвы достигают 7,6-7,7, на отдельных участках повышаются до 8,0, что вызывает изменения в почвенном покрове, в т.ч. влияют на миграцию элементов в ландшафте. Техногенные вещества накапливаются в верхнем слое почвы и в дернине. В почве увеличивается содержание железа до 13-15%. На загрязненных территориях происходит угнетение и деградация растительности, изменение ее разнообразия, исчезновение неустойчивых видов, изменяется состав и структура почв, снижается их плодородие.

В результате фильтрации поверхностных стоков из почвы, загрязняющие вещества поступают в подземные воды. На отдельных участках в грунтовых водах отмечалось превышение окисляемости перманганатной (до 2,0 ПДК), жесткости общей (до 2,0 ПДК), сухого остатка (до 1,5 ПДК), мутности (до 88,0 ПДК). Наряду с этим определено повышенное содержание $Fe_{\text{общ}}$ (до 94,0 ПДК), Mn (до 6,0 ПДК), SO_4 (до 2,0 ПДК), азота аммиака (до 7,0 ПДК), нефтепродуктов (до 5,0 ПДК), Al (до 3,0 ПДК) [3].

Негативная сторона воздействия металлургических предприятий на окружающую среду состоит в техногенном рассеянии металлов. Металлы поступают в окружающую среду практически на всех стадиях производства. Так за одно десятилетие при транспортировке и обогащении сырья было рассеяно в мире около 600 тыс. т меди, 500 тыс. т цинка, 300 тыс. т свинца, 50 тыс. т молибдена. Главная опасность металлов состоит в их способности аккумулироваться в почвах, в поверхностных водах, особенно в донных отложениях, которые становятся вторичными источниками загрязнения водоемов.

Анализ имеющихся сведений показал, что на протяжении 10 лет, при увеличенном объеме выпускаемой продукции, валовые и удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу снизились на 20-25%, что связано с реструктуризацией предприятий. В результате строительства новой системы улавливания выбросов, внедрения новых технологий и оборудования количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу, к 2018 г снизилось на 34-40 тыс. т, в т.ч. пыли более чем на 15 тыс. т, значительно уменьшен выброс веществ повышенных классов опасности.

Черная металлургия отличается большим водопотреблением и, соответственно, значительными объемами сброса сточных вод. Ее водопотребление составляет 15-20% общего потребления воды промышленными предприятиями страны. Современное металлургическое предприятие на производство 1 т стального проката расходует 180-200 м³ воды. Суточный оборот воды на отдельных предприятиях достигает 3 млн. м³ и более. Отличительная особенность общезаводских стоков – наличие в них большого количества взвешенных частиц (800-4300 мг/л) [5].

При сбросе загрязненных сточных вод металлургических заводов в водоемах повышается количество взвешенных частиц, значительная часть которых осаждается вблизи места спуска, повышается температура воды, ухудшается кислородный режим, образуется маслянистая пленка на поверхности воды. Если в поступающих стоках содержатся кислоты,

то повышается и кислотность воды, нарушается ход биологических процессов. Все это может привести к гибели водных организмов и нарушению естественных процессов самоочищения водоемов.

Сброс сточных вод ПАО «НЛМК» в 2017 г. составил 87,99 млн. м³, а в 2018 – 80,69 млн. м³, т.е. объем стоков только за год уменьшился на 7,0 млн. м³. Основную массу сточных вод комбинат сбрасывает в р. Воронеж. В р. Воронеж в 2017 г содержание загрязняющих веществ составило: аммонийный азот – 1,7-2,9 ПДК; Fe_{общ.} – 1,4-3,0 ПДК; Mn – 5,1 ПДК; Cu – 2,2 ПДК; ХПК – 1,3 ПДК. фосфат-ион – 1,2-1,4 ПДК, а в 2018 г концентрации некоторых компонентов уменьшились и составили: аммонийный азот – 1,2 ПДК; Fe_{общ.} – 1,4-1,5 ПДК; фосфат-ион – 1,2 ПДК [2,5].

Сброс сточных вод на ПАО «Северсталь» к 2018 г уменьшился на 1,77 млн. м³. В них содержание загрязняющих веществ составляло: взвешенные вещества – 1,0%; БПК – 14,2%; азот аммонийный 60,6%; нитраты – 20,2%; сульфаты – 57%; хлориды – 32,7%. Экономия воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения составила 2863, млн. м³ (74,6%). Сброс сточных вод предприятием осуществляется в Рыбинское водохранилище. При сбросе сточных вод металлургических заводов в водохранилище в большей степени создаются неблагоприятные условия. В таких зарегулированных водоемах в результате слабого перемешивания и замедленного течения ухудшается санитарно-гигиеническое состояние водного объекта. Так, при поступлении сточных вод в водохранилище вода характеризовалась как очень загрязненная. На водохранилище в 2 км выше г. Череповца состав воды представлен: ХПК (3,0 ПДК); БПК_{полн.} (1,4 ПДК); Fe (4,2 ПДК); Cu (2,8 ПДК); Zn (2,3 ПДК); Mn (6,0 ПДК), а в 2 км ниже г. Череповца – ХПК (3,3 ПДК); БПК_{полн.} (1,6 ПДК); NO₂ (1,0 ПДК); Fe (3,0 ПДК); Cu (1,9 ПДК); Mn (5,9 ПДК); Zn (2,6 ПДК); SO₄ (3,0 ПДК) [3,4].

На предприятиях черной металлургии при выплавке чугуна и стали образуется большое количество твердых технологических отходов в виде шлаков, шламов, скрапа, окалины, боя огнеупоров, мусора, среди которых до 80% приходится на шлаки. В шлаковых отвалах РФ накоплено более 500 млн. т шлаков доменного, сталеплавильного, литейного и ферросплавного производств. Кроме шлаков ежегодно образуется около 1 млн. т шламов, которые содержат большое количество железа (50%) и около 110 тыс. т пыли. Площади, занятые отвалами, превышают 2,2 тыс. га. Отвалы и шламонакопители являются постоянными источниками загрязнения не только почвы, но и подземных и поверхностных вод тяжёлыми металлами. Как правило, отвалы, находясь в городской черте, вблизи металлургических заводов, нарушают ландшафт, занимают земельные угодья, ухудшают экологическую обстановку. В течение 6 лет на комбинате ПАО «Северсталь» образовалось суммарно сталеплавильных и доменных шлаков более 6,569 млн. т, а на ПАО «НЛМК» за три года образовано около 14,8 млн. т промышленных отходов. При хранении распадающихся шлаков, они переходят в порошкообразное состояние и в большей степени пылят под воздействием ветровых потоков, поступая в атмосферу, водоемы и почвы, загрязняя их. Степень воздействия зависит от размера пылевых частиц и метеорологических условий. Крупные частицы оседают вблизи накопителя, а мелкие переносятся ветром на большие расстояния. Загрязняющие вещества аккумулируются в почве, и даже освобожденные от отвалов земли не пригодны для сельскохозяйственного использования и требуют рекультивации. Под действием атмосферных осадков и поверхностного стока выщелачивающиеся из шлаковых отвалов компоненты поступают в водоемы, почву и, опосредованно, в грунтовые воды.

В районе шлакоотвала (Чусовского металлургического завода) в воде рек Усьва и Чусовой изменяется гидрохимический состав, повышается содержание ионов HCO₃⁻ до 146,44 мг/л, SO₄²⁻ до 66,76 мг/л, увеличивается присутствие микроэлементов. Содержание Zn увеличилось в 20 и 22 раза по сравнению с фоновыми показателями, Ti – в 2 и 7 раз, Cr – в 10 и 9 раз, Ni – в 6 и 9 раз, Mn – в 10 и 6 раз, Pb – в 65 и 14 раз, Cu – в 10 и 8 раз соответственно [6]. По данным водных вытяжек в донных отложениях в районе отвала наблюдается

увеличение содержания (мг/кг): SO_4^{2-} до 1818 мг/кг; Cl до 94 мг/кг; NO_3 и NO_2 до 121 мг/кг и 5,0 мг/кг соответственно. В 2 км ниже отвала в донных отложениях отмечено повышенное содержание микроэлементов: Ti – до 510 мг/кг, Cr – до 1200 мг/кг, Ni – до 1050 мг/кг, Mn – до 250 мг/кг, Cu – до 330 мг/кг [6].

Грунтовые воды в зоне воздействия отвала имеют гидрокарбонатный состав. В их составе отмечено увеличение содержания ионов SO_4^{2-} , Cl, NO_3 , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , $\text{Fe}_{\text{общ}}$. В зоне расположения шламохранилища в грунтовых водах превышение над фоновыми показателями составляло: по Zn – до 8,4 раз; по Ti – до 2,6 раз; по Cr – до 39 раз; по Ni – до 4,4 раз; по Mn – до 5,9 раз; по Pb – до 7,2 раз; по Cu – до 9,7 раз [6].

Все промышленные отходы предприятий металлургической промышленности оказывают значительное влияние на загрязнение окружающей среды. Сложившаяся ситуация требует поиска новых путей и подходов к решению экологических проблем, связанных с промышленным производством. Необходим целый комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение или существенное снижение неблагоприятного воздействия предприятий на окружающую среду и, как следствие, на здоровье человека. В течение 10 лет в металлургии проводится большая работа по охране окружающей среды. На некоторых предприятиях закрыто мартеновское производство, проводится внедрение нового оборудования.

Большую экологическую программу осуществляют ПАО «НЛМК» и ПАО «Северсталь». На комбинатах в течение нескольких лет проводились модернизация и совершенствование технологических процессов, внедрение современных эффективных очистных и обезвреживающих установок, что позволило значительно сократить газопылевые выбросы и объемы сбрасываемых сточных вод на 7,3 млн. м³. На ПАО «НЛМК» модернизация оборудования и оптимизационные мероприятия позволили последовательно повышать энергоэффективность производства. В 2016 г дополнительно утилизировано 1,0 млрд. м³ доменного газа. Годовой объем инвестиций в реализацию природоохранных проектов увеличился в период 2013-2016 гг. с 4,3 до 7,0 млрд. руб., т.е. на 63%. Проведены работы по экологической реабилитации реки Воронеж от фиксирующего порога ПАО «НЛМК» до устья реки Семеновка. В 2018 году на выполнение данного мероприятия направлено 54870,8 тыс. рублей, проведена экологическая реабилитация 9,52 км реки, разработано 325,244 тыс. м³ грунта. Результатом выполнения мероприятия будет являться снижение антропогенной нагрузки на водный объект в результате ограничения сбросов сточных вод в реку Воронеж, а также существенное повышение её способности к самоочищению. Протяженность участка расчистки реки от донных отложений и водной растительности за весь период составила 25,62 км. С развитием новых технологий реализуется комплекс мероприятий по обработке и утилизации твердых отходов (шлаков, пыли, шлама и т.д.), по очистке газов с утилизацией шламов. Планируется строительство участка для переработки отходов на шлаковом отвале по производству брикетов производительностью 700000/год [5].

На комбинате ПАО «Северсталь» к 2017 г снизился выброс загрязняющих веществ на 38,0 тыс. т, в т.ч. пыли – более чем на 15,0 тыс. т. Проведено строительство новой системы улавливания выбросов на 3,0 млрд. руб. На 98,2% замкнут водооборотный цикл, закрыто 5 стоков в естественные водоемы. Ежегодно предприятие тратит на реализацию природоохранных мероприятий более 250 млн. руб. собственных средств. В 2018 году на ПАО «Северсталь» из образовавшихся 6,955 млн. т обезврежено и утилизировано 6,499 млн. т отходов (93%). Сталеплавильные и доменные шлаки (более 4 млн. тонн) полностью используются. Разрабатываются и используются шлаки из старых отвалов. Планируется строительство линии производительностью 100 тыс. брикетов из промышленных отходов сталеплавильного производства, что позволит утилизировать отходы, в том числе шлаков старых отвалов, и сократить площадки под складирование отходов. Проект, стоимостью 492 млн. руб. включен в стратегическую инвестиционную программу.

Таким образом, крупные предприятия принимают участие в разработках программ по охране окружающей среды, привлекают средства для реабилитации водных объектов и рекультивации загрязненных земель. По данным Росстата [1], за 2000–2016 годы инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, увеличились более чем в пять раз, за 2007–2014 годы более чем удвоились. Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов к 2016 году составили (млрд. руб.): на охрану атмосферного воздуха – 40,3; водных ресурсов – 67,5; земель – 12,2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. Экология и экономика: сокращение загрязнения атмосферы страны. – М.: Аналитический центр при правительстве Российской Федерации, 2017. – 20 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docviewer.yandex.ru>
2. Годовой отчет 2016. Природоохранная деятельность НЛМК. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docviewer.yandex.ru/view/104816952>.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Вологодской области в 2017 году. – Вологда.: Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области в 2017 году, 2018. – 257 с.
4. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Вологодской области в 2018 году. – Вологда.: Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области, 2019. – 261 с.
5. Доклад. Состояние и охрана окружающей среды Липецкой области в 2018 году. – Липецк.: Управление экологии и природных ресурсов Липецкой области, 2019. – 224 с.
6. Снижение экологической нагрузки при обращении со шлаками черной металлургии: монография /К.Г. Пугин, Я.И. Вайсман, Б.С. Юшков, Н.Г. Максимович. – Пермь.: Пермский. гос. технический университет, 2008. – 316 с.

WASTE FROM THE METALLURGICAL INDUSTRY AND THEIR IMPACT ON ENVIRONMENTAL POLLUTION

*N.A. Larionova nin.larionowa@yandex.ru
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

Annotation: The article discusses the main industrial wastes of the metallurgical industry, the volume of their formation and changes over time, in connection with the restructuring of production and the introduction of new technologies. Information on the impact of waste on environmental pollution is provided. The zones of influence of the factories were identified according to the degree of pollution. Information on the implementation of measures for environmental protection and industrial waste disposal is provided.

Key words: liquid, gaseous waste, slag, sludge, pollution of surface and ground waters.

ИСТОЧНИКИ И ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ КРУПНЫХ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.И. Павловский, О.В. Шершнев, С.В. Андрушко, В.Л. Моляренко
aipavlovsky@mail.ru, gomelgeo@yandex.ru, sandrushko@list.ru, molyarenko-vova@bk.ru
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, г. Гомель,
Республика Беларусь

Аннотация. В работе рассмотрены основные источники техногенной трансформации экологических функций геологической среды крупных горнопромышленных регионов Республики Беларусь. Приведена типизация источников техногенных воздействий на геологическую среду, проведенная на основании специфики воздействия. Выделены виды воздействия, описаны их основные последствия на примере четырех крупнейших горнодобывающих и перерабатывающих предприятий Республики Беларусь.

Ключевые слова: техногенная трансформация, экологические функции, геологическая среда, зоны воздействия горнопромышленных регионов, последствия техногенной трансформации, горнопромышленные регионы, Солигорский горнопромышленный район, карьер «Гралево», карьер «Микашевичи», ОАО «Гомельский химический завод».

Разработка месторождений и переработка полезных ископаемых на территории Республики Беларусь важный фактор трансформации геологической среды (главным образом, ее геохимической, геодинамической и ресурсной функций). В первую очередь это относится к верхним горизонтам литосферы, которые в результате добычи и переработки полезных ископаемых испытывают максимальные изменения. Предприятия по добыче и переработке полезных ископаемых представляют собой комплексы карьерных, шахтных, нефтепромысловых и других объектов, объединенных в единую инфраструктуру. Предприятия данных отраслей промышленности не занимают значительных площадей и их формирование связано с разработкой полезных ископаемых.

Практически вокруг каждой крупной горной выработки формируется локальное хозяйство, а на нефтепромыслах – даже комплексы локальных хозяйств, связанных широкой сетью дорог и трубопроводов. Функционирование глубоких карьеров и шахт обычно требует складирования в отвалы больших объемов пустой породы, создания мощных и сложных дренажных систем. Нередко в районах добычи осуществляется первичная переработка полезных ископаемых, работают горно-обоганительные комбинаты, значительные площади заняты хвостохранилищами и шламонакопителями.

В горнопромышленных районах осуществляется активное воздействие на геологическую среду, посредством трансформации ее экологических функций. Экологические функции геологической среды определяют и отражают роль и значение литосферы, включая подземные воды, газ, нефть, геофизические поля и протекающие в ней геологические процессы в жизнеобеспечении биоты и, главным образом, человеческого общества. К основным относятся ресурсная, геодинамическая и геохимическая, которые тесно связаны между собой.

Ресурсная экологическая функция заключается в ее потенциальной способности обеспечения потребностей биоты (экосистем) абиотическими ресурсами, в том числе и потребностей человека теми или иными полезными ископаемыми. Минеральные ресурсы обеспечивают развитие технического прогресса, формируют геополитику, являются причиной военных конфликтов. Интенсивное развитие промышленности в мире приводит к неизбежному возрастанию спроса на минеральное сырье (энергетическое, химическое,

индустриальное и др.), что в свою очередь может вызывать ресурсную напряженность тем самым предопределяя необходимость оценки достаточности минеральной ресурсной составляющей литосферы.

Основным видом воздействия разработок месторождений полезных ископаемых на ресурсную экологическую функцию является изъятие минеральных ресурсов. В процессе их извлечения происходят техногенные изменения и в других компонентах литосферы, а именно изменяются запасы биофильных элементов, запасы и качество подземных вод, формируются техногенные отложения и своеобразный рельеф. Такого рода изменения вызывают ряд экологических последствий, обуславливающих сокращение урожайности сельскохозяйственных культур, снижение обеспеченности населения питьевой водой, сокращение площадей, комфортных для проживания населения и используемых в сельском хозяйстве.

С позиции **ресурсной** составляющей для удовлетворения потребностей экономики собственным минеральным сырьем минерально-сырьевые ресурсы можно разделить на три группы по степени распространенности и изученности в недрах, степени промышленного освоения и экономическому потенциалу:

- промышленное достаточное сырье,
- промышленное дефицитное сырье,
- сырье, перспективное для промышленного освоения.

Первая группа представлена минеральным сырьем, в количестве обеспечивающим текущие и перспективные потребности экономики страны, а также обладающие экспортным потенциалом. В Республике Беларусь сюда относятся калийные и каменные соли, доломиты, строительный камень, цементное сырье, торф, подземные пресные и минеральные воды. Достаточно широко представлена сырьевая база легкоплавких и тугоплавких глин, формовочных, стекольных, строительных песков и песчано-гравийного материала.

Вторая группа минерально-сырьевых ресурсов образует промышленное дефицитное сырье. Это в первую очередь нефть и природный газ, высококачественный облицовочный камень, высококачественные кварцевые пески для стекольной промышленности и литейного производства.

К третьей группе относится сырье, перспективное для промышленного освоения. Они представлены железными рудами, бурым углем и горючими сланцами, гипсом, фосфоритами, промышленными рассолами, боксит-давсонитовыми и редкометалло-бериллевыми рудами, бентонитовыми глинами.

Экологические последствия трансформации и изменения качества геологической среды в первую очередь определяются видом и объемом добычи и переработки полезных ископаемых; уровнем внедрения природоохранных мероприятий; региональными инженерно-геологическими, ландшафтно-геохимическими и климатическими особенностями, обуславливающих специфику проявлений экологических функций.

Разработка месторождений полезных ископаемых на территории Беларуси осуществляется тремя способами: шахтным, открытым (карьерным) и скважинным. На территории Беларуси наиболее распространенными являются 3 технологических метода получения минерального сырья:

- механический метод используется при добыче преимущественно твердых полезных ископаемых шахтным или карьерным способом;
- взрывной метод наиболее применим при разработке твердых полезных ископаемых в случае наличия пород, не поддающихся механическому воздействию;
- скважинная технология и ее модификации является основным при извлечении из недр жидких и газообразных полезных ископаемых.

Для каждого из этих методов присущи определенные виды воздействий, проявляющиеся в разных масштабах и интенсивности, со своими специфическими особенностями. Типизация источников техногенного воздействия на геологическую среду

является важным компонентом изучения трансформации экологических функций верхней части литосферы, в рамках формирования лито-технических систем.

В районах добычи и переработки полезных ископаемых основными источниками воздействия на экологические функции геологической среды являются: здания, цеха и производственные сооружения, коммуникации, отвалы и терриконы, карьеры, шахты, горные выработки, взрывные работы, горные комбайны, экскаваторы, комбинаты, рудники, строительство шламонакопителя, хвостохранилища, водозаборы, ЛЭП, электрическое оборудование цехов, шахт, рудников, электротранспорт и др.

Типизация источников техногенных воздействий на геологическую среду проведена на основании специфики (механизма) воздействия. Среди них выделяется: механическое, гидромеханическое, гидродинамическое, электромагнитное, физико-химическое; химическое воздействия. Воздействие источников техногенной трансформации осуществляется либо путем прямого физического изменения геологической среды, либо через формирование различных полей техногенного происхождения.

Источники техногенных воздействий на геологическую среду оказывающие прямое механическое, или гидромеханическое воздействие выделяются с учетом симметрии «прямого» и «обратного» действия. В частности, это уплотнение – разуплотнение, аккумулятивный – выработанный рельеф и т.д. Объекты, влияющие на экологические функции геологической среды посредством электрических, магнитных или электромагнитных полей, воздействуют непосредственно лишь на вещественные элементы геологической среды: горные породы и подземные воды и не влияют на рельеф и геодинамику территории. Источники оказывающие химическое воздействие влияют лишь на вещественные компоненты геологической среды и не влияют непосредственно на рельеф и геодинамические процессы. Происходит химическое загрязнение массивов горных пород, поверхностных и подземных вод. Вид воздействия выделяется по конкретному техногенному влиянию, оказываемому тем или иным источником, раскрывающим его индивидуальность.

Источники и последствия техногенной трансформации экологических функций геологической среды возникающие в ходе развития горнодобывающего и горно-перерабатывающего производства на территории Беларуси были рассмотрены на примере:

- Солигорского горнопромышленного района (ГПР);
- Карьера «Гралево» по добыче верхнедевонских доломитов в окрестностях Витебска;
- Карьера «Микашевичи» по добыче строительного камня;
- ОАО «Гомельский химический завод».

Солигорский горнопромышленный район (ГПР). Предприятие ОАО «Беларуськалий» разрабатывает Старобинское месторождение калийных солей. Добыча руды производится шахтным способом, отходы производства складированы в отвалах и шламохранилищах. Ежегодно на поверхности формируется около 20 млн т твердых галитовых отходов и около 2,2 млн т шламов. За все время эксплуатации месторождения накопилось около 1 млрд т твердых отходов на площади свыше 550 га и более 65 млн т жидких глинисто-солевых шламов на площади 950 га.

По уровню техногенного преобразования геологической среды шахтно-отвальное производство относится к числу наиболее влияющих на трансформацию экологических функций геологической среды. Если оценивать уровень такой трансформации лишь объемами горных пород, перемещенных на единицу площади, то соответствующий коэффициент для Солигорского горнопромышленного района может превысить 10 млн м³/км² при среднем значении этого показателя для республики 120–170 тыс. м³/км².

К негативным последствиям техногенеза на территории размещения этого вида производства необходимо отнести также образование мульд оседания, подтопление территории, загрязнение грунтов и подземных вод. Например, ширина мульд оседания на отдельных участках Солигорского ГПР достигает 100–300 м при глубине 1–3 м и более и крутизне склонов 3–4°. В таких депрессиях часто развивается заболачивание. Кроме этого в

районах солеотвалов и шламохранилищ отмечается значительное загрязнение грунтов и подземных вод, так, например, в районе ГПР сформировалась зона хлоридно-натриевого засоления. Здесь минерализация грунтовых вод достигла 80–160 г/дм³, а в некоторых случаях и 200 г/дм³. Имеет место тенденция увеличения площади ореола загрязнения со скоростью до 85 м/год.

Еще одним последствием техногенной трансформации экологических функций геологической среды, возникающим при проведении подземных шахтных работ, относится возникновение индуцированной сейсмичности. Риск возникновения индуцированной сейсмичности вызывается активизацией разломов в горнопромышленном регионе, где вследствие разработки месторождения осадочных руд происходят изменения тектонических напряжений в подземных горизонтах. В пределах проведения подземных горных работ фиксируются горно-тектонические удары, сопровождающиеся разрушениями породного массива, а сильные горные удары нередко проявляются на земной поверхности в виде трещин и провалов.

Карьер «Гралево» по добыче верхнедевонских доломитов в окрестностях Витебска, здесь наблюдается интенсивная активизация гравитационных процессов. В пределах карьера вскрыша представлена поозерскими и днепровскими моренными глинистыми грунтами, перекрытыми голоценовыми аллювиальными песками общей мощностью 10–20 м. Приуроченность к вскрыше грунтовых вод, выветрелость моренных отложений, крутые склоны (до 50°) обусловили здесь широкое развитие обвалов и оползней с объемами от нескольких сотен до тысяч м³ перемещенных грунтовых масс.

Оползни часто возникают и на отвалах вскрышных пород, они часто имеют небольшие размеры и объемы, но иногда способны захватывать обширные участки. Так, в ноябре 1998 г. из-за продолжительных дождей сполз обширный массив грунта, имевший в поперечнике около 70 м, при высоте смещения до 10 м. Этим оползнем было перемещено порядка 20 тыс. м³ грунтовых масс. В результате были уничтожены частные строения, расположенные вблизи отвалов.

Карьер «Микашевичи» по добыче строительного камня (гранитов, диоритов, габбро, гнейсов AR–PR1). Открытая разработка месторождений полезных ископаемых нередко сопровождается сосредоточенным водоотбором. При этом водоотливы из карьеров создают общее снижение уровней взаимосвязанных водоносных горизонтов, образующих депрессионные воронки с радиусами, исчисляемыми километрами. В результате иссякают колодцы, скважины, пересыхают малые реки и водоемы, крупные речные водотоки, дренирующие их в естественных условиях, болота, становятся источниками питания подземных вод.

Так, к примеру, практика эксплуатации карьера «Микашевичи» свидетельствует о том, что постоянный водоотлив, превышающий нередко 60 тыс. м³/сут, из-за значительных водопритоков в карьер из подземных водоносных горизонтов (в среднем 43,4 тыс. м³/сут, а в периоды ливневых осадков – до 420 тыс. м³/сут и более) существенным образом изменил гидродинамические параметры последних, повлек за собой преобразования химсостава подземных и карьерных вод, нарушил гидрологический режим на прилегающих территориях.

Мощный, свыше 370 тыс. м³/сут водоотлив подземных вод верхнедевонского комплекса привел к снижению пьезометрических уровней в радиусе 10–12 км, что повлекло за собой исчезновение меженного стока реки Витьба на десятикилометровом участке и выход из строя ряда водозаборных скважин в близ расположенных населенных пунктах.

ОАО «Гомельский химический завод» является одним из крупнейших в нефтехимической отрасли Республики Беларусь производителем фосфоросодержащих минеральных удобрений, тукосмесей, серной и фосфорной кислот и др. Производственный процесс получения готовой продукции приводит к ежегодному образованию до 650–800 тыс. т твердых отходов, большая часть из которых представлена фосфогипсом складируемым в отвалах, которые являются серьезным источником воздействия на компоненты

геологической среды. Производственная площадка ОАО «Гомельский химический завод» (ГХЗ) находится в юго-западной промышленной зоне г. Гомеля.

Среди положительных форм доминирующими являются отвалы фосфогипса. В процессе производственной деятельности ГХЗ за более чем 50-летний период его функционирования образовано более 18 млн т отходов фосфогипса, которые занимают площадь около 0,90 км². Они представлены системой гребневидных и платообразных отвалов.

В пределах территории размещения отвалов фосфогипса под влиянием экзогенных агентов развиваются геологические процессы. Флювиальные процессы проявляются в виде полного эрозионно-аккумулятивного цикла, начиная от делювиального смыва, линейной эрозии и заканчивая эрозионно-аккумулятивной деятельностью временных водных потоков.

На отдельных участках наиболее крупных терриконов с крутыми не закрепленными растительностью склонами происходит оползание и осыпание субстрата отвалов. Это привело к накоплению в их основании отложений подобных делювиальным шлейфам. Процессы линейной эрозии распространены на уплотненных крутых склонах терриконов. Образуются эрозионные рытвины протяженностью от 1 до 3–5 м, шириной от 0,01–0,03 м до 0,1–0,15 м и глубиной до 0,15–0,3 м. Рытвины, как правило, неразветвленные и достигают высокой плотности – до 3–5 единиц на один метр ширины наклонной поверхности.

Растительный покров в зоне влияния отвалов фосфогипса ГХЗ в разной степени деградирован, либо полностью отсутствует, что привело к формированию техногенных пустошей. Деградация древостоя проявляется даже на удалении до 2,5 км, а на расстоянии 0,8–1,2 км деградация настолько значительна, что выражается в массовой гибели популяции сосны.

Особенности почвообразовательных процессов на территории ГХЗ привели к формированию песчаных техноземов (с процентным содержанием физической глины в интервале 5–8 %) – искусственно созданных почвоподобных тел. Гранулометрический состав почв завода характеризуется высокой долей фракции частиц песка (1,0–0,05 мм) – 80–90 %, что обусловлено особенностями почвообразующих пород и определяет их водопроницаемость и низкую буферную способность к воздействию химических веществ.

Таким образом, геологическая среда в зонах воздействия крупных горнопромышленных регионов подвержена влиянию огромного количества источников техногенной трансформации и испытывает целый комплекс техногенных воздействий, приводящий к существенной трансформации всех компонентов геологической среды.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20 -55 - 00010/20 от 30.04.20 и БРФФИ Х20Р - 284 от 04.05.2020

SOURCES AND CONSEQUENCES OF THE TECHNOGENIC TRANSFORMATION OF THE ECOLOGICAL FUNCTIONS OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT IN THE IMPACT ZONES OF LARGE MINING REGIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

*A.I. Pavlovsky, O.V. Shershnev, S.V. Andrushko, V.L. Molyarenko
aipavlovsky@mail.ru, gomelgeo@yandex.ru, sandrushko@list.ru, molyarenko-vova@bk.ru
Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus*

Abstract. The paper considers the main sources of technogenic transformation of the ecological functions of the geological environment of large mining regions of the Republic of Belarus. The typification of sources of anthropogenic impacts on the geological environment, carried out on the basis of the specifics of the impact, is given. The types of impact are highlighted, their main consequences are described on the example of the four largest mining and processing enterprises of the Republic of Belarus.

Keywords: technogenic transformation, ecological functions, geological environment, zones of influence of mining regions, consequences of technogenic transformation, mining regions, Soligorsk mining region, open pit "Gralevo", open pit "Mikashevichi", JSC "Gomel Chemical Plant".

УДК 551.4.

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО СКЛОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА В СВЯЗИ СО СТРОИТЕЛЬСТВОМ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

О.В. Панина, О.Л. Донцова

E-mail: panina_olga@inbox.ru

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

Аннотация Рассмотрены вопросы, связанные с геоэкологическим анализом инженерно-геологических условий строительства газораспределительных станций, а также анализом безопасности сложных технических объектов при дальнейшей эксплуатации, что позволит вывести алгоритм оценки риска для объектов газораспределительной системы, от этапа инженерных изысканий до эксплуатации.

Ключевые слова геоэкологический анализ, газораспределительные станции, инженерно-геологические условия, сложный технический объект, оценка риска

Газораспределительные станции (ГРС) является основным объектом в системе магистральных газопроводов, функцией которой является понижение давления газа в трубопроводе и его подготовка для потребителя. Современные ГРС – сложные, высокоавтоматизированные и энергоемкие объекты. Являются опасными производственными объектами, при эксплуатации которых всегда имеется риск внезапного отказа оборудования. Анализ инженерно-геологических условий размещения данных объектов строительства является важным этапом повышения надежности и безопасности их эксплуатации. Оценка риска аварийных ситуаций при эксплуатации газораспределительных станций позволяет своевременно принимать управленческие решения по снижению риска.

Актуальность данной темы связана с геоэкологическим анализом инженерно-геологических условий строительства ГРС, а также анализом безопасности сложных технических объектов при дальнейшей эксплуатации, что позволит вывести алгоритм оценки риска для объектов газораспределительной системы, от этапа инженерных изысканий до эксплуатации.

Объектом исследования является территория Новороссийского района, где в настоящее время активно проходят процессы газификации населенных пунктов на участке Абраусского полуострова от пос. Борисовка до пос. Широкая балка. Авторами была поставлена задача проведения геоэкологического анализа инженерно-геологических условий для определения категории сложности инженерно-геологических условий, которые устанавливаются по совокупности факторов. Для определения категорий сложности рассматривались 6 факторов: геоморфологический, геологический, гидрогеологический, инженерно-геологические процессы, специфические грунты, техногенный. При этом инженерно-геологические условия разделялись на 3 категории сложности: I (простая), II (средней сложности), III (сложная) [1].

1) Согласно геоморфологическим исследованиям, территория относится среднегорному рельефу.

2) В геологическом строении участка изысканий до изученной глубины 7,0 м принимают участие четвертичные отложения. Выделены следующие стратиграфо-генетические комплексы отложений:

– техногенные отложения - (tQ_{IV});

– делювиальными и элювиальными нерасчлененными отложениями (d, eQ).

2) *Гидрогеологические условия* района сложны. Породы отличаются слабой водообильностью. Выдержанных по площади высокопористых и трещиноватых коллекторов в районе не установлено. Подземные воды, как правило, заключены в прослоях песчаников, песков, известняков, мергелей и алевролитов среди толщи глинистых пород.

3) На основании материалов полевых исследований в пределах участка изысканий авторами были получены следующие *характеристики грунтов*:

ИГЭ 1 (tQ_{IV}). Насыпной грунт. Дресвяный грунт малой степени водонасыщения. Насыпные грунты вскрыты всеми скважинами. Залегают с поверхности и до глубины 0,3–0,5 м.

ИГЭ 2 (d, eQ_{IV}) Суглинок тяжелый пылеватый твердый ненабухающие среднепучинистый. Вскрыты всеми скважинами, залегают под насыпными грунтами с глубины 0,3–0,5 м и до глубины 2,6–3,0 м мощностью 2,1–2,7 м.

ИГЭ 3 (d, eQ_{IV}) Суглинок тяжелый пылеватый твердый набухающий среднепучинистый. Вскрыты всеми скважинами, залегают под суглинком тяжелым пылеватым твердым ненабухающим среднепучинистым с глубины 2,6–3,0 и до разведанной глубины 7,0 м. Мощность отложений составляет 4,0–4,4 м.

4) В рамках выделения *инженерно-геологических процессов* определено, что на исследованной территории получили распространение эндогенные процессы – сейсмичность. Фоновая сейсмичность для площадки принята по г. Новороссийск и составляет 8 баллов, по карте ОСР-2015 – С 9 баллов [2].

Категория опасности землетрясений оценивается как опасная.

5) При изучении *специфических грунтов* в пределах участка изысканий следует выделить техногенные грунты.

а) *Техногенные грунты* ИГЭ 1 (tQ_{IV}). Насыпной грунт. Дресвяный грунт малой степени водонасыщения. Насыпные грунты вскрыты всеми скважинами.

б) *Набухающие грунты*. ИГЭ 3 (d, eQ_{IV}) Суглинок тяжелый пылеватый твердый набухающий.

Также на изучаемой авторами выделены техногенные воздействия. Был сделан вывод, что район исследования относится к промышленной зоне с весьма высокой техногенной нагрузкой. Сеть коммуникаций состоит из производственной канализации, водоводов пожарного и бытового, силовых кабелей, теплотрасс и кабельных эстакад. Техногенная нагрузка на территории ГРС высокая.

Для более точного определения сложности инженерно-геологических условий использовался метод ранжирования.

Ранжирование с применением баллов по различным факторам – это аналитический метод оценки работы с применением сравнения по категории сложности территорий.

Этот метод основан на том, что каждому показателю присваиваются определённые значения. Предполагается, что каждый показатель вносит свой вклад в процесс строительства и является частью всех видов работ, подлежащих оценке, но в разной степени. При оценке территорий путём ранжирования, каждому показателю присваивается определённый балл. Затем баллы складываются и оценивается категория сложности, то есть, где балл будет выше, там территория будет сложнее в ходе строительства.

Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Определение категории сложности территории методом ранжирования

Факторы	г. Новороссийск
	Номер категории
Геоморфологические условия	3
Геологические условия	3
Гидрогеологические условия	2
Опасные геологические процессы	4
Специфические грунты	3
Техногенные воздействия	3
Сумма	18

Исходя из проведения ранжирования территории по категории сложности и дальнейшей экспертной оценки, было определено, инженерно-геологические условия площадки строительства ГРС относятся ко II и III категориям сложности.

На основании ранжирования участка строительства ГРС г. Новороссийск на участке Абраусского полуострова от пос. Борисовка до пос. Широкая Балка по категориям сложности выделены инженерно-геологические факторы, способствующие возникновению и развитию аварий на ГРС:

Инженерно-геологические факторы:

- изменение альтитуды поверхности и технологических элементов при набухании грунтов или их усадки;
- сейсмические подвижки грунта, вызывают смещение опорных конструкций.

Кроме анализа инженерно-геологических условий площадки необходимо давать прогноз аварийных ситуаций, на которые в основном влияют технологические факторы.

Технологические факторы:

- обращение в трубопроводах и аппаратуре взрывоопасного газа высокого и среднего давления;
- наличие большого числа мест с повышенной концентрацией напряжений;
- наличие переходов подземных трубопроводов в надземные, являющихся местами повышенной коррозионной активности и концентрации напряжений;
- внешние причины природного или антропогенного характера.

Поэтому основной задачей анализа риска является создание рациональной основы для принятия решений о рисках.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для снижения геоэкологического риска аварий на ГРС могут быть приняты следующие мероприятия:

1. Технические меры:

- диагностика газового оборудования со сроком службы более 20 лет,
- принятие дополнительных мер по защите зданий и сооружений от пожара, расположенных на расстоянии менее 10 м от распределительного газопровода,

2. Эксплуатационные меры:

- обеспечение безопасной эксплуатации распределительного трубопровода,
- разработка планов размещения и ликвидации аварий на объектах ГРС и планов взаимодействия со службами в случае аварийной ситуации.

3. Эколого-геологические меры:

- выполнение регулярных полевых маршрутных исследований по выявлению активизации экзогенных геологических процессов таких как геологическая деятельность реки Чухабль, склоновых процессов от северо-западного склона горы Колдун до южного склона горы Острая, а также по юго-восточному склону горы Сапун до щели Снегурева, а также процессов, связанных с природным и техногенным выветриванием;

– проведение регулярного мониторинга природных геологических процессов в целях своевременного реагирования на изменения в геологической среде;

Таким образом, только комплексный системный анализ геоэкологических рисков природного и антропогенного характера при строительстве и эксплуатации газораспределительных станций позволит проводить обоснование механизмов их проявления в рамках единой системы взаимодействия предприятий газовой отрасли и геологической среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 11–105–97. Инженерно–геологические изыскания для строительства. Дата введения 1998–03–01. – М.: Издательство стандартов. – 47 с.
2. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II–7–81. Дата введения 2018–11–25. – Москва: Издательство стандартов.–122 с.
4. СП 115.13330.2016. Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22–01–95. Дата введения 2017–06–17. – М.: Издательство стандартов. – 36 с.
5. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. Дата введения 2013–01–01. – М.: Издательство стандартов. – 63 с.

ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL ANALYSIS OF THE TERRITORY OF THE SOUTHERN SLOPE OF THE NORTH-WEST CAUCASUS IN CONNECTION WITH THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF GAS DISTRIBUTION STATIONS

O. V. Panina, O. L. Dontsova

E-mail: panina_olga@inbox.ru

Kuban State University, Krasnodar, Russia

Abstract. The issues related to the geoecological analysis of engineering and geological conditions for the construction of gas distribution stations (GDS), as well as the analysis of the safety of complex technical objects during further operation, which will allow us to derive an algorithm for risk assessment for gas distribution system objects, from the stage of engineering surveys to operation.

Keywords geoecological analysis, gas distribution stations, engineering and geological conditions, complex technical object, risk assessment

УДК 556

ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

¹*Н.Н. Ткаченко РООО ОЗПР, natalytkachenko@rambler.ru*

²*И. И. Косинова, kosinova777@yandex.ru*

³*А.Н. Галкин*

¹*РООО ОЗПР «Российское экологическое общество» по Липецкой области, г. Липецк, Россия*

²*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия*

³*Витебский государственный университет имени П.М.Машерова, Беларусь*

Аннотация. Целью работы явилось изучение причин ухудшения качества подземных вод. Установлено, что активная антропогенная деятельность человека, а именно внесение удобрений, не соблюдение требований экологического, санитарно-эпидемиологического, ветеринарного законодательств, в части размещения отходов животноводства, увеличивают

концентрации азота, таким образом негативно влияя на водные ресурсы. Также даны краткие характеристики техногенных факторов нитратного загрязнения подземных вод в целом и в отдельно взятом регионе.

Ключевые слова: нитратное загрязнение, поверхностные воды, подземные воды, сельское хозяйство, источники поступления нитратов.

К качеству потребляемой пищи и воды человек с каждым годом предъявляет все более высокие требования. Превышение предельно-допустимых концентраций в питьевой воде негативно сказываются на здоровье человека. Нитраты, попадая в организм через питьевую воду, фрукты, овощи, вызывают заболевания желудочно-кишечного тракта, крови, нарушения обмена веществ, онкологические заболевания [5]. Это также напрямую зависит от экологической ситуации в мире. «Зеленый» курс, а именно внедрение экологически стандартов на производстве, снижение антропогенного воздействия, которому уже вынуждено следовать мировое сообщество, в том числе и Российская Федерация, в связи с негативными последствиями деятельности человека для окружающей среды, в дальнейшем сможет помочь обеспечению экологической безопасности, сохранению баланса экономики и экологии и сохранению благоприятной окружающей среды.

Нитратное загрязнение широко встречается как в поверхностных водных объектах, так и в подземных водоносных горизонтах [1, 2, 3, 12]. Распространению нитратов способствует антропогенная нагрузка: применение азотных удобрений в сельском хозяйстве, нарушение деятельности по обращению с промышленными и бытовыми отходами, отходами животноводства; природные факторы, такие как биологическая фиксация газообразного азота и органических веществ почвы; слабо защищенные водоносные горизонты, несоблюдение зон санитарной охраны водозаборов [6, 9, 11]. При ведении сельскохозяйственной деятельности было обнаружено, что сезоны года играют важную роль в изменении уровня загрязнения, к тому же сезоны посадки являются временем наибольшего загрязнения, что является еще одним свидетельством того, что сельское хозяйство является одним из основных источников нитратов из-за внесения удобрений. Этот вывод подтверждается В.П. Закутиным (1994), который описывал в своих исследованиях, что, чем южнее регион, тем более высокие концентрации нитратов в воде [8].

Ещё одним потенциальным источником выщелачивания нитратов в грунтовые воды, связанный с сельским хозяйством, являются навозо – и помехохранилища, вызывающие утечку загрязняющего материала (отходы жизнедеятельности) в связи с необорудованными площадками. Консистенция отходов варьируется от жидкой до пастообразной, что только увеличивает проникновение загрязнения в подземные водоносные горизонты. Кроме того, происходит образование аммиака из мочевины, а высокие температуры окружающего воздуха способны еще и увеличивать концентрацию аммиака [1].

В Липецкой области высоко развито сельское хозяйство, животноводческие и птицеводческие комплексы, поэтому вопрос о качестве окружающей среды, особенно подземных вод, используемых для хозяйственного водоснабжения, стоит достаточно остро. В 2019 году их 3051 скважины 1860 скважин было с превышением предельно-допустимых концентраций: по нитратам (377), по железу (639), по жесткости (612), по бору (152), по фтору (46), по другим компонентам (34) [4].

Основными причинами нитратного загрязнения, наряду с другими причинами, является вынос азота из применяемых сельхозудобрений, а также складирование и неконтролируемое применение в качестве удобрения навоза и сточных вод крупных животноводческих объектов. На 2020 год в Липецкой области действует 35 птицефабрик, более 100 сельскохозяйственных предприятий и крестьянских (фермерских) производственных кооперативов (хозяйств), которые заняты в области животноводства. Проблема состоит в том, что у предприятий или отсутствуют навозохранилища или навоза (помета) образуется больше, чем вместимость таких сооружений, а так же отсутствие сельскохозяйственных угодий в необходимом количестве для дальнейшего внесения.

Свежий навоз, помет или сразу вносится на поля или размещается на неподготовленных площадках, размывается дождями, загрязняет почву, попадает в подземные воды и поверхностные водные объекты.

Эвтрофикация - главный фактор, вызывающий ухудшение качества воды. В последнее время сельское хозяйство признано основным источником загрязнения воды, которое также труднее всего устранить из-за его пространственного характера. Деграция почвы и воды в результате сельскохозяйственной деятельности происходит из-за использования химикатов (пестицидов), животноводства и навоза. Одной из наиболее проблематичных причин является вымывание азота с пахотных полей в грунтовые и поверхностные воды в результате более высоких количеств этого питательного вещества, поступающего в почву с натуральными и минеральными удобрениями, по сравнению с потребностями растений или поставляемых в неблагоприятных условиях [3].

Выщелачивание питательных веществ зависит от нескольких факторов: от типа и времени внесения удобрений; от способа их внесения в почву, от свойства почв (т.е. pH, структуры и содержания органических веществ), от типа сельскохозяйственных культур и их потребности в удобрениях; от способа выращивания и агрономических приемов и от уровня культуры животноводства. Погодные условия также имеют решающее влияние на интенсивность и количество выщелачивания азота. Ключевым фактором, определяющим усвоение растениями питательных веществ, также является наличие микроэлементов и макроэлементов в почве, особенно массовые соотношения между элементами. Установлено, что недостаточное количество калия снижает поглощение азота растениями и, таким образом, может увеличить вымывание азота из почвы. Кроме того, недостаточная доступность фосфора вызывает снижение биомассы растений, даже в тех случаях, когда азот находится в оптимальной концентрации по сравнению с потребностями растений.

Азот и хорошо растворимый нитрат, легко растворяется в просачивающейся воде. Фосфор менее подвижен и достигает поверхностных вод из-за эрозии связанных частиц почвы. Эти разные пути вызывают проблемы с охраной воды, потому что устранение одного источника загрязнения воды может усугубить другой. Например, снижение уровня удобрения или одного из элементов может не уменьшить вымывание питательных веществ в результате неблагоприятного соотношения питательных веществ в почве. Дефицит фосфора или калия ограничивает поглощение азота растениями, даже если уровень азота достаточен. Это говорит о том, что при низком уровне удобрений из-за нехватки калия и фосфора может произойти потеря азота, что приведет к загрязнению воды и почвы. Эта проблема может касаться сельскохозяйственных земель, где наблюдается дефицит калия.

Внесение удобрения на поля сверх потребности растений является самой веской причиной загрязнения подземных вод [7]. Наибольшие концентрации азота отмечены весной после зимних морозов, при небольшом покрытии растительности и на участках с более высоким уровнем внесения удобрений. Нехватка фосфора и калия может быть одним из основных факторов, вызывающих вымывание азота из-за ограниченных возможностей его потребления.

Подводя итоги данному обсуждению, можно отметить, что проблема нитратного загрязнения подземных вод возникла давно. Также давно была зафиксирована тесная связь сельскохозяйственной деятельности с данным загрязнением. Различные структуры постоянно контролируют ситуацию с нитратным загрязнением подземных вод, но ситуация только ухудшается. Предприятиям экономически не выгодно создавать высокоэффективные технологии по утилизации отходов животноводства и птицеводства, объемы производства увеличиваются, а значит увеличиваются и объемы образования отходов. Для того, чтобы изменить ситуацию с нитратным загрязнением подземных вод, необходимо внедрять в регионах, в том числе и в Липецкой области, систему экологического менеджмента состояния водоносных комплексов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20 -55 - 00010/20 от 30.04.20 и БРФФИ X20P - 284 от 04.05.2020

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев А.Ю., Джамалов Р.Г., Злобина В.Л., Медовар Ю.А., Юшманов И.О. Влияние отходов животноводческого комплекса на грунтовые и поверхностные воды// Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология, Геокриология. 2008. №4. С. 333-337.
2. Бойко С.М. О состоянии и использовании водных ресурсов на территории Липецкой области в 2006 году / Бойко С.М., Константинов В.М. и др., - Донское бассейновое водное управление, Отдел водных ресурсов по Липецкой области.- Липецк, 2007.-410с.
3. Брилинг И.А. Нитратное загрязнение подземных вод удобрениями// Гидрогеология и инженерная геология: обзор ВНИИ экон. минер. Сырья и геол.-развед. работ ВИЭМС. М., 1985. 49 с.
4. Доклад «Состояние и охрана окружающей среды Липецкой области в 2019 году». – Липецк, 2020. – 176 с.
5. Исаева Л. К. Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты : в 2 т. / Л. К. Исаева. – М. : ПАИМС, 1997. – 512 с.
6. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985. — 264 с.
7. Комплексное изучение ресурсов биосферы и химизация сельского хозяйства. – Пушкино: ОНТИ НЦБИ, 1972. – 184 с.
8. Крайнов С.Р., Закутин В.П. Геохимико-экологическое состояние подземных вод России (причины и тенденции изменения химического состава подземных вод) // Геохимия. 1994. №3. С. 32-39.
9. Прянишников, Д. Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР / Д. Н. Прянишников; Академия наук Союза ССР. - М; Л.: Издательство Академии Наук СССР, 1945. -199 с.
10. Степановских А.С. Экология: Учебник для вузов. -М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - 703 с.
11. Федоров, Михаил Васильевич - Биологическая фиксация азота атмосферы. Москва: Сельхозгиз, 1948 (Л.: тип. "Печат. двор"). - 443 с.
12. Целоусов А.И. Изучение причин качества подземных вод на действующих водозаборах г.Липецка и обоснование нагрузок на скважины по результатам их эксплуатации. – Липецк: Липецкий филиал ФГУ «Геоинфоотека», 2002. – 98 с.

TECHNOGENIC FACTORS OF TRANSFORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF GROUNDWATER IN THE LIPETSK REGION

¹*Tkachenko N.N., natalytkachenko@rambler.ru,*

²*Kosinova I.I., kosinova777@yandex.ru*

¹*"Russian Ecological Society" in the Lipetsk region, Lipetsk, Russia*

²*Voronezh State University, Voronezh, Russia*

³*Vitebsk State University named after P. M. Masherov, Belarus*

Abstract. The aim of the work was to study the reasons for the deterioration of the quality of groundwater. It was established that active human anthropogenic activity, namely the application of fertilizers, non-compliance with the requirements of environmental, sanitary-epidemiological, veterinary legislation, in terms of the disposal of animal waste, increase the concentration of nitrogen, thus negatively affecting water resources. Brief characteristics of technogenic factors of nitrate pollution of groundwater in general and in a particular region are also given.

Keywords: nitrate pollution, surface water, groundwater, agriculture, sources of nitrates.

НИТРАТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЛИПЕЦКОГО ПРОМРАЙОНА

¹Н.Н. Ткаченко, ²И.И. Косинова, ²Д.А. Белозеров

¹РОООО ОЗПР «Российское экологическое общество» по Липецкой области, Липецк, Россия, lipetskeco@mail.ru

²ФБГОУ ВО Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, kosinova777@yandex.ru

Аннотация. В статье изучены источники питьевого водоснабжения Липецкого промышленного района, а также выявлены основные источники нитратного загрязнения.

Ключевые слова: нитратное загрязнение, источники, задонско-елецкий водоносный горизонт, евлано-ливенский водоносный горизонт

Проблема снижения концентрации нитратов в питьевой воде из водозаборов города Липецка возникла практически сразу с началом крупных геологоразведочных работ в 1970 году. В 1977 году впервые было зафиксировано увеличение концентрации нитратов на водозаборе №1. Постепенно процесс увеличения нитратного загрязнения затронул и другие водозаборы. В тесной связи с этими обстоятельствами в городе Липецке ведется работа по нахождению и применению методов, направленных на снижение нитратного загрязнения питьевых вод для обеспечения населения качественной питьевой водой. Прежде всего это касается задонско-елецкого водоносного горизонта.

Задонско-елецкий водоносный горизонт

В настоящее время данный водоносный горизонт является основным источником пресной питьевой воды для города Липецка. Он широко распространен в пределах всей Липецкой области. Горизонт представлен трещиноватыми, кавернозными и закарстованными известняками елецкого и задонского возрастов [3].

Данный водоносный горизонт является безнапорным, в долинах рек-слабонапорным.

Мощность елецко-задонского водоносного горизонта составляет 20-55 м, уровень подземных вод располагается на глубинах от 0 до 10 м от поверхности в придолинных участках и до 50 м и более метров – на водоразделах. Удельные дебиты колеблются от 0,01 л/с до 144 л/с, среднее значение составляет 2-5 л/с.

Задонско-елецкий водоносный горизонт питается за счет инфильтрации атмосферных осадков и за счет нисходящей фильтрации из вышележащего неоген-четвертичного водоносного горизонта. Содержание нитратов на городских водозаборах №1, №2, №3, №7 достигает значений 22-72 мг/л. На водозаборах №4, №10, №11 и «Центролит» - 0,5-36 мг/л.

Задонско-елецкий водоносный горизонт имеет водоупор мощностью 12-16м, который представлен глинами и мергелями с прослоями известняков. Для слагающих водоупор пород характерна тонкая слоистость и ровная поверхность напластования.

Евлановско-ливенский водоносный горизонт

В системе водоснабжения города Липецка пресной питьевой водой данный водоносный горизонт практически не используется. Горизонт водообилен. Водовмещающими породами являются трещиноватые известняки ливенского и евлановского возраста.

Горизонт водонапорный. Верхним водоупором служат мергели и глины задонского возраста, нижним – мергели воронежского возраста. Напор над кровлей горизонта достигает 28-47 м. Пьезометрический уровень водоносного горизонта устанавливается на отметках 98-107 м. Водоносный горизонт имеет мощность 50-55 м, мощность фильтрующей зоны – 10-35м. Дебиты по скважинам, пройденным в районе г.Липецка, составляют 0,1-0,5 л/с при понижении более 4-20м. Питание данного водоносного горизонта происходит за счет перетока из вышележащего задонско-елецкого водоносного горизонта вблизи

выклинивания последнего, а также за счет инфильтрации вышележащего неоген-четвертичного водоносного комплекса и атмосферных осадков. Содержание в водах евлановско-ливенского водоносного горизонта не превышает 5 мг/л.

Основные источники нитратного загрязнения подземных вод Липецкого промышленного района

Нитратное загрязнение подземных вод является следствием жизнедеятельности человека и животных. В естественных условиях нитраты должны отсутствовать.

Присутствие нитратов в подземных водах елецко-задонского водоносного горизонта, являющегося основным источником питьевого водоснабжения г.Липецка, было зафиксировано, начиная с 1970 года. В 1977 году впервые было зафиксировано увеличение содержания нитратов на городском водозаборе №1. В дальнейшем в отдельных случаях было зафиксировано превышение ПДК на водозаборах №1 и №8 до 60 мг/л. В этой связи, водозабор №8 был переведен на техническое водоснабжение на базе подземных вод. Максимальные значения по водозаборах: №2, №3, №4, №5, №6 составили соответственно: 38,17 мг/л, 35,88 мг/л, 22,2 мг/л, 30,5 мг/л, 15 мг/л.

При увеличении водоотбора концентрация нитратов в подземных водах возрастает. Это связано с увеличением градиентов и скоростей фильтрации, расширением депрессивной воронки, приводящим к достижению ее границ ближайших логов и приближению к источникам загрязнения – птицефермам и фермам крупного рогатого скота. Подсчитано, что средняя скорость фильтрации составляет 3,4 м/сут для водозабора №3, расположенного наиболее близко к источникам загрязнения. Таким образом, если все источники нитратного загрязнения одновременно прекратят действовать, то снижение концентрации нитратов начнется через 4 года и закончится через 10 лет.

К источникам поступления нитратов в окружающую среду относятся: предприятия агропромышленного комплекса, некоторые промышленные предприятия, горнодобывающая деятельность, бытовые отходы.

Источники нитратного загрязнения

К объектам, в той или иной степени воздействующих на нитратное загрязнение зоны аэрации подземных вод на территории Липецкой промзоны можно отнести следующие предприятия и объекты агропромышленного комплекса: ООО «Липецкптица», д.Новая Деревня, птицефабрика «Рудничная», с.Кузьминские Отвержки, птицефабрика ОАО «Агрофирма «Липецк», д.Копцевые Хутора, недействующая ферма КРС, д.Студеные Выселки, недействующая ферма КРС, с.Сухая Лубна, действующая ферма КРС, с.Пружинки и тд [1].

К промышленным предприятиям, воздействующим на нитратное загрязнение подземных вод на территории Липецкого промрайона, относятся НЛМК, ООО ЛТК «Свободный Сокол», ранее действующее ОАО «Липецкий трубный завод».

К объектам горнодобывающей промышленности, влияющим на нитратное загрязнение подземных вод, следует отнести Ситовский карьер Сокольско-Ситовского месторождения известняков.

Определенное загрязнение вносят очистные сооружения, нуждающиеся в реконструкции.

Кроме того, существенным источником загрязнения являются садоводческие товарищества, расположенные вокруг города Липецка.

На предприятиях агропромышленного комплекса источниками поступления нитратов являются навозохранилища, помехохранилища, использование содержащих азот удобрений. Последнее также относится и к садоводческим товариществам. На промышленных предприятиях имеет место недостаточная очистка промышленных стоков и выброс в атмосферу диоксида азота, оксида азота, аммиака [2].

Горнодобывающая деятельность, связанная с добычей известняков, приводит к сокращению мощности рыхлых отложений (на 25-28м) и к практически полной выемке пород зоны аэрации, что создает условия для проникновения в задонско-елецкий

водоносный горизонт любого техногенного загрязнения с атмосферными осадками и поверхностными водами.

Кроме того, задонско-елецкий водоносный горизонт, являющийся основным источником питьевого водоснабжения города Липецка, обладает достаточно низкой степенью естественной защищённости в долинах логов, представляющих собой зоны высокой техногенной нагрузки.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что водозаборные узлы, располагающиеся в пределах городской черты, испытывают сильное влияние селитебной агломерации правобережной части города Липецка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косинова И.И., Заридзе М.Г. Оценка степени преобразования отдельных элементов экологогеологической системы в районе разработки Ситовского карьера Сокольско-Ситовского месторождения известняков. – Вестник ВГУ, серия Геология, 2010, № 1. - с.264 – 269.
2. Косинова И.И., Стаханов Р.Ю. Техноструктура крупного металлургического комбината, как ведущий элемент формирования эколого-геологической системы промышленного класса. – Вестник ВГУ, серия Геология, 2004, №2. – с. 177-181.
3. Ткаченко Н.Н., Косинова И.И. Эколого-гидрологическая характеристика Липецкого промышленного района. – Евразийский союз ученых, 2020, №8-5(77). – с.35-39.

NITRATE POLLUTION OF UNDERGROUND WATER OF THE CENTRALIZED WATER SUPPLY OF THE LIPETSK INDUSTRIAL DISTRICT

¹Tkachenko N.N., ²Kosinova I.I., ²D. A. Belozarov
lipetskeco@mail.ru, kosinova777@yandex.ru,

¹RBRPO «Russian Ecological Society» for the Lipetsk Region, Lipetsk, Russia

²Voronezh State University, Voronezh, Russia

Abstract. the aim of the work was to study the sources of drinking water supply in the Lipetsk industrial district, as well as the identification of the main sources of nitrate pollution.

Keywords: nitrate pollution, sources, zadonsko-yeletsky aquifer, evlano-livensky aquifer.

УДК 624.13:502; 504.054

ПОСЛЕДСТВИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УЧАСТКА ДОЛИНЫ РЕКИ КЛЯЗЬМА

*Харькина М.А., Валиева А.
e-mail:kharkina@mail.ru*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва

Аннотация. На основе изучения загрязнения донных отложений тяжелыми металлами и мышьяком, а также биотестирования с использованием рачков рода *Daphnia* установлена деградация водной эколого-геологической системы участка долины реки Клязьма.

Ключевые слова: донные отложения, тяжелые металлы, водная вытяжка, биотестирование, периодафнии.

Введение. В бассейн реки Клязьмы на участке от Пушкино до Владимира осуществляется интенсивная хозяйственная деятельность, а река испытывает значительную техногенную нагрузку, будучи приёмником сточных вод крупных промышленных городов (Пушкино, Щелково, Орехово-Зуево, Ногинск, Павловский Посад и

Электросталь). Численность населения в этих городах превышает 100 тыс. человек, за исключением Владимира, в котором число жителей больше 350 тыс. человек и Павловского Посада, в котором число жителей больше 60 тыс. человек. В настоящее время в этих городах широко развиты такие отрасли промышленности, как машиностроение, металлообработка, химическая, легкая, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная, пищевая промышленность, приборостроение, производство строительных материалов, синтетических волокон, полимеров [8]. Поэтому река Клязьма представляет собой природно-техногенный объект с высокой плотностью населения. В её бассейне можно изучить весь спектр техногенной нагрузки по загрязнению донных отложений, а на основе биотестирования водных организмов – составить представление о состоянии эколого-геологической системе в целом.

2. Эколого-геологическая система представляет собой определенный объем литосферы с находящейся в ней и на ней биотой, включая человека, на которые воздействуют природные и техногенные факторы, под влиянием которых развиваются современные геологические процессы, влияющие на условия жизни [1]. Эколого-геологическая система включает абиотические (литотоп и эдафотоп) и биотические (фитоценозы, зооценозы, микробиоценозы и человеческое сообщество) компоненты. В рамках статьи рассмотрим состояние компонентов эколого-геологической системы участка долины реки Клязьма между городами Пушкино-Владимир на основе изменения с начала XXI века концентрации тяжелых металлов и мышьяка в донных отложениях в интервале 2003-2018 гг. и состоянии водной фауны на примере дафний *Ceriodaphnia affinis*.

Исследование донных отложений как абиотической части экосистем. Методика опробования донных отложений разработана Н.В Колосовым [3]. При выборе схемы пробоотбора река Клязьма разбивалась на серию створов. Как правило, намечался один створ до города (посёлка, промзоны) и один после; один створ до притока (места сброса сточных вод); один створ в устьевой части притока. и один – после его впадения. Створы ниже предполагаемого источника загрязнения назначались на участке реки в зоне полного смешения сточных и речных вод. В каждом створе в простых случаях отбиралась одна проба, в более сложных – две, по одной у каждого берега. Общее количество образцов, отобранных в 2017–2018 гг., составило 33 пробы.

Для коррекции механического состава из каждой пробы донных отложений выделялась “сорбирующая” фракция < 0.02 мм (фракция “физической глины”), которая в дальнейшем использовалась для определения содержания тяжёлых металлов (Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Cr) и мышьяка (As) атомно-абсорбционным методом. Состояние донных отложений оценивалось с использованием суммарного показателя загрязнения (Z_c). Установлено, что донные отложения на участке от Пушкино до Щёлково и от Костерево до Владимира характеризуются слабым уровнем загрязнения, а участок от Лосино-Петровского до Орехово-Зуево – высоким уровнем загрязнения (рис. 1). Можно, утверждать, что средняя часть исследованной долины Клязьмы по результатам 2017–2018 гг. в экологическом отношении более неблагоприятна.

Сопоставление содержания тяжёлых металлов и мышьяка в донных отложениях Клязьмы в более ранние годы (15 лет назад) [7] показало увеличение концентрации тяжёлых металлов в районе расположения промышленных центров. Наибольшее загрязнение по цинку и свинцу наблюдается на участке Щелково-Лосино-Петровский, где за 15 лет концентрация выросла в 5 раз (рис. 2). Возможной причиной увеличения содержания свинца в донных отложениях на участке Щелково-Орехово-Зуево может быть рост производства свинцовых аккумуляторов, хрусталя, эмалей, красок, лаков и пр.

Отмечается также с течением времени и увеличение концентраций мышьяка в донных отложениях р.Клязьмы. За пятнадцатилетний период концентрации мышьяка увеличились в 6-10 раз.

С другой стороны, заметно падение концентрации тяжелых металлов в донных отложениях вниз по течению Клязьмы, которое возможно связано с изменением

механического состава донных отложений: глинистые донные отложения вниз по течению Клязьмы становятся более песчаными. Как показано в работах [2, 4] тяжелые металлы концентрируются преимущественно в глинистых осадках. Еще одной причиной уменьшения концентрации токсикантов может быть впадение в Клязьму относительно чистых притоков – Пекши и Колокши на участке Костерево-Собинка, а также снижение техногенной нагрузки и уменьшение количества крупных промышленных центров в нижней части исследуемого участка реки перед Владимиром.

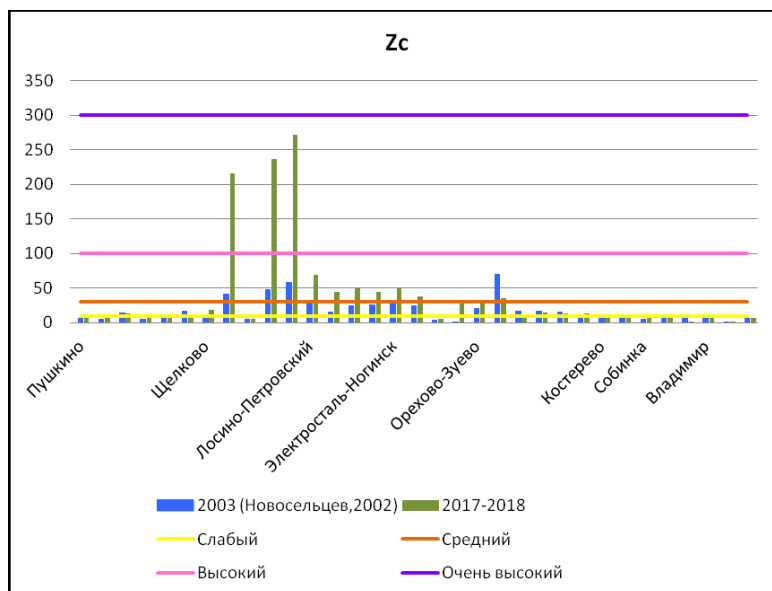


Рисунок 1 – Уровни загрязнения донных отложений Клязьмы на участке от Пушкино до Владимира

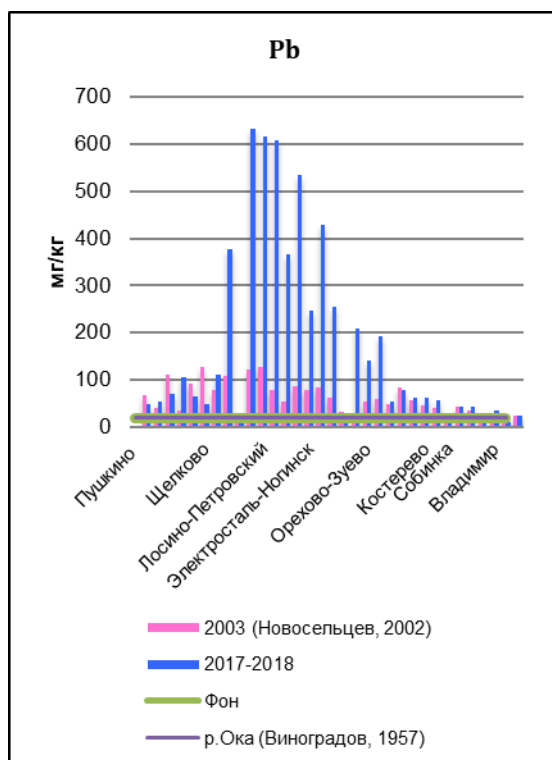


Рисунок 2 – Концентрация свинца в донных отложениях Клязьмы за разные годы относительно фоновых значений

Исследование водной фауны как биотической части экосистем. Биотестирование водной фауны предполагало определение выживаемости рачков рода *Daphnia* в водной вытяжке из донных отложений, отобранных на двух контрастных участка долины Клязьмы с наибольшим ($30 < Z_c < 100$ участок Щелково-Лосино-Петровский) и наименьшим ($Z_c > 10$ участок Собинка-Владимир) загрязнением донных отложений. Источником питания дафний в природных водоемах являются бактерии, одноклеточные водоросли (хлорелла или сценедесмус), детрит, растворенные органические вещества.

Биотестирование проводилось по методике В.А. Тереховой [6]. Для эксперимента использовались молодые особи в возрасте 4-24 ч после рождения. Разница в возрасте мальков цериодафний одной выборки не превышала 8 ч.

Цериодафнии отлавливали их химических стаканов, в которых выращивали синхронизированную культуру пипеткой вместимостью 2 см³. Посадку рачков начинали с контрольной серии. В исследуемые растворы цериодафнии помещали, начиная с больших разбавлений (меньших концентраций загрязняющих веществ) к меньшим разбавлениям. После каждой посадки в исследуемые растворы сачок промывали в сосуде объемом 2 дм³ с культивационной водой. В течение 48 ч цериодафний не кормили.

Проведенное биотестирование показало, что в пробе с участка Щелково-Лосино-Петровский через 48 часов от начала эксперимента не выжило ни одной цериодафнии, а в пробе с участка Собинка-Владимир выжило больше половины. Особи считают выжившими, если они свободно передвигаются в толще воды или всплывают со дна сосуда не позднее 15 с после его легкого покачивания.

Контрольные пробы показали 100% выживаемость, что свидетельствует о правильности выполнения биотестирования.

Заключение. Экспериментально подтверждено, что интенсивная хозяйственная деятельность в густонаселенной долине реки Клязьма отражается на состоянии водных экосистем, затрагивая их абиотическую и биотическую части. Степень загрязнения донных отложений коррелирует с состоянием водных организмов. Выживаемость рачков рода *Daphnia* на участках с высоким уровнем загрязнения донных отложений ($30 < Z_c < 100$) в опытах по биотестированию было нулевой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базовые понятия инженерной и экологической геологии: 280 основных терминов / Трофимов В.Т., Королев В.А., Харькина М.А. и др., М: ООО «Геомаркетинг», 2012. 320 с.
2. Добровольский Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. М.: Изд-во Московского университета, 2005. 290 с.
3. Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А., Гетьман Е.Н. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязнению донных отложений // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. №6. С.15-19.
4. Косов В.И., Иванов Г.Н., Левинский В.В. Исследования загрязнения тяжелыми металлами донных отложений Верхней Волги // Вестник Тверского государственного технического университета. №1, 2002. С.5-9.
5. Новосельцев Н. В., Бесфамильный И. Б., Кизяев Б. М., Грэм Т., Добрачев Ю. П., Ильина Т. А., Коломийцев Н. В., Майсснер Р., Митрюхин А. А. и др. // Техногенное загрязнение речных экосистем. М.: Научный мир, 2002. С. 140.
6. Терехова В.А. Биотест-системы для задач экологического контроля: Методические рекомендации по практическому использованию стандартизованных тест-культур / В.А.Терехова, Л.П.Воронина, Д.В.Гершкович, В.И.Ипатова, Е.Ф.Исакова, С.В.Котелевцев, Т.О.Попутникова, А.А.Рахлеева, Т.А.Самойлова, О.Ф.Филенко. – М.:Изд-во «Доброе слово», 2014. 48 с.

7. Харькина М.А., Коломийцев Н.В., Валиева А. Изменение эколого-геологической обстановки долины р. Клязьма (в среднем течении) с начала 2000-х годов // Инженерная геология, № 3, 2020. С. 66-76.

8. Экологический атлас бассейна реки Клязьмы: человек в окружающей среде. / Под ред. Т. А. Трифионовой. Владимир : Изд-во ВлГУ, 2018. 311 с.

CONSEQUENCES OF ECONOMIC ACTIVITY FOR THE ECOLOGICAL- GEOLOGICAL SYSTEM OF THE KLYAZMA RIVER VALLEY AREA

Kharkina M.A., Valieva A.

E-mail: kharkina@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. Based on the study of bottom sediments pollution with heavy metals and arsenic, as well as biotesting using crustaceans of the genus *Daphnia*, degradation of the aquatic ecological-geological system of the Klyazma River valley site was established.

Key words: bottom sediments, heavy metals, aqueous extract, biotesting, ceriodaphnia

УДК 666

АРБОЛИТ – НОВЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРОДУКТ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

С.В. Шахов, М.С. Добросоцкий, С.Р. Овчаренко,

s_shahov@mail.ru

*ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий",
Воронеж, Россия*

Аннотация. Разработка относится к строительным материалам, в частности к теплоизоляционным материалам, и может быть использовано для устройства теплоизолирующих слоев в многослойных конструкциях стен и кровли, а также в виде строительных блоков. Отличие от известных аналогов предлагаемого арболита из вторичных ресурсов, включающего смешанное вяжущее, заполнитель растительного происхождения, пенообразователь и воду, заключается в том, что используют смешанное вяжущее, состоящее из строительного гипса, портландцемента и регенерата кизельгура, размолотого до удельной поверхности свыше 4000 см²/г, в качестве упрочняющего водоразбавляемого полимера он содержит карбамидную смолу совместно с добавкой хлорида аммония, а в качестве заполнителя растительного происхождения – органическую муку из отходов пищевых производств фракции 0,75-1,4 мм при следующем соотношении компонентов, мас. %: гипс строительный 6, портландцемент 8, регенерат кизельгура 9, органическая мука из отходов пищевых производств 9, карбамидная смола с гидрогелем нанокристаллической целлюлозы 7, хлорид аммония 1, пенообразователь 4, сода 3.

Ключевые слова: арболит, вторичные ресурсы, заполнитель растительного происхождения, пенообразователь, регенерат кизельгура

На сегодняшний день известна арболитовая смесь [1], содержащая цемент, органический заполнитель (гидролизный лигнин - отход производства гидролизного спирта), нейтрализующую добавку (феррохромовый шлак) при следующем соотношении компонентов в мас. %:

цемент	45-47,5
гидролизный лигнин	46-47,5
феррохромовый шлак	5-9

Недостатками известной смеси являются достаточно высокий, показатель теплопроводности и средней плотности.

Изобретение направлено на решение задачи повышения прочности на сжатие и изгиб с сохранением низкой величины средней плотности материала.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому эффекту к предлагаемому является теплоизоляционный арболит [2], включающий смешанное вяжущее, состоящее из строительного гипса, портландцемента и кизельгура, размолотого до удельной поверхности свыше 4000см²/г, в качестве упрочняющего водоразбавляемого полимера он содержит карбамидную смолу совместно с добавкой хлорида аммония, а в качестве заполнителя растительного происхождения - древесную муку фракции 0,75-1,4 мм при следующем соотношении компонентов, мас. %:

гипс строительный	26
портландцемент	18
кизельгур	5,9
древесная мука	5,9
карбамидная смола	0,7
хлорид аммония	0,1
пенообразователь	0,4
вода	43.

Однако недостатком известного аналога являются высокие материальные затраты, связанные с использованием диатомита, невозобновляемой горной породы, которую необходимо добывать и транспортировать к месту производства теплоизоляционного арболита.

Поэтому задача, связанная со снижением материальных затрат, осуществляется путем использования вторичных материальных ресурсов пищевых предприятий.

Кроме этого предлагаемый новый строительный продукт имеет повышенную прочность на сжатие и изгиб при низкой величине средней плотности материала.

Арболит на основе вторичных ресурсов пищевых предприятий получен из смеси, включающей смешанное вяжущее, состоящее из строительного гипса, портландцемента и кизельгура, а также водоразбавляемую смолу, хлорид аммония, заполнитель растительного происхождения (мука из отходов пищевого производства пивная дробина, шелуха масличных семян и т.д.), пенообразователь и воду при следующем соотношении компонентов в мас. %: гипс строительный - 26; цемент - 18; регенерат кизельгура- 5,9; органическая мука - 5,9; водоразбавляемая смола - 0,7; отвердитель - 0,1; пенообразователь - 0,4; вода - 43.

Для приготовления арболита на основе вторичных ресурсов пищевых предприятий были использованы следующие материалы:

вяжущее - смесь строительного гипса марки Г-6 АП, портландцемента М500Д0 и кизельгура, регенерируемого из кизельгурового шлама (отхода производства предприятий пищевой отрасли, используемых в качестве фильтрующих материалов при получении пива, растительного масла, вина и т.д.) [3], являющегося аналогом диатомита (органогенная горная порода, содержащая аморфный кремнезем SiO₂, размолотая до удельной поверхности свыше 4000 см²/г и активностью 250 мг/г (по поглощению СаО из раствора));

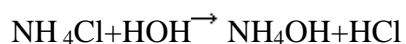
заполнитель – мука, полученная из органических отходов пищевых производств (например, в пивоваренном производстве – высушенная пивная дробина, а в масложировом производстве – шелуха масличных семян) размерами частиц 0,75...1,4 мм;

корректирующие добавки - карбамидная смола марки «КС-11» в состав которой входит гидрогель нанокристаллической целлюлозы в количестве 2,5 и 5%, хлорид аммония, пенообразователь («Пеностром»).

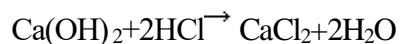
Арболит на основе вторичных ресурсов готовят в один этап в следующей последовательности. Сначала вспенивают смесь, содержащую карбамидную смолу с гидрогелем нанокристаллической целлюлозы, хлорид аммония, пенообразователь и воду. Затем последовательно добавляют смешанное вяжущее и органическую муку. После чего смесь перемешивают в течение 1...2 минут до получения однородной массы. После изготовления арболит из вторичных ресурсов хранят при естественных условиях в течение суток до набора распалубочной прочности.

Использование отходов пищевых производств, а также водоразбавляемой смолы с гидрогелем нанокристаллической целлюлозы в сочетании со смешанным вяжущим позволяет получить арболит с низкой средней плотностью, малой теплопроводностью и повысить прочность на сжатие и на изгиб. Процесс отверждения карбамидной смолы происходит в два этапа:

1. Образование соляной кислоты, которая является отвердителем карбамидной смолы:



2. Образование хлорида кальция - минерализатора поверхности растительного заполнителя и ускорителя твердения портландцемента:



В таблице 1 и 2 представлены известный и предлагаемый составы арболита, а также их физико-механические свойства.

Таблица 1

Состав арболита					
Компоненты	Содержание компонентов, мас.%	Прототип			
		Предлагаемый состав			
			1	2	3
Гипс строительный	26	-	-	-	
Цемент	18	45	46	47,5	
Органическая мука из отходов пищевых производств	5,9	-	-	-	
Регенерат кизельгура	5,9	-	-	-	
Карбамидная смола «КС-11» с гидрогелем нанокристаллической целлюлозы	0,7	-	-	-	
Хлорид аммония	0,1	-	-	-	
Пенообразователь	0,4	-	-	-	
Вода	43	-	-	-	
Гидролизный лигнин	-	46	47	47,5	
Феррохромовый шлак	-	9	7	5	

Таблица 2

Основные физико-механические свойства арболита				
Свойства теплоизоляционных арболитов	Предлагаемый состав	Прототип		
		1	2	3
Средняя плотность, кг/м ³	300...380	945	948	950
Прочность на сжатие, МПа	0,7...0,9	0,77	0,78	0,78
Прочность при изгибе, МПа	0,25	-	-	-
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,068	0,141	0,141	0,141

Из таблицы видно, что изделие имеет среднюю плотность 300...380 кг/м³, прочность на сжатие 0,7...0,9 МПа, прочность при изгибе 0,25 МПа, коэффициент теплопроводности 0,068 Вт/(м·К).

Таким образом, образцы арболита, изготовленные с использованием смолы, в состав которой входил гидрогель нанокристаллической целлюлозы в количестве 2,5- 5 %, обладают более высокими физико-механическими характеристиками: предел прочности при скальвании увеличивается на 5 %, прочность и модуль упругости при изгибе – на 10–15 %.

Закладывая в расчеты при проектировании несущие и ограждающие конструкции из арболитовых блоков можно экономить на более легких фундаментах, звуко- и теплоизоляции стен, удешевить внутреннюю отделку, ускорить возведение конструктивных элементов зданий.

Значение создания арболита на основе вторичных ресурсов пищевых предприятий заключается в обеспечении при осуществлении градостроительной деятельности безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничении негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и обеспечении охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений.

Преимущества арболита на основе вторичных ресурсов пищевых предприятий заключаются в том, что:

- использование кизельгура регенерируемого из кизельгурового шлама (отхода производства предприятий пищевой отрасли, используемых в качестве фильтрующих материалов при получении пива, растительного масла, вина и т.д.), являющегося аналогом диатомита позволяет не только утилизировать с минимальными энергетическими затратами экологически опасные отходы производства, но и получать при этом дешевые и энергосберегающие стройматериалы и тем самым снизить материальные затраты, путем использования вторичных материальных ресурсов пищевых предприятий;

- использование заполнителя – муки, полученной из органических отходов пищевых производств (например, в пивоваренном производстве – высушенная пивная дробина, а в масложировом производстве – шелуха масличных семян) позволяет сохранить низкую величину средней плотности материала, что позволяет создать лёгкий строительный материал (экономия на транспорте и удешевление работы по возведению стен и фундамента), который регулирует влажность воздуха в помещении путём впитывания и отдачи влаги;

- использование отходов пищевых производств и водоразбавляемой смолы с гидрогелем нанокристаллической целлюлозы в сочетании со смешанным вяжущим позволяет получить арболит с малой теплопроводностью и повысить прочность на сжатие и на изгиб, при этом стены, изготовленные из арболитовых блоков, не имеют усадки после возведения и не дают трещин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Патент на изобретение RU №2091345, C1 6 C04B 28/00/(C04B 28/00, 18:24) C04B 111:20.

2. Патент на изобретение RU №2331618, C04B38/10, C04B18/26

3. Глотова И.А., Шахов С.В., Добросотский М.С., Титов В.Г. Разработка подходов к организации процесса регенерации кизельгура в условиях пивоваренного предприятия // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2020. № 1 (14). С. 88-91.

ARBOLIT IS A NEW CONSTRUCTION PRODUCT BASED ON THE SECONDARY RESOURCES OF FOOD ENTERPRISES

*S. V. Shakhov, M. S. Dobrosotsky, S.R. Ovcharenko,
s_shahov@mail.ru*

Abstract. The development relates to building materials, in particular to thermal insulation materials, and can be used for the device of heat-insulating layers in multilayer structures of walls and roofs, as well as in the form of building blocks. The difference from the known analogues of the proposed arbolite from secondary resources, which includes a mixed binder, a filler of plant origin, a foam-forming agent and water, is that a mixed binder consisting of construction gypsum, Portland cement and kieselguhr regenerate, ground to a specific surface area of over 4000 cm²/g, is used as a strengthening water-dilutable polymer, it contains urea resin together with an addition of ammonium chloride, and as a filler of plant origin – organic flour from food production waste fractions of 0.75-1.4 mm with the following component ratio, wt.%: building gypsum 6, Portland cement 8, kieselguhr regenerate 9, organic flour from food production waste 9, urea resin with nanocrystalline cellulose hydrogel 7, ammonium chloride 1, foaming agent 4, soda 3.

Keywords: arbolite, secondary resources, vegetable filler, foaming agent, kieselguhr regenerate

Глава 4

Техногенные и экологические риски



УДК 551.322

ВИД ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ЛЬДИСТОСТИ СИЛ СМЕРЗАНИЯ ПЕСЧАНЫХ И ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ СВАЯМИ

*В.И. Аксёнов**, *aksenov-v-i@mail.ru*; *С.Г. Геворкян***, *Sergev99@yandex.ru*;

*А.В. Иоспа***, *aviospa@gmail.com*

**АО «Фундаментпроект», Москва, Россия;*

***НИИ Оснований и Подземных Сооружений им. Н.М. Герсеванова АО «НИЦ
«Строительство», Москва, Россия*

Аннотация. В статье представлены результаты испытаний на сдвиг по поверхности смерзания с металлической плашкой мелких песков и лёгких суглинков в диапазоне температур от минус 1,0 до минус 4,0 °С, и льдистости (влажности) $I_{tot} = 0,09 \div 0,49$ ($W=17,4 \div 33,9\%$) для мелких песков, и $I_{tot} = 0,21 \div 0,60$ ($W=19,6 \div 73,8\%$) для легких суглинков.

Ключевые слова: Смерзание, металлическая поверхность, сдвиг, мелкие пески, лёгкие суглинки, льдистость.

Введение

При устройстве свайных фундаментов нефтегазовых объектов в не мерзлых (талых) дисперсных грунтах установка металлических свай производится, как правило, забивным способом. В этих условиях широко применяются завинчиваемые анкерные и винтовые сваи. На территориях же, представленных высокотемпературными мерзлыми глинистыми грунтами (со средними годовыми температурами от 0 до минус 1,5°С) погружение свай, как правило, производится бурозабивным способом. А на территориях распространения многолетнемерзлых сильнольдистых, засоленных и заторфованных грунтов погружение свай нередко производится буроопускным способом, с заполнением пазух скважин специальным грунтовым раствором (песчано-глинистым, цементно-песчаным, известково-песчаным). Рекомендуемые составы грунтовых растворов регламентированы [2]. Таким образом, при проектировании свайных фундаментов в пучинистых и коррозионно-агрессивных грунтах возможны самые разнообразные условия, зависящие от состава грунтовой толщи и способа установки элементов свайных фундаментов, которые условно можно подразделить по типам контакта грунта со сваями: «глинистый грунт — металл», «песчаный грунт — металл», «раствор — металл».

Следует заметить, что на сегодняшний день нет ни одной работы, специально посвященной исследованию зависимости от суммарной льдистости сил сопротивления сдвигу по поверхности смерзания грунта с металлом. Поэтому, в настоящей статье представлены результаты выполненных нами испытаний на сдвиг по поверхности смерзания с металлической плашкой мелких песков и лёгких суглинков в диапазоне температур от минус 1,0 до минус 4,0 °С, и льдистости (влажности) $I_{tot} = 0,09 \div 0,49$ ($W=17,4 \div 33,9\%$) для мелких песков, и $I_{tot} = 0,21 \div 0,60$ ($W=19,6 \div 73,8\%$) для легких суглинков.

В испытаниях использовались образцы грунтов, отобранных на объектах Крайнего Севера Западной Сибири.

1. Приборы и оборудование для проведения испытаний мёрзлых грунтов на сдвиг при смерзании

В качестве приборов для испытания мёрзлых грунтов на сдвиг при смерзании наиболее приемлемыми оказались сдвиговые приборы конструкции В.Ф. Ермакова.

Прибор состоит из двух частей: стального корпуса и пластины (плашки) из стали, площадью смерзания $F = 65 \text{ см}^2$ (70 см^2), имитирующей элемент фундамента (сваи). Материал элемента фундамента – стальная пластина. В соответствии с требованиями ГОСТ 2789-73 [3] для оценки шероховатости стальной пластины нами были выбраны два параметра: R_a – среднеарифметическое отклонение профиля и R_z – высота неровностей профиля. с характеристиками шероховатости. В наших опытах шероховатость стальной пластины измерялась с помощью портативного измерителя шероховатости «TIME TR 200». Измеренные параметры шероховатости имели такие значения: $R_a=9,0$ мкм, $R_z=45,3$ мкм. У применяемых в практике строительства металлических свай (стальные трубы диаметром 150 мм), эти показатели соответственно составляют: $R_a= 9,3$ мкм; $R_z=46,7$ мкм,

2. Методика испытаний на сдвиг при смерзании

Собранные приборы выставлялись в морозильном ларе на промораживание при постоянной отрицательной температуре (минус 15 – минус 20 °С) в течение 24 часов.

Промораживание производилось через грунт для образования устойчивой ледяной пленки на контакте смерзания. Далее образцы помещались на 1-2 суток в холодильную камеру с температурой, при которой должны проводиться испытания. После этого снимались вкладыши двухсрезного прибора и образцы «грунт – материал» устанавливались на станину под нагрузочное устройство.

Величина первой сдвигающей нагрузки и ступени последующего нагружения задавались в соответствии с ГОСТ 12248–2010 [4].

Испытания проводились при температуре минус 1 – минус 4°С в режиме выдерживания одной ступени до условной стабилизации деформации (не более 0,01 мм за 12 часов). Испытание завершалось, когда деформирование развивалось с увеличивающейся скоростью.

При проведении длительных испытаний мерзлых грунтов на срез по поверхности смерзания с материалом сваи в приборах конструкции В.Ф. Ермакова использовалась автоматическая система сбора данных. Эта система основана на электронных датчиках перемещения (точность 0,003мм), автоматических цифровых преобразователях и компьютере, оснащённом программным комплексом ИЭС KrioLab P для прочностных испытаний [5]. Комплекс разработан в секторе испытания мерзлых грунтов и использует уникальные алгоритмы слежения за опытом и сбора информации. Силовое воздействие производится пневматической системой, управление которой осуществляется компьютером, оснащённым программным пакетом KrioLab. Технические возможности и алгоритмы управления нагрузками ИЭС Kriolab P позволяют задавать и поддерживать постоянными усилия в диапазоне от 4 до 700 кг (точность установки нагрузки составляет 0,15кг). Установка позволяет вести наблюдения за деформациями образца, нагрузкой и температурой в режиме реального времени (точность измерения деформации: $\pm 0,002$ мм, нагрузки: $\pm 0,1$ кг, температуры: $\pm 0,05$ °С). Вся информация об опыте сохраняется в электронном виде.

Всего было выполнено 180 длительных опытов на сдвиг при смерзании с металлической плашкой (из них опытов с мелкими песками – 61, опытов с лёгкими суглинками – 119).

3. Результаты испытаний на сдвиг при смерзании с металлической плашкой

По результатам выполненных испытаний нами были построены диаграммы и составлены таблицы величин сопротивлений сдвигу (R_{af}) при смерзании мелкого песка и легкого суглинка со сталью при различных значениях льдистости и температуры (табл. 1, 2; рис 1-3).

Из диаграмм на рис. 1 и 2 видно, что при всех значениях температуры, при которых проводились испытания, имеет место проявление пиковой (максимальной) прочности при

некоторой суммарной льдистости. Из этих диаграмм видно, что максимальная прочность смерзания в диапазоне температур от минус 1 °С до минус 4 °С достигается при значениях льдистости $I_{tot}=0,28 \div 0,36$ для суглинков и при $I_{tot}=0,36 \div 0,41$ для мелких песков. Причём, чем ниже температура, тем при меньшем значении льдистости достигается пиковая прочность смерзания (рис. 1, 2). Этот эффект наблюдался при всех испытанных нами грунтах. Ранее подобное проявление пиковой прочности при увеличении влажности было получено в наших опытах на одноосное сжатие мёрзлых мелких песков [6]. На рис. 3 показаны диаграммы зависимости сил смерзания с металлом от вида грунта и температуры.

Здесь надо отметить, что в конце 60-х гг. XX века Е.П. Шушериной и Ю.П. Бобковым [1] по результатам исследований зависимости прочности мерзлых грунтов от влажности в диапазоне температур от минус 1 °С до минус 40 °С было показано, что на кривых зависимости прочности мерзлых грунтов (супесей, суглинков и глин) от их влажности имеется чётко выраженный максимум. Причём, у супеси с увеличением влажности при неполном и возрастающем водонасыщении прочность возрастает, при полном же водонасыщении она снижается [1].

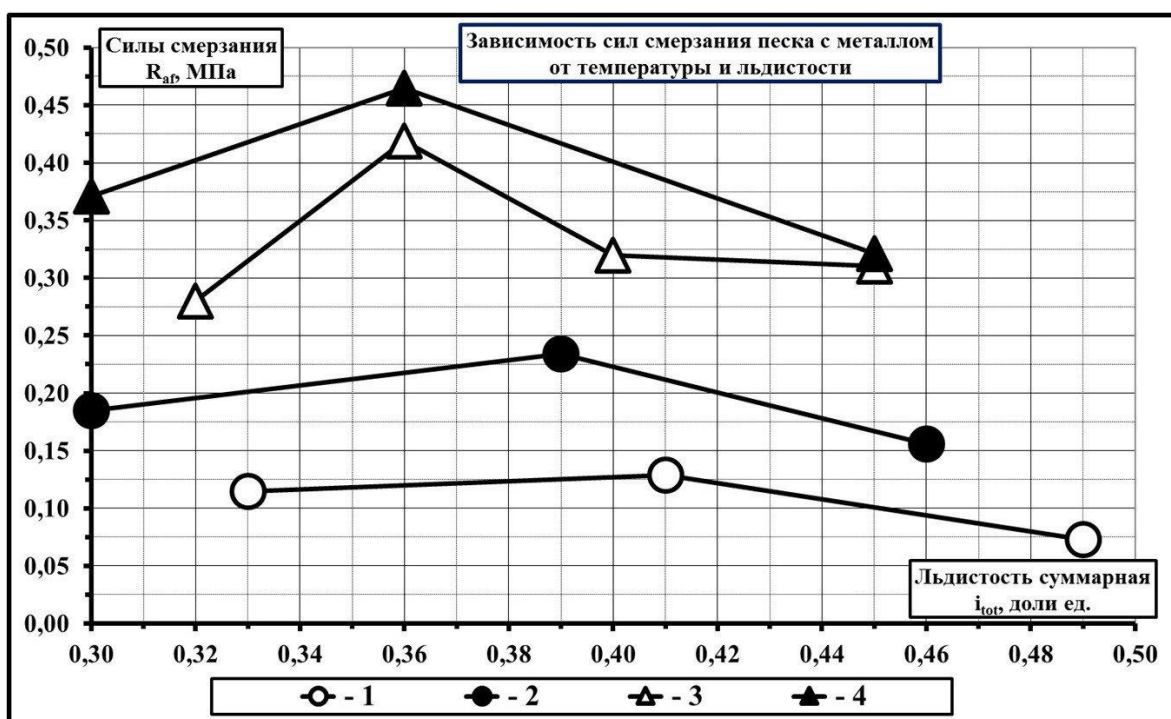


Рисунок 1 – Зависимость от температуры и льдистости сил смерзания мелкого песка с металлом

В легенде цифрами обозначены: 1 – $T = -1^\circ\text{C}$; 2 – $T = -2^\circ\text{C}$; 3 – $T = -3^\circ\text{C}$; 4 – $T = -4^\circ\text{C}$

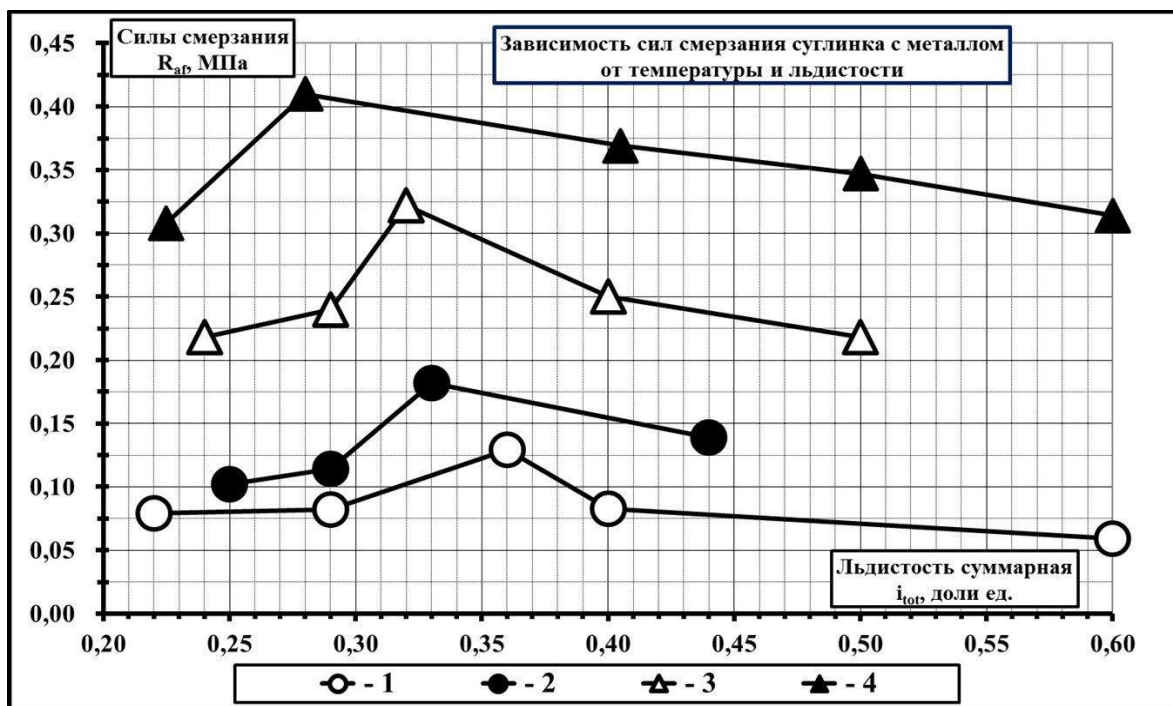


Рисунок 2 – Зависимость от температуры и льдистости сил смерзания лёгкого суглинка с металлом. В легенде цифрами обозначены: 1 – $T = -1^\circ\text{C}$; 2 – $T = -2^\circ\text{C}$; 3 – $T = -3^\circ\text{C}$; 4 – $T = -4^\circ\text{C}$

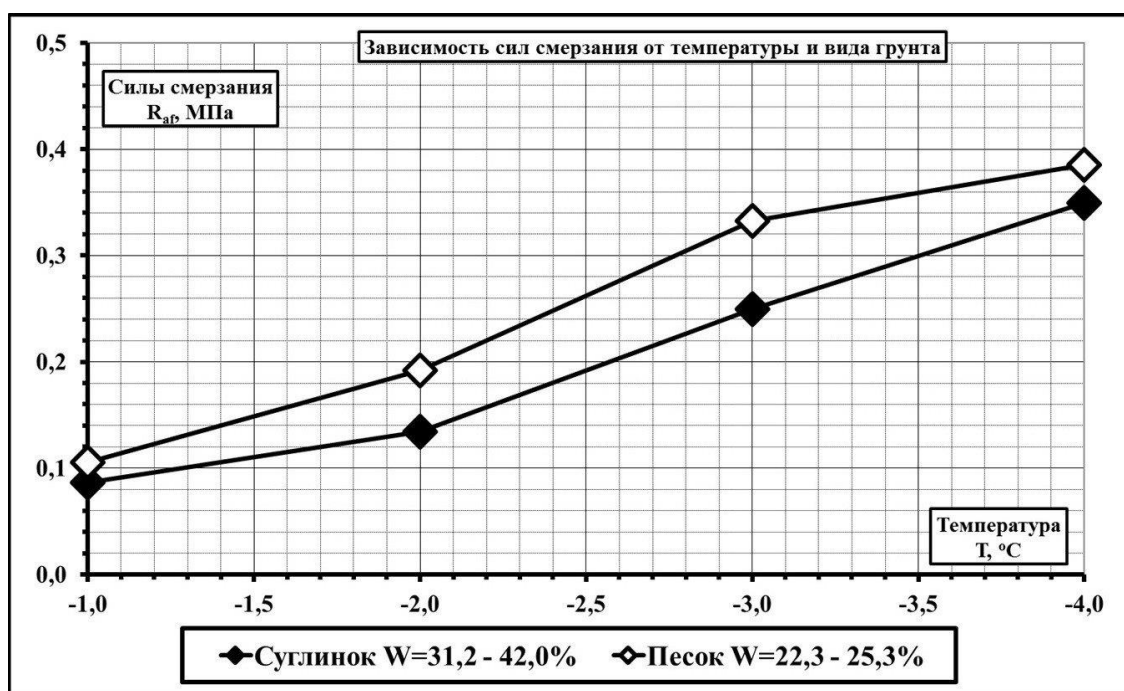


Рисунок 3 – Зависимость сил смерзания с металлом от вида грунта и температуры

В табл. 1 и 2 представлены полученные нами значения сопротивлений сдвигу (R_{af}) по поверхности смерзания с металлом мёрзлых незасолённых песчаных и глинистых грунтов. В этих таблицах приводятся как средние, так и максимальные значения полученных нами сопротивлений R_{af} . приведены для максимальных значений прочности при соответствующей льдистости. Здесь же для сравнения приводятся данные по смерзанию грунтов с бетоном, взятые из табл. В.3 СП 25.13330–2012 [7]. Также в табл. 1 и 2 приводятся значения параметров шероховатости металлических плашек, использовавшихся при испытаниях.

Таблица 1 – Расчётные сопротивления сдвигу (R_{af}) по поверхности смерзания с бетоном и металлом мёрзлых незасолённых песчаных грунтов ($I_{tot}=0,36$, $\rho=1,9$ г/см³)

Материал поверхности смерзания / Источник данных	Расчётные сопротивления R_{af} кПа, при температуре грунта, °С										
	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-6	-8	-10
Бетон / Данные таблицы В.3 СП 25.13330–2012	80	130	160	200	230	260	290	330	380	440	500
Металл ($R_a=9,0$ мкм, $R_z=45,3$ мкм) / Собственные опыты. Средние значения	56	91	112	140	161	182	203	231	266	308	350
Металл ($R_a=9,0$ мкм, $R_z=45,3$ мкм) / Собственные опыты. Максимальные значения	105	120	180	250	300	350	390	425	550	600	—

Примечание 1. Согласно Своду правил СП 25.13330–2012, расчётные сопротивления мёрзлых грунтов сдвигу (R_{af}) по поверхностям смерзания *определяются опытным путём*. При отсутствии опытных данных допускается принимать значения (R_{af}) по таблице В.3 СП 25.13330–2012.

Примечание 2. Здесь R_a – среднеарифметическое отклонение профиля стальной плашки прибора Ермакова, R_z – высота неровностей профиля той же плашки (по данным измерителя шероховатости «TIME TR 200»).

Заметим, что в таблице В.3 действующего свода правил СП 25.13330-2012 [7] приводятся величины прочности на сдвиг при смерзании песчаных и глинистых грунтов с бетонной поверхностью фундаментов. Однако эти данные не привязаны ни к влажности (льдистости), ни к плотности грунтов. Также не приводятся данные о шероховатости поверхности, с которой смерзается грунт.

Поэтому, данные наших исследований (таблицы 1, 2) могут естественным образом дополнить данные таблицы В.3 свода правил СП 25.13330-2012 [7] в части смерзания с металлическими поверхностями, поскольку, как отмечено нами выше, упомянутая табл. В.3 содержит сведения о смерзании песчаных и глинистых грунтов только с бетонной поверхностью.

Таблица 2 – Расчётные сопротивления сдвигу (R_{af}) по поверхности смерзания с бетоном и металлом мёрзлых незасолённых глинистых грунтов ($I_{tot}=0,32$, $\rho=1,85$ г/см³)

Материал поверхности смерзания / Источник данных	Расчётные сопротивления R_{af} кПа, при температуре грунта, °С										
	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-6	-8	-10
Бетон / Данные таблицы В.3 СП 25.13330–2012	60	100	130	150	180	200	230	250	300	340	380
Металл ($R_a=9,0$ мкм, $R_z=45,3$ мкм) / Собственные опыты. Средние значения	42	70	91	105	130	140	161	175	210	238	266
Металл ($R_a=9,0$ мкм, $R_z=45,3$ мкм) / Собственные опыты. Максимальные значения	90	110	160	200	250	300	350	400	525	575	—

Примечание 1. Согласно Своду правил СП 25.13330–2012, расчётные сопротивления мёрзлых грунтов сдвигу (R_{af}) по поверхностям смерзания *определяются опытным путём*. При отсутствии опытных данных допускается принимать значения (R_{af}) по таблице В.3 СП 25.13330–2012.

Примечание 2. Здесь R_a – среднеарифметическое отклонение профиля стальной плашки прибора Ермакова, R_z – высота неровностей профиля той же плашки (по данным измерителя шероховатости «TIME TR 200»).

Результаты настоящего исследования могут быть использованы при проектировании и строительстве инженерных сооружений в районах Крайнего Севера нашей страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шушерина Е.П., Бобков Ю.П. О влиянии влажности мерзлых грунтов на их прочность // Мерзлотные исследования. Вып. IX. М.: Изд-во Моск.ун-а, 1969. С.122 – 137.
2. Руководство по эффективным способам устройства свайных фундаментов на вечномерзлых грунтах в нефтегазовом строительстве. М.: НИИОСП, 2005. 166 с.

3. ГОСТ 2789-73. Межгосударственный стандарт. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. М.: Стандартинформ, 2018. 6 с.
4. ГОСТ 12248-2010. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М.: Стандартинформ, 2011. 78 с.
- 5 Информационная электроизмерительная диагностическая система ИЭС Kroilab. Сертификат соответствия требованиям ГОСТ 12248-2010 № РОСС RU.МЕ20.Н02286. М.: Ростест, 2011. 3с.
6. Аксенов В.И., Геворкян С.Г., Дорошин В.В. Зависимость прочностных и физических свойств мёрзлых песков от влажности // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2017. №6. С. 31–35.
7. СП 25.13330.2012. Свод правил. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. М.: Минрегион России, 2012. 118 с.

TYPE OF DEPENDENCY ON THE TEMPERATURE AND ICINESS OF THE FREEZING FORCES OF SANDY AND CLAY SOILS WITH METAL PILES

*V.I. Aksenov**, *aksenov-v-i@mail.ru*; *S.G. Gevorkyan***, *Sergev99@yandex.ru*;

*A.V. Iospa***, *aviospa@gmail.com*

**JSC "Fundamental Project", Moscow, Russia;*

***Research Institute of Foundations and Underground Structures named after N.M. Gersevanov JSC "SIC "Construction", Moscow, Russia*

Abstract. The article presents the results of tests for shear on the surface of freezing with a metal plate of fine sands and light loams in the temperature range from minus 1.0 to minus 4.0 °C, and iciness (humidity) $I_{tot} = 0,09 \div 0,49$ ($W=17,4 \div 33,9\%$) for fine sands, and $I_{tot} = 0,21 \div 0,60$ ($W=19,6 \div 73,8\%$) for light loams.

Keywords. Freezing, metal surface, shear, fine sand, light loam, iciness.

УДК 502.45: 556.51 (282.247.431.3)

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН «ЭЛЬТОН»

Л.А. Анисимов¹, О.Л. Донцова², О.В. Панина²

E-mail: l_anisimov@yahoo.com

¹Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

²Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой системы природоохранных мероприятий на территории «Природный парк «Эльтонский». Рекомендуется привлечь научные силы университетов на основе создания учебно-исследовательского геоэкологического полигона. Геоэкологические исследования должны включать само озеро и водосборную площадь, гидрологию и гидрогеологию территории, антропогенное влияние на природные объекты, поддержку хозяйственной деятельности. Полигон также должен выполнять функции по экологическому образованию и воспитанию населения

Ключевые слова. Геоэкологический полигон, озеро Эльтон, водосборная площадь, бальнеология, водоснабжение, мониторинг

Озеро Эльтон входит в состав особо охраняемой природной территории «Природный парк «Эльтонский» площадью 106 тыс. га. До 1882 г. на озере велась добыча соли, в 1910 г. на его берегу был основан лечебный санаторий «Эльтон» (перенесён на новое место в 1945 г.). Близ озера расположены населённые пункты – Эльтон (на востоке), Приозёрный (на юго-востоке), Красная Деревня (на западе). Вокруг озера Эльтон сохранились большие по

площади участки мало нарушенных опустыненных степей Северного Прикаспия. В 2000 году Волгоградская областная Дума приняла закон «Об охране озера Эльтон», а в сентябре 2001 года был образован Природный парк «Эльтонский» (рис.1). На территории природного парка, учитывая биологическое и ландшафтное разнообразие, а также сложившуюся структуру природопользования, были выделены режимно-функциональные зоны:

- природоохранная, охватывающая озеро Эльтон и его ближайший водосбор, а также участок наиболее сохранившихся степей;
- рекреационная, расположенная вокруг природоохранной зоны и лечебно-оздоровительной местности Эльтон;
- буферная, защищающая наиболее уязвимые территории природоохранной и рекреационной зон от воздействия агрохозяйственной зоны;
- агрохозяйственная, где осуществляется сельскохозяйственная и иная деятельность местного населения.

Охрана природных ландшафтов и историко-культурных памятников осуществляется службой охраны парка. Неоднократно отмечалось, что, несмотря на огромное природоохранное значение, Приэльтонье характеризуется комплексом экологических и социально-экономических проблем, обусловленных как широким развитием нерациональных форм природопользования, так и неэффективностью управления, что требует повышения его статуса [3]. В этих условиях организация учебно-исследовательского полигона могла бы осуществить научную поддержку, прежде всего, университетов Южного Федерального округа при планировании природоохранных мероприятий, проведению геоэкологического мониторинга, а также усилить образовательную и воспитательную работу среди населения.

Эльтон – бессточное солёное озеро в Палласовском районе Волгоградской области, недалеко от границы с Казахстаном. Это самое большое по площади минеральное озеро Европы и одно из самых минерализованных в мире. Урез воды расположен на 15 м ниже уровня моря. Средняя глубина озера 0,05–0,07 м (летом), наибольшая – до 1,5 м (весной).

Площадь водосбора 1640 км². Озеро представляет собой впадину между крупными соляными куполами на крайнем севере Прикаспийской низменности.

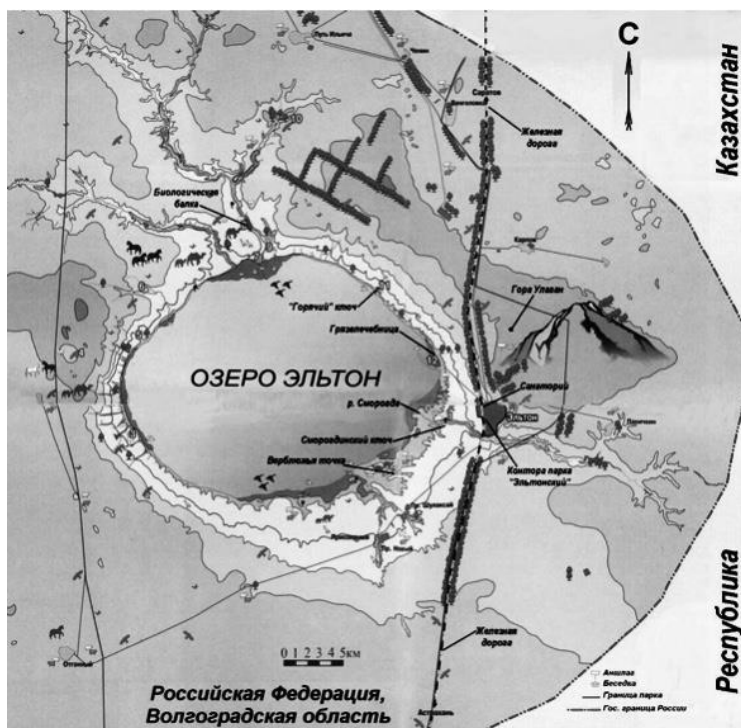


Рисунок 1 – Природный парк «Эльтонский» [5]

Озеро имеет округлую форму, слегка вытянуто с юга – юго-запада на север – северо-восток. Питание озера в основном снеговое. Уровень воды начинает подниматься весной в период снеготаяния, к лету он резко падает. После спада половодья уровень снижается до следующей весны, при этом озеро постепенно обсыхает. Озеро высокоминерализованное, вода золотисто-розового оттенка. Заполнено насыщенным соевым раствором, который весной распресняется. Соленость 200–500‰, что в 1,5 раза превышает концентрацию солей на Мёртвом море. Такая высокая концентрация солей обусловлена большим содержанием в рассоле солей магния. В многоводные годы минерализация рапы весной может снижаться до 180–200‰, а в засушливые годы осенью достигать 525‰. Осаждение соли на дно озера происходит почти круглогодично: летом за счёт интенсивного испарения воды и увеличения концентрации солей, зимой – из-за уменьшения растворимости солей при низких температурах. Озеро Эльтон уникально по запасам, качеству и бальнеологическим свойствам лечебных грязи и рапы.

В озеро с юго-востока и северо-запада впадают семь рек: Большая и Малая Сморогда, Карантинка, Солянка, Ланцуг, Хара и Чернавка. Каждая река имеет свой собственный облик, минерализацию и минеральный состав воды. В устьях рек происходят сезонные и кратковременные изменения, обусловленные в значительной степени сгонно-нагонными явлениями. Соленость воды в пределах зоны смешения «река-озеро» возрастает. Кроме того, в низовьях рек под слоем соли залегают черная органоминеральная грязь с характерным запахом сероводорода, обладающая уникальными бальнеологическими свойствами. Длина рек варьирует от 5,2 км (р. Чернавка) до 46,4 км (р. Хара). Основное русло рек имеет постоянный поток в среднем и нижнем течении, прерываясь в засушливые годы в верхнем течении. Скорость течения не превышает 1,1 м/с. Температура воды (в период отбора проб) изменяется от 12 до 33,1°C [2].

Питание рек Приэльтона осуществляется преимущественно за счет атмосферных осадков и подземных вод, что создает в реках зарегистрированный градиент солености от 3,97 до 41,38 г/л. Особенностью гидрохимического состояния рек является сезонный разброс значений содержания главных ионов при высокой амплитуде колебания минерализации. В устьевых участках отмечаются близкие к нулю уклоны, замедленное течение и характерные периоды противотечения сгонно-нагонного характера соленых вод из оз. Эльтон, когда соленость воды в реках может меняться в течение суток, достигая 100 г/л и более.

По соотношению главных ионов солевого состава в основном преобладают воды хлоридно-натриево-калиевые и сульфатные. По преобладающим катионам вода относится к натриевой, натрий-магниевой и магниевой группе. Малые глубины рек обуславливают нестабильность их функционирования в условиях колебаний климата. Донные сообщества в реках, впадающих в оз. Эльтон приспособлены к жизни в высокоминерализованной среде, щелочным условиям и высокой температуре [4].

Основными лечебными ресурсами являются: иловая минеральная грязь озера Эльтон, рапа, минеральные воды очень редкого хлоридно-натриево-магневого типа, оказывающие омолаживающее действие, стимулирующие кровообращение, ускоряющие обновление кожи, улучшающие обмен веществ и укрепляющие нервную систему. Иловая минеральная грязь и рапа озера Эльтон по своим лечебным свойствам не уступают грязям Мертвого моря. В долинах рек и по берегам озера вскрываются многочисленные минеральные и пресноводные источники. Самый известный из них - Сморогдинский, расположенный в долине Большой Сморогды. Сульфидно-хлоридно-натриевая вода которого используется для лечения кишечного-желудочных заболеваний.

В тоже время постоянно появляется информация о проблемах с грязевыми ресурсами. По данным руководства санатория «Эльтон», наиболее перспективное месторождение лечебной грязи в устье балки Сорочья последние два десятилетия активно замыывается песком и глиной. С конца 80-х годов первоначальная площадь наиболее доступных к разработке грязевых месторождений сократилась уже на две трети. Целебная грязь в озере занимает площадь на участке в 90 га, в то время как территория всего озера занимает 152

квадратных километра. При этом практически ежегодно часть этого участка с залежами целебной грязи заливается паводковыми водами, которые пригоняют инородный песок. Поднимается вопрос и об экспорте эльтонских грязей за рубеж, что делает вопрос о сохранении природных ресурсов еще более проблематичным.

Остро стоит вопрос о водоснабжении района. В настоящее время разведано небольшое месторождение пресных подземных вод в апшеронском горизонте, что не удовлетворяет всех потребностей поселка. Вода из оросительных каналов плохого качества по органолептическим показателям, поэтому мы рекомендуем организовать magazинирование поверхностных вод в благоприятных гидрогеологических условиях [1].

Комплекс исследований для предлагаемого геоэкологического полигона следующий.

1 Сбор, систематизация и подготовка к интерпретации фактического материала путем полевых, камеральных, архивных работ и анализа опубликованной и фондовой литературы.

2 Составление серии тематических карт антропогенных отложений и форм рельефа на территории.

3 Изучение геолого-геоморфологических особенностей развития опасных экзогенных процессов на морфолитогенетически измененных территориях.

4 Проведение опробования различных типов отложений методами литогеохимической съемки, изучение закономерностей взаимосвязи геохимических полей с распространением отложений различных типов и форм рельефа.

5 Анализ связи между территориальным развитием и трансформацией природных систем.

6 Разработка рекомендаций по рациональному использованию природных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов, Л.А. Проблемы водоснабжения Палласовского района Волгоградской области / Л.А. Анисимов., Е.С. Солодкова // Недра Поволжья и Прикаспия, Выпуск 73, 2013. С.11–20

2. Зинченко, Т.Д. Видовое разнообразие донных сообществ соленых рек в экстремальных природных условиях аридного климата региона Приэльтона (Обзор) / Т.Д. Зинченко, Л.В. Головатюк, Э.В. Абросимова // Российский журнал прикладной экологии №1, 2017. С. 14–21

3. Калюжная, И.Ю. К вопросу о развитии территориальной охраны природы в бассейне озера Эльтон / И.Ю. Калюжная, Н.С. Калюжная URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-razvitii-territorialnoy-ohrany-prirody-v-bassejnye-ozera-elton> (дата обращения 14.08.2021)

4. Соленое озеро Эльтон URL : <http://vetert.ru/rossiya/volgogradskaya-oblast/sights/14-elton.php> (дата обращения 12.08.2021)

5. Эльтон 2018 URL: <http://volgafoto.ru/photo/19-july-2018-i7175-elton-2018> (дата обращения 18.08.2021)

EDUCATIONAL AND RESEARCH GEOECOLOGICAL POLYGON «ELTON»

L. A. Anisimov¹, O. L. Dontsova², O. V. Panina²

E-mail: l_anisimov@yahoo.com

¹Volgograd State University, Volgograd, Russia

²Kuban State University, Krasnodar, Russia

Abstract. The issues related to the development of a system of environmental protection measures on the territory of the «Elton Nature Park» are considered. It is recommended to attract the scientific forces of universities on the basis of the creation of an educational and research geoecological polygon. Geoecological studies should include the lake itself and the catchment area, the hydrology and hydrogeology of the territory, the anthropogenic impact on natural objects, and

support for economic activities. The polygon should also perform the functions of environmental education of the population

Keywords. Geoecological polygon, Lake Elton, catchment area, balneology, water supply, monitoring

УДК 550.34(476)

СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В РАЙОНЕ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ В БЕЛАРУСИ

*А.Г. Аронов, Т.И. Аронова, e-mail: aronov@cgm.org.by, tatjana@cgm.org.by
Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В настоящей работе представлены результаты продолжительного сейсмологического мониторинга, проводившегося в период с 1983 по 2020 г. на Старобинском месторождении калийных солей в Беларуси. Рассматривается сейсмичность не связанная непосредственно с конкретными условиями разработки месторождения, а обусловленная процессом проведения подземных выемок горных пород. Этот факт проявления наведенной сейсмичности вызывается активизацией разломов в регионе разработки месторождения вследствие изменения напряжений в горизонтах, подверженных воздействию природных тектонических сил. Пространственное проявление сейсмичности выходит за пределы шахтных полей, охватывая территории, примыкающие к району непосредственных горных работ. Осредненные характеристики повышения сейсмичности слабо зависят от особенностей проведения выемок пород, а, в первую очередь, определяются геометрией разломов в регионе и характером региональных тектонических напряжений.

Ключевые слова: месторождение, мониторинг, сейсмическая станция, землетрясение, магнитуда, энергетический класс, эпицентр.

Введение. Современные исследования привели к открытию нового явления в динамике земной коры, получившего название индуцированной сейсмичности. Суть этого явления заключается в том, что антропогенные воздействия могут приводить к образованию дополнительных напряжений внутри Земли и влиять на развитие природных процессов: ускорять накопление напряжений, увеличивая частоту проявления сейсмичности, или способствовать разрядке уже накопившихся напряжений, т.е. являться «спусковым крючком» подготовленного природой сейсмического события. Индуцированная сейсмичность отмечена при разработке месторождений полезных ископаемых, проведении подземных ядерных взрывов, заполнении крупных водохранилищ, строительстве крупных инженерных сооружений [5, 6, 7].

В результате техногенного воздействия человека на верхние слои земной коры происходит изменение напряженного состояния среды, что может вызвать разрушение горного массива или подвижки по существующим нарушениям сплошности пород в непосредственной окрестности воздействия. Для районов, со слабыми тектоническими напряжениями, энергия, высвобождаемая индуцированной сейсмичностью, как правило, невелика – магнитуда (M) событий составляет $M \leq 3,0$. Гипоцентры таких сейсмических событий расположены в пределах промышленного объекта или в определенной близости за его пределами, а сотрясения, вызванные такими событиями, в основном не ощущаются на поверхности. Сейсмические события с такой магнитудой считаются слабыми и серьезной опасности не представляют, но не исключают возможности проявления более сильных событий. Однако существует риск, что сейсмические воздействия могут привести к катастрофическим последствиям, например, к затоплению шахт [1, 4].

Развитие сети сейсмологических наблюдений. На сейсмической станции «Солигорск» 20 февраля 1983 года были начаты непрерывные круглосуточные наблюдения. Станция располагалась в 9 км к северо-западу от г. Солигорска. Датчики были установлены в соляной шахте второго рудоуправления объединения «Беларуськалий». Для этой цели был выделен штрек в промышленной зоне третьего калийного горизонта на глубине 600 метров от земной поверхности или -436 метра от уровня моря.

Современные сейсмологические наблюдения в Солигорском горнопромышленном районе представляют собой локальную сеть, организованную в конце 2011 года, в составе 8 пунктов наблюдений. Структура этой локальной сети была определена с учетом геолого-геофизических и сейсмотектонических условий района как относительно ближайших зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) так и от сильных землетрясений, в том числе из глубокофокусной зоны в горах Вранча в Восточных Карпатах. На рисунке 1 показана конфигурация локальной сети: среднее расстояние от центра шахтного поля до сейсмических станций 17,5 км; среднее расстояние между сейсмическими станциями по периметру 16,4 км; средний угол «станция–центр шахтного поля–станция» 45 градусов.

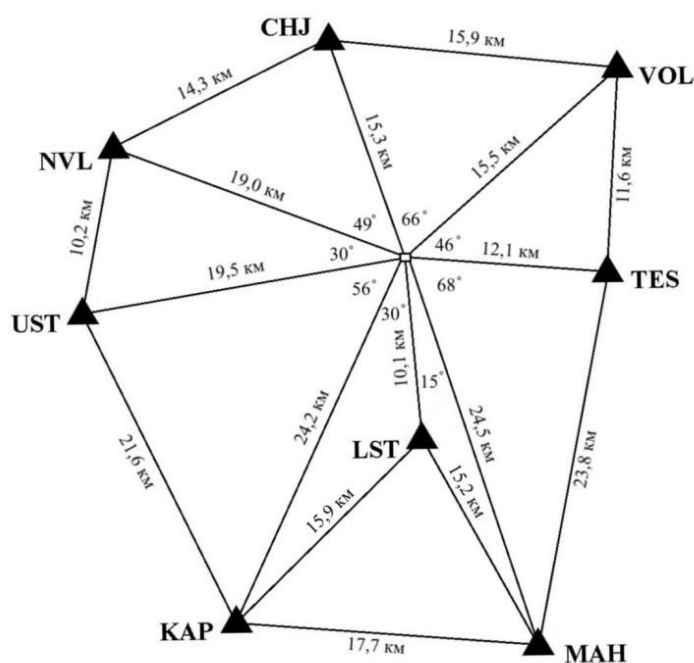


Рисунок 1 – Конфигурация расположения Солигорской сети сейсмических станций в районе Старобинского месторождения калийных солей: ▲ – сейсмические станции: Волоты (VOL), Тесово (TES), Устронь (UST), Чижовка (CHJ), Копацевичи (KAP), Новый луг (NVL), Махновичи (MAN) и Листопадовичи (LST)

Локальная сейсмологическая сеть предназначена для организации мониторинга сейсмической активности техногенного и естественного характера с целью прогнозирования возможных чрезвычайных ситуаций. Эти ситуации могут проявляться как обрушения подземных горных выработок (шахты), так и для определения пространственно-временных и энергетических параметров очагов сейсмических событий в районе месторождения

Локальная сеть представляет собой автоматизированную цифровую систему наблюдений режима реального времени, технические средства которой состоят из измерительного оборудования – сейсмометров фиксирующих движения почвы, возникающих в результате распространения сейсмических волн; регистрирующего оборудования – аппаратуры, обеспечивающей запись сигналов от сейсмометров; средств

связи для передачи данных в центр сбора и обработки данных; управляющих микропроцессорных модулей; системы энергообеспечения.

Сейсмические станции локальной сети оборудованы однотипной аппаратурой наблюдений состоящей из короткопериодного 3-компонентного сейсмометра LE-3Dlite (Lennartz Electronic, Германия) [3], 24-разрядного регистратора сейсмических сигналов Дельта-03 (ООО «Логис», Россия) [2], промышленного компьютера с процессором Intel Atom eBOX-530-820-FL1 и вспомогательного оборудования.

Управление сейсмической станцией в пункте наблюдений осуществляется регистратором и промышленным компьютером, связанным между собой с использованием сетевой технологии. Это дает возможность обеспечить надежную передачу зарегистрированных данных по интернет-каналу связи в основной сервер центра сбора и обработки данных (ЦСОД) локальной сети с гарантированной защитой от потери информации при возникновении неполадок и внештатных ситуаций (рисунок 2).

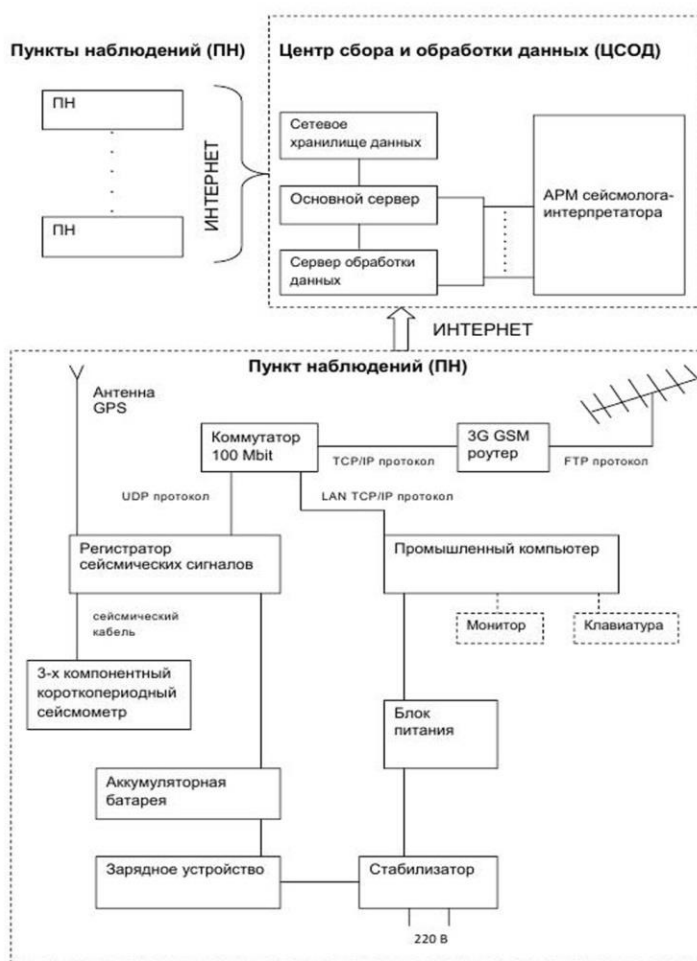


Рисунок 2 – Структура Солигорской локальной сети

Система обработки сейсмических данных основана на пакете компьютерных программ, разработанных как в Центре геофизического мониторинга НАН Беларуси «UniViewer», «IdSeism», «EmulEq», так и адаптированных «Hyosat», «Seisan». При этом обеспечивается выполнение следующих функций: сбор информации в режиме реального времени, запись и контроль качества данных; управление обработкой; проведение сейсмологических расчетов; хранение волновых форм и обработанных данных; организация связи между процессами. Графический интерфейс пользователя предоставляет возможность выделения фаз как автоматически (расстановка фаз) так и вручную, визуализацию события,

его картографическое отображение, системного мониторинга (сервисное наблюдение за работой системы).

Эффективным инструментом для экспресс - анализа обнаружения полезного сигнала является «прослушивание» зарегистрированной сейсмической записи. Методика заключается в том, что диапазон сейсмических частот транспонируется в акустическую область и появляется реальная возможность их прослушивания. При этом тембровая окраска волновой картины слабых полезных сейсмических сигналов значительно отличается от волновой картины сейсмических шумов. Сочетая визуальный просмотр зарегистрированных сейсмических сигналов, включая спектральный портрет, с акустическим, можно значительно повысить эффективность обнаружения слабых сигналов на фоне интенсивных шумов. Прослушивая данные можно по звуку отнести зарегистрированную запись к определенному типу сейсмического события или помехи.

В практике обработки выделены звуковые «портреты» как записей помех, так и сейсмических события. Кроме того сейсмические события отличаются по звучанию в зависимости удаленности от станции, а так же от специфических условий расположения самой станции.

В ряде случаев бывает достаточно трудно по звуку отличить взрыв от местного землетрясения и при обработке используются специальные критерии дискриминации, основанные на спектрально-временных зависимостях с их последующей параметризацией. Выделяя, таким образом, участки с записями полезных сигналов, производится их дальнейшая визуальная обработка.

Информационно – аналитическое обеспечение локальной сети поддерживается системой реляционных баз данных, позволяющих структурировать и взаимоувязывать все типы сейсмических данных с возможностью составления сложных запросов и получения максимально содержательных отчетов. При этом обеспечена надежная сохранность полученной информации, как для оперативного доступа, так и для долговременного архивного хранения.

Анализ данных сейсмологического мониторинга, объективная и оперативная картина сейсмической обстановки осуществляется с применением геоинформационной системы ArcGIS как в виде отдельных (в т.ч. специально разработанных) программ, так и в виде встроенных графических интерфейсов пользователей.

Обработанные данные систематизируются по следующим позициям: цифровые записи сейсмических событий; бюллетени сейсмических станций; сводный бюллетень; каталоги сейсмических событий; карты эпицентров; графики параметров сейсмичности и обзоры данных.

Солигорская локальная сеть сейсмологического мониторинга интегрирована в региональную систему наблюдений. Такая интеграция существенно расширяет возможности и повышает эффективность национальной сети, позволяет производить оперативный обмен данными, повышает точность определения параметров землетрясений.

Обсуждение результатов. В процессе обработки данных производилась идентификация сейсмических событий, в том числе выделение региональных и местных (локальных) землетрясений, промышленных взрывов, источников природных и техногенных шумов. На основе специальных методов анализа осуществляется интерпретация сейсмических событий, определение времени развития события в очаге, координат эпицентра, глубины очага и его энергетический уровень. Таким образом, по результатам многолетних наблюдений и обработки данных были получены инструментальные записи местных землетрясений, определены их кинематические и динамические параметры, составлены соответствующие бюллетени и каталоги. Первичная фактографическая информация и результаты ее обработки системно размещены в специально созданных базах данных.

За период наблюдений 1983–2020 гг. зарегистрировано и обработано более 1900 сейсмическое событие в Солигорском горнопромышленном районе и окружающей его

территории. Из них пять землетрясений имели ощутимый характер. В среднем ежегодно фиксируется до 50 сейсмических событий с магнитудой в диапазоне 1–3. Самое сильное землетрясение зафиксировано 17 октября 1985 г. в 01:32 по Гринвичу с магнитудой 3,1 в 10 км к западу от г. Глуска и в 70–80 км к северо-востоку от г. Солигорска.

Выводы. Вопрос о природе сейсмических событий в Солигорском горнопромышленном районе весьма актуален в научном и практическом отношении. Учитывая происходящие в течение длительного времени изменения напряженного состояния геологической среды, вызванные выемкой и перемещением горных пород и их складированием в соляных отвалах, можно предположить, что землетрясения связаны с наведенной сейсмичностью и имеют техногенный характер. Таким образом, при длительной разработке Старобинского месторождения калийных солей были нарушены равновесные условия, что вызвало критическое перераспределение напряжений в разрабатываемом пласте и вмещающих породах и привело к возникновению индуцированной сейсмичности в районе месторождения.

Анализ данных сейсмологических наблюдений показал, что проявление сейсмичности за пределами зоны промышленных выработок служит признаком того, что с определенного времени сейсмический процесс в основном связан с региональными геодинамическими факторами и в меньшей степени зависит от работы горных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мухамедиев Ш.А., Аронов А.Г., Аронова Т.И. Тектонические напряжения и сейсмичность в районе Старобинского месторождения калийных солей // Літасфера. – 2014. – № 1 (40). – С. 50–57.
2. Регистратор сейсмических сигналов «Дельта-03». Руководство по эксплуатации. ИТЛЯ.416611.004 РЭ. – М.: 2007. – 20 с.
3. Техническая документация фирмы «Lennartz electronic GmbH». LE-xD Seismometer Family, DN: 990-0073. – Tübingen, Germany, 2012. – 30 с.
4. Aronov A.G., Mukhamediev Sh.A., Aronova T.I. Stress state of the earth's crust and seismicity in a potassium salt mining region in Belarus // Acta Geodaetica et Geophysica. – 2014. – Vol. 49, Issue 2 (June) – pp. 125–134.
5. Brown E.T. Progress and challenges in some areas of deep mining // Mining Technology. – 2012. – Vol. 121. – No 4. – P. 177–191.
6. Donnelly L.J. A review of international cases of fault reactivation during mining subsidence and fluid abstraction // Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. – 2009. – Vol. 42. – P. 73–94.
7. Gibowicz S.J. Seismicity induced by mining: recent research // Advances in geophysics. – 2009. – Vol. 51. – P. 1–53.

SEISMOLOGICAL OBSERVATIONS IN THE REGION OF THE STAROBIN POTASSIUM SALT DEPOSIT OF BELARUS

A.G. Aronov, T.I. Aronjva, e-mail: aronov@cgm.org.by, tatjana@cgm.org.by
Center of Geophysical Monitoring of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The paper presents the results of a long-term seismological monitoring within the Starobin potassium salt deposit of Belarus carried out since 1983 till 2020. The seismicity not directly caused by specific deposit mining conditions, but due to the underground rock excavations is discussed. The fact of the induced seismicity manifestation is caused by the fault activation in the salt mining region as a result of changing the stress conditions in the horizons subject to the action of the natural tectonic forces. Spatially, the seismicity manifestations are observed beyond the mine

field limits and involve the territories adjacent to the mining region. The averaged values of the seismicity increase are weakly dependent on the mining excavation features, but, firstly, on the geometry of the faults found in the region and the pattern of the regional tectonic stresses.

Keywords: deposit, monitoring, seismic station, earthquake, magnitude, energy class, epicenter.

УДК 550.83.045

**МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ, ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ И
КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В КРЫМУ С ПОМОЩЬЮ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ГЕЛИО-ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА
«СИМЕИЗ-КАЦИВЕЛИ»**

Вольвач А.Е.¹, Курбасова Г.С.¹, Канониди К. Х.^{2,3}, Боборыкина О. В.³

1volvach@craocrimea.ru, 1voe@inbox.ru, 2,3kkkh@izmiran.ru, 3b0b04ka14@yandex.ru

¹ ФГБУН Крымская астрофизическая обсерватория РАН, г. Ялта, пгт. Кацивели

² ФГБУН Институт Земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.

Н.В. Пушкова, г. Троицк

³ ФГБУН Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва

Аннотация. В работе излагаются, выполняемые в рамках 4х стороннего Договора (КраО РАН, ИЗМИРАН РАН, ИФЗ РАН и ИПГ РАН), научные результаты, полученные на гелио-геодинамическом полигоне «Симеиз-Кацивели». Мониторинг обеспечивает геофизическая аппаратура, стационарно установленная на полигоне вышеперечисленными организациями.

Ключевые слова: геодинамика, землетрясения, солнечная активность, геомагнитное поле, параметры атмосферы.

Горный район Крыма является зоной опасных геодинамических процессов (землетрясений, оползней, обвалов, интенсивных карстовых процессов и др.). Эпицентры землетрясений сосредоточены основным образом в акватории Черного моря у юго-восточного побережья - между Ялтой и Гурзуфом, а также на юго-западе от Севастополя. Эпицентры прошлых, наиболее сильных, землетрясений с магнитудами $M > 6$, размещены на участках материкового склона Черного моря, как и большинство землетрясений Крымско-черноморского региона. [1, 2].

На протяжении минувшего столетия и особенно в 70-80-е годы наибольшее внимание уделялось изучению связи подвижек и деформаций земной коры с сейсмической активностью, а также поиску кратковременных деформационных предвестников сильных землетрясений. [2]. Для этих целей в сейсмоактивных районах были созданы специальные геодинамические полигоны, которые обеспечивали регулярный контроль подвижек и деформаций. Планомерное проведение работ на геодинамических полигонах позволяет выявлять закономерности поведения земной поверхности до, во время и после сильных землетрясений.

Для мониторинга тектонических разломов и современных движений земной коры на Крымском полуострове разработана региональная система детектирования и отслеживание данных геодинамических явлений. Ее основным назначением есть:

1. Обеспечение непрерывного круглосуточного контроля изменений координат сети станций на уровне точности "первые миллиметр - первые сантиметры" в зоне, ограниченной сетью референсных станций.

2. Обеспечение мониторинга как медленных и масштабных тектонических процессов, так и контроля "быстрых" деформаций в локальных сейсмо- и оползне- опасных зонах Крымского полуострова.

3. Обеспечение фундаментальной координатно-временной основы Крыма с использованием перманентных VLBI-SLR-GPS наблюдений.

Созданный в Крыму геодинимический полигон «Симеиз-Кацивели» составил основу наземных и космических временных рядов наблюдений климатических и геофизических характеристик Крыма, особенно его Горной части. Применен принципиально новый подход - геодинимический полигон «Симеиз-Кацивели» включает три взаимодополняющих друг друга технологии наблюдений: РСДБ, лазерную локацию ИСЗ и глобальную навигационную спутниковую систему. [3-5].

С целью исследования влияния физических параметров Солнца на состояние экосистемы Земли и оценки радиационной обстановки в околоземном пространстве геодинимический полигон «Симеиз-Кацивели», расширен станциями мониторинга солнечной активности с помощью радиотелескопов РТ-2, РТ-3, РТ-М.

Индикатором экстремальных событий (землетрясений, активной вулканической и оползневой деятельности, селей) также служат локальные изменения не только параметров атмосферы, но и вариации локального геомагнитного поля. С целью исследования литосферных деформаций, причин их вызывающих, поиск прогностических признаков, готовящихся региональных сейсмических событий в Крымском регионе, в 2018 году геодинимический полигон «Симеиз-Кацивели» был расширен наклономерной и хемотронной станциями. В соответствии с методикой [6], специально подготовлена и установлена цифровая магнитовариационная станция, входящая во всероссийскую сеть ИЗМИРАН.

По данным геодинимических наблюдений станциями полигона определено с точностью в несколько миллиметров горизонтальную и вертикальную составляющую скорости движения Крымского полуострова и Евразийской тектонической плиты. Для обеспечения мониторинга масштабных тектонических процессов и контроля «быстрых» деформаций в локальных сейсмо- и оползнеопасных зонах Крымского полуострова, по результатам геодинимических измерений определена локальная скорость и направление движения побережья Южного берега Крыма в районе населенных пунктов Симеиз - Кацивели. Анализ климатических характеристик полуострова Крым, проведенный по среднесуточным и среднегодовым спутниковым измерениям климатических параметров, дал возможность получить информацию об инсоляции и прогреве поверхности земли в Крым, температуре поверхности земли на полуострове в целом, а также аномальное понижение температуры поверхности земли в крайнем восточном пункте полуострова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пустовитенко Б.Г, Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона (инструментальный период наблюдений 1927 – 1986гг.) – Киев: Наукова думка. – 1989.- 192с.

2. Монография «Мониторинг сейсмических процессов в Крымско-черноморском регионе» (Пустовитенко Б.Г, Лушик А.В., Боборыкина О.В. и др.). Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ Гидрофизика», 2014г. – 264с. ISBN 978-966-442-091-1.

3. Монография «Современная космическая геодезия в задачах глобальной и локальной кинематики и динамики Земли» / А.Е. Вольвач, Г.С. Курбасова, Л.Н. Вольвач, С.В. Курбасов . - Днепр : Середняк Т. К. [вид.], 2018. – 179 с. : Научное издание. Серия: «Радиоастрономия». Геодинимика. - 300 экз. - ISBN 978-617-7696-99-4.

4. Вольвач А.Е., Курбасова Г.С., Канониди К.Х., Боборыкина О.В. Исследование изменений геодинимических, гелиогеофизических и климатических характеристик Крыма с помощью измерительных средств геодинимического полигона «Симеиз-Кацивели» // Сборник тезисов докладов. X Международная конференция «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений», 1-5 октября 2019 г., Петропавловск-Камчатский. С. 44-45.

5. Alexander Volvach, Galina Kurbasova, Andrej Dmytrotsa, Dmitry Neyachenko, Konstantin Kanonidi, and Olga Boborykina «Polygon "Simeiz-Katsively" - study of changes in the geodynamic, heliogeophysical and climatic characteristics of Crimea» // ITM Web of Conferences, vol. 30, 15001, 2019.

6. Канониди К.Х., Боборыкина О.В., Надёжка Л.И., Паншин Е.А. Подготовка кварцевых магнитовариационных станций для геофизической обсерватории «Галичья гора». // Структура, вещественный состав, свойства, современная геодинамика и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов. / Под. ред. Надёжка Л.И., Силкина Т.Б. — Издательский дом ВГУ 394018 Воронеж, пл. Ленина, 10: Воронеж. Издательский дом ВГУ, С. 151-157. 2020.

MONITORING OF GEODYNAMIC, HELIOGEOPHYSICAL AND CLIMATIC CHARACTERISTICS IN THE CRIMEA USING MEASURING INSTRUMENTS OF THE HELIO-GEODYNAMIC POLYGON "SIMEIZ-KATSIVELI"

Volvach A. E.¹, Kurbasova G. S.¹, Kanonidi K. H.^{2,3}, Boborykina O. V.³

1volvach@craocrimea.ru, 1voe@inbox.ru, 2,3kkkk@izmiran.ru, 3b0b04ka14@yandex.ru

¹ Crimean Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Katsiveli

² Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation Russian Academy of Sciences, Troitsk

³ Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Abstract. The paper presents the scientific results obtained at the helio-geodynamic polygon "Simeiz-Katsiveli", performed within the framework of a 4-party Agreement (CrAO RAS, IZMIRAN RAS, IPE RAS and IAG RAS). Monitoring is provided by geophysical equipment permanently installed at the helio-geodynamic polygon.

Keywords: geodynamics, earthquakes, solar activity, geomagnetic field, atmospheric parameters.

УДК 595:614.449.57

БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ КАК СРЕДСТВО БОРЬБЫ С ПЕРЕНОСЧИКАМИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ТРАНСМИССИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

И.С. Геворкян, irgev83@yandex.ru

Научно-исследовательский институт дезинфектологии, Москва, Россия

Аннотация. В ближайшие десятилетия, вследствие происходящих глобальных климатических изменений, ожидается осложнение эпидемиологической обстановки на большинстве территорий. Современные изменения климата, способствующие росту численности членистоногих и животных, являющихся переносчиками возбудителей трансмиссивных заболеваний, требуют решительного усиления борьбы с этими переносчиками. В качестве средства борьбы с переносчиками возбудителей трансмиссивных заболеваний предлагается использовать беспилотные летательные аппараты.

Ключевые слова: глобальные изменения климата, трансмиссивные болезни, переносчики возбудителей, беспилотные летательные аппараты.

В ближайшие десятилетия, вследствие происходящих существенных климатических изменений, наблюдаемых практически по всей планете, ожидается осложнение эпидемиологической обстановки на большинстве территорий. Наблюдаемое глобальное изменение температуры угрожает не только существенным расширением «сезонных окон» для потенциального распространения заболеваний, переносимых насекомыми, но и расширением географических районов, подверженных риску возникновения различных

эпидемий. Связано это с тем, что глобальные изменения температуры окружающей среды, и обусловленное ими увеличение осадков и влажности, оказывают большое стимулирующее влияние на рост численности и расширение ареала насекомых и животных, являющихся переносчиками инфекций. В частности, исследования, выполненные энтомологами, показывают, что вследствие изменения климата условия обитания большей части видов вредоносных насекомых приблизятся к оптимальным, а это означает повышение экологического и экономического ущерба в будущем [7, 16]. Таким образом, глобальные климатические изменения оказывают непосредственное влияние на эпидемиологию многих трансмиссивных болезней [1, 10, 14, 15]. Действительно, по данным Всемирной организации здравоохранения, из-за изменений глобального климата, по крайней мере, 30 инфекционных болезней появились вновь или возобновились с 1975 г. [1].

По способу инфицирования заболевания подразделяются на трансмиссивные и нетрансмиссивные. Трансмиссивные заболевания распространяются специфическими переносчиками – кровососущими насекомыми и клещами, с которыми связано размножение и развитие возбудителей таких заболеваний, как малярия и чума, вирусные энцефалиты и жёлтая лихорадка, трипаносомозы и риккетсиозы, туляремия, и др. [13].

Большинство трансмиссивных болезней является зоонозами, при которых источником возбудителя служат дикие и синантропные животные. В частности, носителями возбудителей многих трансмиссивных заболеваний являются грызуны, в том числе и мышевидные грызуны. Мышевидными грызунами переносятся такие опасные болезни, как чума, брюшной тиф, паратифы, энцефалит, бешенство, туберкулез, туляремия и др. Паразитирующие на мышевидных грызунах блохи и клещи, питаясь кровью больных животных-хозяев, передают возбудителей заболеваний домашним животным и человеку [3].

Вспышки трансмиссивных заболеваний обычно совпадают с массовым появлением и расселением переносчиков или основных хозяев. При циркуляции возбудителя в природе он может быть связан с несколькими видами хозяев и переносчиков, что увеличивает возможность его размножения и обеспечивает устойчивость очагов. Многие из трансмиссивных болезней являются природноочаговыми, в их распространении принимают участие почти все группы кровососущих членистоногих. Существование природных очагов инфекций связано с наличием многочисленных нор животных (например, грызунов), пещер, мест гнездования птиц, и других элементов биотопа [13].

Наибольшее эпидемиологическое значение в передаче возбудителей трансмиссивных болезней имеют комары, москиты, мошки, блохи, вши, клопы-триатомиды, кровососущие мухи, иксодовые, аргасовые, гамазовые клещи и клещи-краснотелки [13].

Современные глобальные изменения климата, способствующие росту численности членистоногих и животных, являющихся переносчиками возбудителей трансмиссивных заболеваний, требуют решительного усиления борьбы с этими переносчиками. Профилактика трансмиссивных заболеваний предусматривает контроль за природными очагами инфекций, своевременное выявление эпизоотий среди диких животных, проведение дератизационных и дезинсекционных мероприятий. В числе этих мероприятий важная роль принадлежит дератизации и дезинсекции заданной территории.

Дезинсекция предусматривает мероприятия, проводимые в помещениях (жилые квартиры, производственные, учебные и административные помещения, и др.), на железнодорожном транспорте, на морских, речных и воздушных судах, а также на заданной территории или акватории с целью уничтожения популяций любых членистоногих, чьё соседство с человеком считается опасным. В эту категорию попадают все виды членистоногих, способных переносить возбудителей инфекционных болезней или вызывать паразитарные болезни [2].

Дератизация – это система профилактических и истребительных мероприятий, направленных на уничтожение или снижение численности грызунов, опасных в эпидемиологическом отношении и приносящих экономический ущерб [3].

При дезинсекции и дератизации природных очагов трансмиссивных заболеваний

возникает необходимость обрабатывать открытые территории на больших площадях. В этих случаях для обработки больших открытых территорий рекомендуется применять ранцевые дустеры и опрыскиватели (моторные и электрические), мобильные (буксируемые) и автомобильные дезинсекционные установки (например, дезустановка DS-160; дезустановка вентиляторная DS-300 с ДВС двигателем; дезустановка БАРС-1000, спрей-машина ММТ Hunter SPDL 35–400; мобильные аэрозольные станции на базе аэрозольных генераторов «ГАРД»).

При обработке открытых территорий площадью свыше 4 га, акваторий, а также местностей сильно пересечённых, либо покрытых густой кустарниковой или древесной растительностью, целесообразно использовать дезинфицирующие установки на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) (например, на гексакоптере ODonata Agro 1001, агродроне Agrofly TF1A, октокоптере DJI Agras MG-1) [5, 6, 12]. Надо всегда иметь в виду, что при использовании беспилотных летательных аппаратов весьма важное значение имеет выбор рациональных типов и параметров БПЛА, его опрыскивающих систем и режимов применения [12].

В борьбе с личинками разных видов комаров в водоёмах естественного и искусственного происхождения хорошо себя зарекомендовал гексакоптер «ODONATA AGRO» [11, 12].

В борьбе с мышевидными грызунами используются группировки беспилотных летательных аппаратов, при помощи которых сначала выявляются колонии мышевидных грызунов, а затем, также с помощью БПЛА, к этим колониям точно доставляются препараты для уничтожения их обитателей. Такой подход позволяет, во-первых, экономно расходовать препараты, и, во-вторых, оберегает грунт от попадания в него избыточного количества ядохимикатов [9].

Наиболее эффективной для выявления колоний мышевидных грызунов является тепловая съёмка в инфракрасных лучах с диапазоном волн длиной от 2 до 14 мкм, поскольку большая часть энергии излучения, испускаемых объектами при земных температурах, приходится именно на этот диапазон и в этом диапазоне находятся окна прозрачности атмосферы. Максимум интенсивности теплового излучения поверхности тела теплокровных животных (в области температур от 25 до 30 °С) лежит в инфракрасной области спектра, и соответствует длине волны около 10 мкм. Для инфракрасной съёмки в указанном диапазоне волн применяется такая аппаратура, как ThermoCAM SC3000, ThermoPro TP8, TVS – 500, IR 928, MobIR M, NEC 9100, «ИРТИС-2200 С» и др. [4].

Заметим, что в зарубежной практике беспилотные летательные аппараты используются весьма широко. В частности, в странах Европейского Союза распределение потребительского спроса на гражданские беспилотные летательные аппараты составляет: 37 % – наблюдение за земной поверхностью, 13 % – обеспечение телекоммуникаций, 12 % – контроль лесных пожаров, 22 % – пограничное наблюдение, 6 % – контроль нефте- и газопроводов, 5 % – контроль линий электропередач, 5 % – прочие задачи [8].

Заключение

Использование в профилактике трансмиссивных болезней беспилотных летательных аппаратов позволяет, во-первых, быстро проводить дезинсекцию и дератизацию больших пространств на пересечённой местности, и, во-вторых, позволяет прицельно доставлять препараты к выявленным объектам, что, с одной стороны, повышает эффективность борьбы с разносчиками инфекции – мышевидными грызунами и членистоногими, а с другой стороны, – обеспечивает значительно большую экологическую безопасность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев А.Е., Абдинов Р.Ш. Влияние изменения глобального климата на распространение эпидемий // Вестник Атырауского Университета имени Х.Досмухамедова. 2020. Том 59. № 4. С. 133–143.

2. Геворкян И.С. Аппаратура, используемая для дезинсекционных обработок от переносчиков возбудителей инфекционных болезней // Инфекционные болезни в современном мире: эпидемиология, диагностика, лечение и профилактика. Сборник трудов XII Ежегодного Всероссийского интернет-конгресса по инфекционным болезням с международным участием. Под ред. В.И. Покровского. Москва, 2020. С. 54–55.
3. Геворкян И.С. Об эффективности методов борьбы с мышевидными грызунами на животноводческих комплексах // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2016. Том 12. № 2. С. 16.1–16.39.
4. Еськов Е.К., Тобоев В.А. Использование теплового излучения в наблюдениях за животными // Состояние среды обитания и фауна охотничьих животных России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 28–29 февраля 2008г.). М.: Per-Se, 2008. С. 75–78.
5. Жулев А.И., Рославцева С.А. Использование авиации для медицинской дезинсекции (технология, опыт применения). М.: ООО «Гигиена плюс». 2018. 136 с.
6. Жулев А.И., Смирнов В.С. Использование авиации для мониторинга и регуляции численности комаров-переносчиков возбудителей болезней человека // Дезинфекционное дело. 2016. № 4 (98). С. 34–37.
7. Мусолин Д.Л., Саулич А.Х. Реакции насекомых на современное изменение климата: от физиологии и поведения до смещения ареалов // Энтомологическое обозрение. 2012. Том 91. №1. С. 3–35.
8. Никифоров М.Е., Кузьмин В.Н., Лях Ю.Г., Глушцов А.А., Морозов А.В. Использование беспилотных летательных аппаратов в мониторинге численности диких животных // Мониторинг окружающей среды. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Часть 2. Брест, 25 сентября 2013 года. Брест: БрГУ им. А.С. Пушкина, 2013. С. 70–73.
9. Оськин С.В., Курченко Н.Ю., Ле Тхи Тхюи Линь, Болотин А.Г. Анализ возможности применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве как составной части обеспечения безопасности в растениеводстве // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. 2018. № 2 (34). С. 141–145.
10. Рославцева С.А. Педикулез в России в конце XX века – начале XXI века // Пест-менеджмент. 2021. № 1 (117). С. 16–23.
11. Рославцева С.А., Жулев А.И., Соколов Д.О., Смирнов В.С., Поздняков А.И., Геворкян И.С. Использование беспилотного летательного аппарата «ODONATA AGRO» в медицинской дезинсекции // Дезинфекционное дело. 2017. № 3 (101). С. 28–32.
12. Рославцева С.А., Жулев А.И., Цветков Д.А., Кузьменко А.С. Изучение эффективности применения средства на основе ингибитора синтеза хитина для борьбы с личинками комаров с помощью беспилотников «ODONATA AGRO» // Дезинфекционное дело. 2018. № 3 (105). С. 71–77.
13. Тарасов В.В. Эпидемиология трансмиссивных болезней. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 336 с.
14. Шестопалов Н.В., Рославцева С.А. Активизация лихорадки Западного Нила в России // Дезинфекционное дело. 2020. № 3 (113). С. 55–63.
15. Ясюкевич В.В., Титкина С.Н., Попов И.О., Давидович Е.А., Ясюкевич Н.В. Климатозависимые заболевания и членистоногие переносчики: возможное влияние наблюдаемого на территории России изменения климата // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2013. Том 25. С. 314–359.
16. Lehmann P., Ammunét T., Barton M., Battisti A., Eigenbrode S.D., Jepsen J.U., Kalinkat G., Neuvonen S, Niemelä P., Terblanche J.S., Økland B., Björkman C. Complex responses of global insect pests to climate warming // *Frontiers in Ecology and Environment*. 2020. Vol. 18, Issue 3. P. 141–150.

UNMANNED AERIAL VEHICLES AS A MEANS OF THE TRANSMISSIBLE DISEASES' PATHOGENS CARRIERS CONTROL IN THE CONDITIONS OF GLOBAL CLIMATE CHANGES

*I.S. Gevorkyan, irgev83@yandex.ru
Scientific Research Institute of Disinfectology, Moscow, Russia*

Abstract. It is expected that due to the ongoing global climate changes, the epidemiological situation in most territories will become more complicated in the foreseeable future. Modern climate changes contribute to the increase in the number of arthropods and animals carrying the transmissible diseases' pathogens. The current situation requires a decisive strengthening of the combating against diseases' pathogens carriers. The article suggests using unmanned aerial vehicles as a means of the transmissible diseases' pathogens carriers control.

Keywords: global climate change, transmissible diseases, pathogens carriers, unmanned aerial vehicles.

УДК 551.24

ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС О ДЕФОРМАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КРЫМУ

*Т.В. Гусева, guseva@ifz.ru, И.С. Крупенникова, ik@ifz.ru
Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия*

Аннотация. В статье представлен исторический экскурс о Крымском геофизическом полигоне, создание которого стало прообразом организации комплексных исследований движений и деформаций земной коры на геодинамических полигонах. Решение о создании Крымского геофизического полигона для комплексного изучения современных тектонических движений и глубинной структуры земной коры было принято в 1961 году. Реализация комплексных исследований на Крымском геофизическом полигоне выполнялась с участием многих научных, учебных учреждений и производственных предприятий. Важное место в исследованиях уделено изучению вертикальных движений земной коры с помощью высокоточного нивелирования, гравиметрических наблюдений, геолого-геоморфологических и картографических исследований.

Ключевые слова: Крым, полигон, геолого-тектоника, морфоструктуры, геофизика, геодезия, нивелирование, гравиметрия, Ялтинский тоннель, движения, деформации

Привлечение внимания научного общества к вопросам экологического развития Крыма в его геофизических рамках относится к прошлому веку. Тогда еще свежа была память о Крымских землетрясениях в июне и сентябре 1927 г. интенсивностью до 8-9 баллов, повлекших за собой человеческие жертвы и сильные разрушения [5]. Комплексные геофизические исследования в южной части Крымского полуострова приобретали большое практическое значение как метод возможного прогноза землетрясений и устойчивости береговой полосы и сложных, долговременных инженерных сооружений в ее пределах. В 1961 г. было принято решение о создании Крымского геофизического полигона для комплексного изучения современных тектонических движений и глубинной структуры земной коры, что способствовало обеспечению экологической безопасности [3]. С точки зрения тектоники и геофизики Крымский полуостров интересен тем, что он сейсмически активен и расположен в области перехода от земной коры с типично континентальной структурой к части с океанической корой.

Реализация комплексных исследований на Крымском геофизическом полигоне выполнялась с участием следующих научных, учебных учреждений и производственных предприятий: ИФЗ АН СССР, ИГ АН СССР, МИИГАиК, Физический факультет МГУ,

ГУГК, НИМГЭ Мин. Геологии и охраны недр СССР. Для общего руководства и координации исследований была создана Рабочая комиссия по Крымскому геофизическому полигону при Межведомственном геофизическом комитете, в состав которой были включены представители названных выше организаций [3]. В эпоху организации работ на Крымском полигоне преобладали классические представления на тектоническую природу, базирующиеся на фиксизмском понимании развития Крыма (геосинклинальное развитие и последующее замыкание), в особенности южной его части.

Важное место в исследованиях на полигоне уделено изучению вертикальных движений земной коры, которое должно производиться в комплексе повторным высокоточным нивелированием, с гравиметрическими наблюдениями, с геолого-геоморфологическими и картографическими исследованиями.

Начало работ на Крымском геофизическом полигоне относится к 1961 году, когда сотрудники МИИГАиК и ИГ АН СССР обследовали первый участок трассы будущего полигона. Согласно этой рекогносцировке, весной 1962 г. сотрудниками ГУГК были заложены репера, являющимися долговременными хранителями высотной координаты. Первая линия высокоточного нивелирования проходила вдоль автомобильного шоссе Симферополь – Алушта – Ялта. Начало ее в Симферополе совпало с маркой Государственного нивелирования 1945 года, конец — с футштоком в Ялте. В начале 1964 г. ИФЗ и ИГ АН СССР совместно разработали проект об увеличении нивелирных трасс. Проект предусматривал создание замкнутого полигона «Ялта – Сирень – Симферополь – Алушта – Ялта». Создание такого кольца стало возможным после строительства Ялтинского гидротехнического туннеля, который позволял: пересечь Крымские горы нивелирным ходом на высотах не более 350 м, определить возможные деформации в пределах горного массива. Свободный нивелирный ход был присоединен к кольцу от станции Сирень через Севастополь до мыса Херсонес. На участке Сирень – Севастополь эта трасса полностью совпадает с нивелирным ходом 1945 года, на участке Севастополь – мыс Херсонес ход был сделан заново [1,2]. Рис. 1.

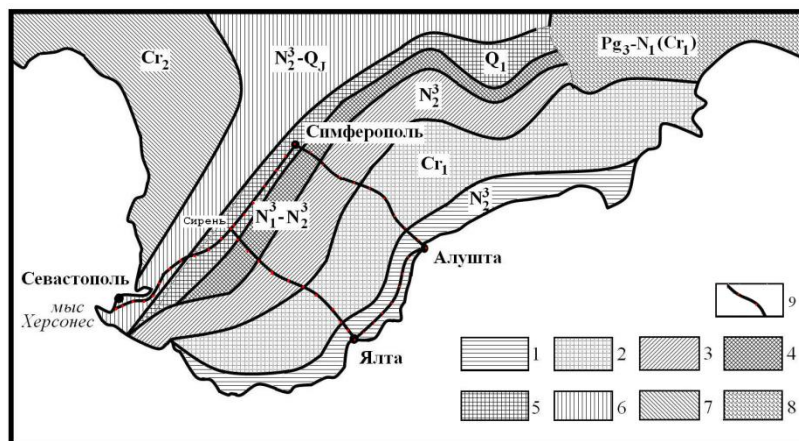


Рисунок 1 – Структурно-геоморфологическая схема Крымских гор и трасса нивелирования[4]

1 — Южный берег Крыма; 2 — Главный хребет; 3 — Южное меридиональное проседание; 4 — Внутренняя гряда; 5 — Северная краевая долина; 6 — Внешняя гряда; 7 — Альпийская депрессия; 8 — Индольская депрессия, 9 – трасса нивелирования I класса. Индексами внутри контуров показан возраст морфоструктур

При финансовой поддержке ИФЗ РАН и участии его сотрудников за период 1962-1970 гг. на трассах полигона выполнено несколько циклов высокоточного нивелирования со средней случайной квадратической ошибкой 0,5 мм на 1 км. Целью этих работ было

получение качественных данных о высотах земной поверхности для новой эпохи.

Сравнение результатов нивелирования разных лет было сделано при условии, что репера в районе Ялтинского и Севастопольского футштоков неподвижны. Рис. 2. На рис. 2а представлена графики относительных изменений относительных высот марок ΔH в мм на период 1945-1969 гг. по линии Севастополь – Сирень – Симферополь. Даже по небольшому участку трассы можно заключить, что в течение 24 лет вертикальное положение реперов вблизи побережья фактически не изменялось относительно реперов возле Севастопольского футштока. В 10 км от исходного репера начинается опускание реперов, которое продолжается и далее. В районе станции Сирень смещения реперов достигают 26 мм, т.е. средняя скорость за эти годы составила 1.0 мм/год. В районе Симферополя средняя скорость опускания реперов уменьшилась до 0.5 мм/год.

На рис. 2б представлен график изменения высоты реперов замкнутого полигона за периоды 1964-1966 гг. (сплошная линия) и 1964-1969 гг. (пунктирная линия), а также изменение высоты дается между нивелировками 1962 г. и 1963 г.

Анализируя участок Ялта – Алушта – Симферополь, можно сказать, что за период 1964-1966 гг. репера, расположенные вдоль Южного берега Крыма, фактически не изменяют свое положение, в районе Алушты обозначилась зона опускания, которая проходит почти до Ангарского перевала. После перевала значения просадки реперов относительно их положения в 1964 году постепенно увеличивались до 20 мм в Симферополе. Вдоль другой ветки полигона Ялта – Сирена – Симферополь для 1964-1966 гг. выделяется опускание в области Главной (Бабуган-яйла) и Внешней гряд. На северном склоне этого массива оседание уменьшается до нуля, затем значение отрицательного смещения вновь возрастает до Симферополя. Кривая графика 1964-1969 гг. показывает, что на участке Ялта – Алушта репера подвергаются некоторому поднятию, но после Алушты начинается уменьшение смещения реперов, которое продолжается до Симферополя. На участке Ялта – Сирень – Севастополь кривая изменения высотного уровня за период 1964-1969 г. фактически совпадает с данными изменений за 1964-1966 г. Только в 12 км от Симферополя начинается значимое расхождения смещений реперов за разные периоды. В конце хода смещения реперов достигают 30 мм за 5 лет за период 1964-1969г., т.е. средняя скорость опускания достигала 6 мм/год.

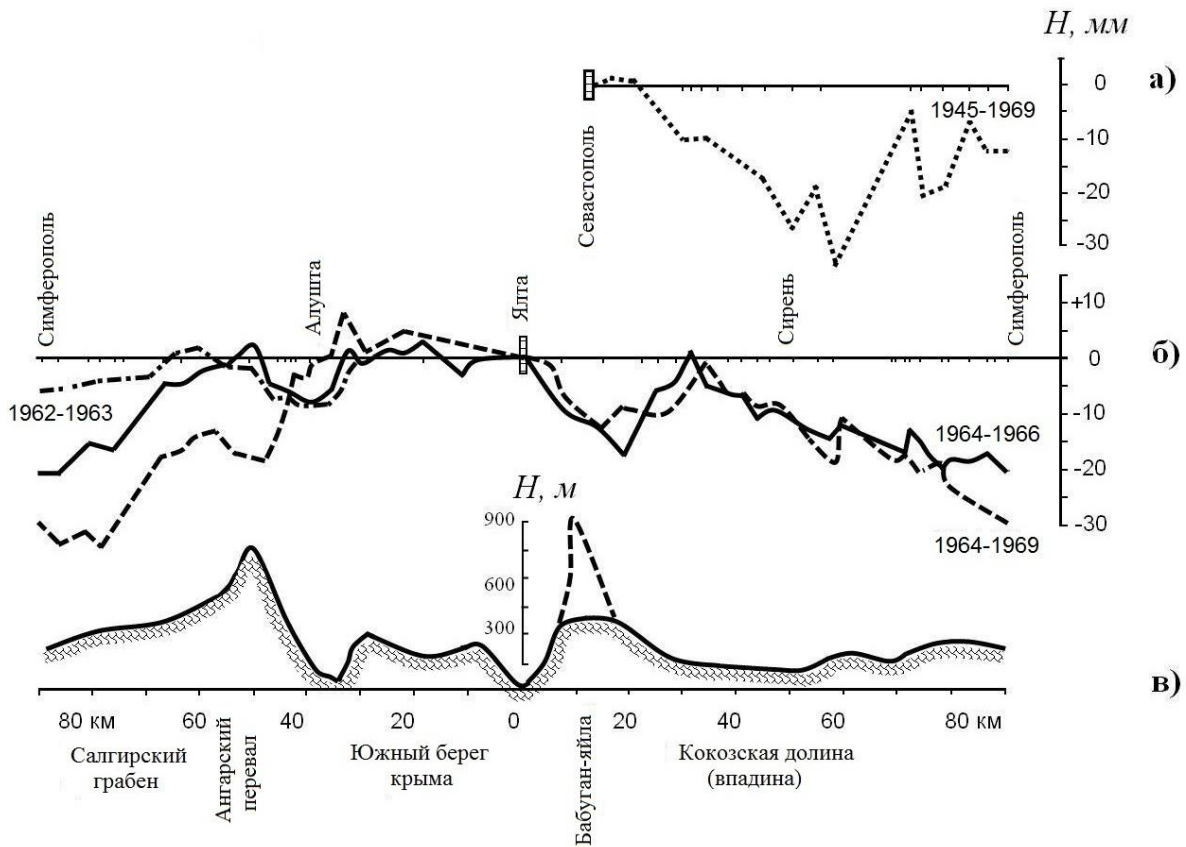


Рисунок 2 – Изменение вертикального положения земной поверхности за разные временные интервалы: а — графики вертикальных смещений реперов вдоль линии Севастополь – Симферополь 1945-1969 гг.; б — графики вертикальных смещений реперов на замкнутом полигоне Симферополь – Алушта – Ялта – Сирень – Симферополь в 1964-1966 гг., 1964-1969 гг. в — гипсометрический профиль нивелирного хода замкнутого полигона

На рис. 2в приведен гипсометрический профиль вдоль замкнутого нивелирного хода. Поскольку в регионе Бабуган-яйлы трасса хода проходит в туннеле, фактический рельеф Главной гряды показан пунктирной линией.

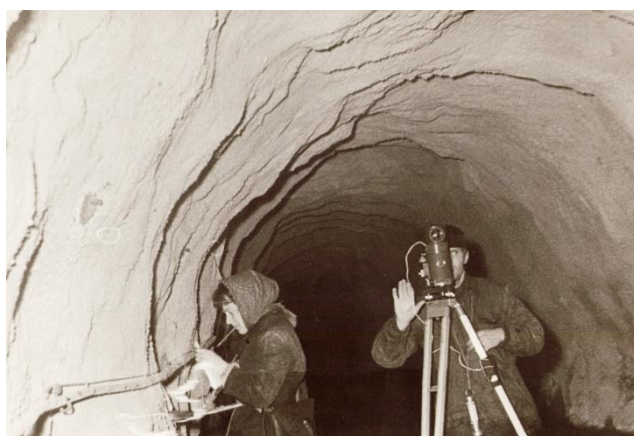
Полученные результаты дают возможность отличить группы реперов на Крымском полигоне, где вертикальные смещения имеют аналогичный характер:

- 1) с незначительным положительным или отрицательным смещением реперов относительно друг друга — Южный берег Крыма, регион Севастополя;
- 2) с отрицательным вертикальным смещением относительно реперов на побережье — почти все другие репера. Группе реперов, которые расположенные в Салгирской впадине, свойственно нарастание опускания. Вертикальные перемещения реперов, расположенных в районе Бабуган-яйлы и Кокозской долины, очевидно, имеют колебательный характер.

Программа работ по изучению современных движений земной коры на Крымском геофизическом полигоне помимо нивелировок также включала выполнение астрономо-геодезических и гравиметрических наблюдения на специально созданной сети. Рис. 3. Для приведения гравиметрических наблюдений к единой общегосударственной системе в августе 1962 г. сотрудниками ИФЗ АН СССР на территории полигона проведены высокоточные гравиметрические определения на 6 пунктах: Симферополь, Алушта, Ялта, Кутузовский фонтан, Ангарский перевал, Рыбачье. Следующие три эпохи повторных измерений выполнены в 1971 г., 1973 г. и 1976 г. [2]. Продолжение геодезического мониторинга на полигоне должны были украинские организации.



Рисунок 3 – Фрагмент геодезических работ: нивелирования в Ялтинском тоннеле и астрономо-геодезические наблюдения



Большой комплекс исследований (в том числе геодезических) современных движений и деформаций был организован и осуществлялся в 70-80-х годах прошлого века на Керченском полуострове в районе предполагаемого строительства Крымской АЭС. В продолжение этих исследований в конце 80-х годов сотрудниками ИФЗ РАН при поддержке Крымской фирмы «Биосфера» было создано геодезическое построение в районе Судака, на котором выполнялся мониторинг линейных измерений для определения особенностей горизонтальных деформаций.

Интенсивное развитие GPS+ГЛОНАСС технологий значительно увеличивает возможности изучения движений и деформаций земной поверхности в аспекте сохранения окружающей среды, ландшафтов и экологического мониторинга. Актуальными являются задачи изучения процессов деформирования сейсмически активных зон Крыма, которое началось сотрудниками ИФЗ РАН с 2014 г., и стало общим Крымско-Северокавказским регионом.

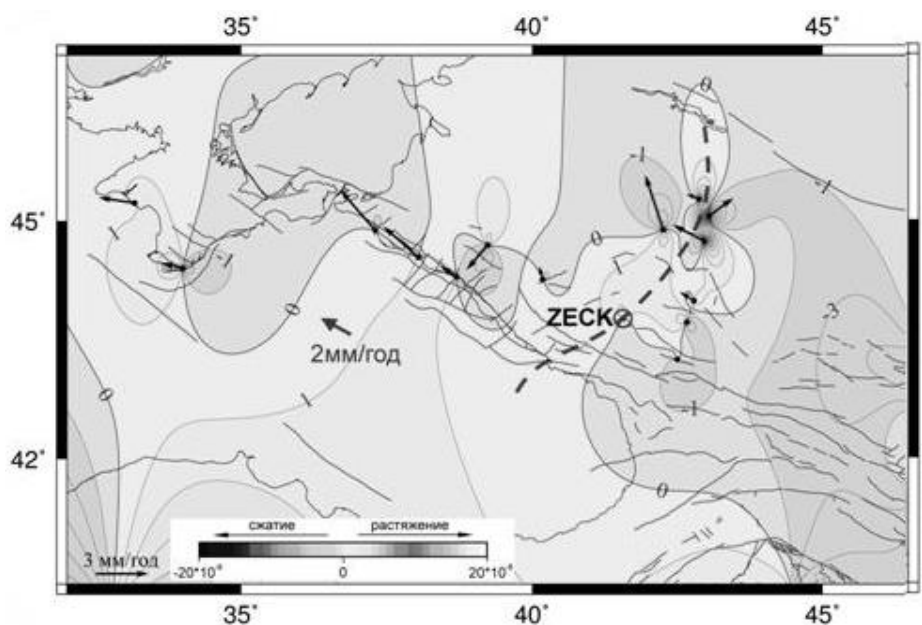


Рисунок 4 – Распределение площадных деформаций за период 2005-2019 гг. в Крымско-Северокавказском регионе. Стрелками обозначены вектора скоростей горизонтальных смещений пунктов относительно пункта ZECKO (кружок). Жирная пунктирная линия – условное разделение региона на западную и восточную часть, стрелка с цифрами – направление и величина средней скорости смещения для них [6]

Приведенное на рис. 4 распределение по площади деформаций сжатия и растяжения. в среднем составляют $\pm 2 \times 10^{-8}$. Выявлено, что западная часть исследуемой территории развивалась в области небольшого сжатия, центральной части было присуще чередование участков сжатия и растяжения, на востоке региона преобладало сжатие, продолжающееся на прилегающих участках Восточно-Европейской платформы.

Создание Крымского геофизического полигона позволило получить данные, представляющие исключительно большой теоретический интерес и имеющие важное практическое значение для исследований развития геодинамических процессов на полуострове. Выявленные участки с повышенными скоростями вертикальных движений и изменений приращений ускорений силы тяжести свидетельствуют об активности геодинамических процессов. Эти работы, безусловно, стали крупным вкладом в науку, который упрочил ведущее положение советских специалистов в области изучения современных движений земной коры. Полученные данные о характере вертикальных движений на Крымском полигоне были учтены при составлении карты СВДЗК Восточной Европы.

Продолжение исследований современных движений земной коры в настоящее время базируется на широком внедрении спутниковых геодезических методов. Помимо огромного научного интереса, эти исследования также бесспорно имеют практическое значение благодаря постоянно расширяющемуся курортному, жилищному и промышленному строительству в Крыму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Благоволин Н.С., Гусева Т.В. Крымский геофизический полигон. – Путеводитель экскурсии XV IUGG Генеральной Ассамблеи. Ротапринт. М.: ЦНИИГАиК. 1971. 33 с. (на рус. и англ. языках)

2. Галаганов О.Н., Гусева Т.В., Розенберг Н.К. Крымский геофизический полигон. Результаты исходного геодинамического мониторинга// Мониторинг. Наука и технологии. 2018. № 1(34). С.6-22.
3. Изотов А.А., Буланже Ю.Д., Магницкий В.А., Мещеряков Ю.А., Благоволин Н.С. О создании Крымского геофизического полигона для изучения глубинного строения земной коры и современных тектонических движений // Геофизический бюллетень. 1962. № 12. М.: АН СССР. С. 81-87.
4. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М.: Геодезиздат. 1963 г.
5. Никонов А.А. Уточнение решения макросейсмического поля и механизма очагов Крымских землетрясений 1927 г. // Геофизические исследования. 2012. Т. 13. № 1. С. 50-78.
6. Гусева Т.В., Крупенникова И.С., Мокрова А.Н., Развитие деформационных процессов в Кавказском регионе по данным ГНСС-измерений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М.: 2019. Т.16, № 5. С.138-146.

A HISTORICAL EXCURSION ABOUT DEFORMATION STUDIES IN THE CRIMEA

T.V. Guseva, guseva@ifz.ru, I.S. Krupennikova, ik@ifz.ru

*SCHMIDT INSTITUTE OF PHYSICS OF THE EARTH OF THE RUSSIAN ACADEMY
OF SCIENCES, Moscow, Russian Federation*

Abstract. In this article the historical excursion about the Crimean geophysical polygon is presented; its creation became the prototype of the organization of complex studies of the earth's crust movements on geodynamic test-sites. The decision to create the Crimean geophysical polygon for a comprehensive studying recent tectonic movements and the deep structure of the earth's crust was adopted in 1961. The implementation of integrated research at the Crimean geophysical polygon is carried out with the participation of many scientific, educational institutions and manufacturing enterprises. An important place in researches is given to the study of vertical movements of the earth's crust by using high-precision leveling, gravimetric surveying, geological-geomorphological and cartographic studies.

Keywords: Crimea, polygon, test-site, geologo-tectonics, morphostructures, geophysics, geodesy, leveling, gravimetry, Yalta tunnel, **deformation.**

УДК 577.7; 612.4

К ГЕОФИЗИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КОВИД-19

Ф.Х. Каримов

farshed_karimov@rambler.ru

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация. В статье отмечено, что последние эпидемии и пандемии 2008-2009 гг. и 2019-2020 гг. совпадают с минимумами солнечной активности, а 2003-2005 гг. и 2014-2016 г. – с максимумами. Сделаны предположения о возможных физических факторах влияния солнечной активности на экологические характеристики окружающей среды. Сделан вывод о необходимости системного подхода к анализу влияния солнечного излучения на физиологию вирусов для снижения риска возникновения эпидемий и пандемий.

Ключевые слова: солнечные циклы, экологические проблемы, биологические циклы, пандемии, системный подход, физиология вирусов.

Солнечно-земные связи сопровождают всю историю Земли по крайней мере на протяжении 4,5 млрд. лет с начала эволюции твёрдой Земли. Примерно 3,5 млрд. лет назад возникли первые бактерии [1], 2,0-2,5 млрд. лет назад начались фотосинтез и формирование

биосферы, первые клетки с ядрами появились около 2 млрд. лет назад [2]. Солнечная активность, оказав непосредственное влияние на возникновение жизни на Земле, существенно влияет на ход биологических процессов. Влияние окружающей среды, в частности Солнца и космического излучения, на биологические объекты и процессы, образующие биосферу, изучается на протяжении последних веков. В XVII-XVIII вв. возникли биофизика и физиология, науки, изучающие влияние окружающей среды, в частности солнечного излучения на рост и развитие растений и живых существ. Открыт фотосинтез, который описывает влияние солнечного света на развитие клеток растений, выявлены закономерности в ритмах в развитии растений, зимнем покое и летней вегетации. Ряд этих закономерностей установлен в Академии наук Таджикистана [3].

К настоящему времени достаточно хорошо известно, что солнечное излучение, электромагнитные поля влияют на живые организмы, на физиологическое состояние человека, животных и растений [4,5,6,7,8]. Было замечено и влияние солнечной активности на возникновение эпидемий и пандемий ряда опасных для здоровья людей заболеваний – оспы, холеры, чумы, гриппа и др. [9,10]. А.Л. Чижевский, проанализировав большой исторический материал, обнаружил корреляцию максимумов солнечной активности и массовых катаклизмов на Земле, например влияние 11-летнего цикла солнечной активности (периодического увеличения и уменьшения количества пятен на Солнце) на климатические процессы на Земле: в период повышенной солнечной активности (большого количества вспышек на Солнце) на Земле происходят различные стихийные бедствия, катастрофы, эпидемии, увеличивается интенсивность роста бактерий. Среди эпидемий им были проанализированы такие болезни, как холера, чума, оспа, грипп. Согласно этим данным большинство эпидемий приходится на период, предшествующий максимуму солнечной активности – за 2-3 года до него, а часть эпидемий приходится на начальный период спада солнечной активности [9], т.е. в среднем - на максимум солнечной активности.

В связи с пандемией коронавируса, начавшейся в декабре 2019 г., в результате которой по данным на 15.08 2021 г. умерло более 5 млн. человек [11], в настоящем докладе рассматриваются возможные геофизические причины её возникновения в рамках общих принципов влияния солнечной активности на биологические процессы и экологические характеристики окружающей среды. Проводится сопоставление солнечной активности, выражающейся в числах Вольфа, и времён возникновения эпидемий и пандемий.

В табл. показано число солнечных пятен, т.н. числа Вольфа в минимумах, $W_{\text{мин}}$, и максимумах, $W_{\text{макс}}$, солнечной активности, за период с 1901 г. по настоящее время [12], и времена возникновения пандемий вирусной природы за это время [13,14]. Чем больше пятен, тем больше солнечная активность, и – наоборот.

Таблица1 – Солнечная активность, числа Вольфа, W , эпидемии/пандемии

Годы минимумов солнечной активности	$W_{\text{мин}}$	Годы максимумов солнечной активности	$W_{\text{макс}}$	Годы пандемий		Число умерших
1901	4,58			1889 1990	Грипп	1 млн.
		1905/06/07	106/90/ 103			
1913	2,42					
		1917/18/19	173/134/ 106	1918 1920	«Испанка», грипп А H1N1	40-50 млн.
1923	9,66					
		1928	130			

1933/34	9,42					
		1937/1938	190			
1944	15,95					
		1947	152			
1954	4,41					
		1957/1958	190/185	1957	Азиатский грипп А H2N2	1,1-2 млн.
1964/65	10,2					
		1968/1970	106	1968 1969	Гонконгский - грипп А H3N2	1 млн.
1975/76	12,53			1976 1977	Вирус Эбола	
		1979/80/81	155/155/ 140	1981 2020	СПИД	Более 35 млн.
1986	13,4					
		1989	219		Эпидемия	70
1996/97	13,56					
		2002	177	2002	Атипичная пневмония SARS	77
				2003 2005	Птичий грипп	
2008/09	4,75			2009 2010	Свиной грипп H1N1	200 тыс.
		2014 2013/2016	122	2014 2016	Вирус Эбола Эпидемия	Более 103
				2015	Коронавирус - грипп MERS	85
2019/20	2,66			2019 2020	Коронавирус - грипп Covid-19	303 тыс.

Примечание: количество жертв, указанных в разных источниках данных, уточняется и поэтому не во всех из них одинаково.

Отметим, что известен ряд основных циклов солнечной активности излучения энергии с периодами 27 суток, 11 лет, 22 года и с более длительными периодами. Годовой цикл обусловлен вращением Земли по своей орбите. 11-летний цикл солнечной активности вызван перестройкой потоков вещества внутри Солнца. С этим периодом изменяется не только активность солнечного излучения, происходит переход «северного» гелиомагнитного полюса на «южный», а «южного» – на «северный», магнитные полюса Солнца меняются местами, а за 22 года полюса возвращаются обратно на прежние места [15].

Вот графики солнечной активности, которые построены на основе данных [12] (рис. 1):

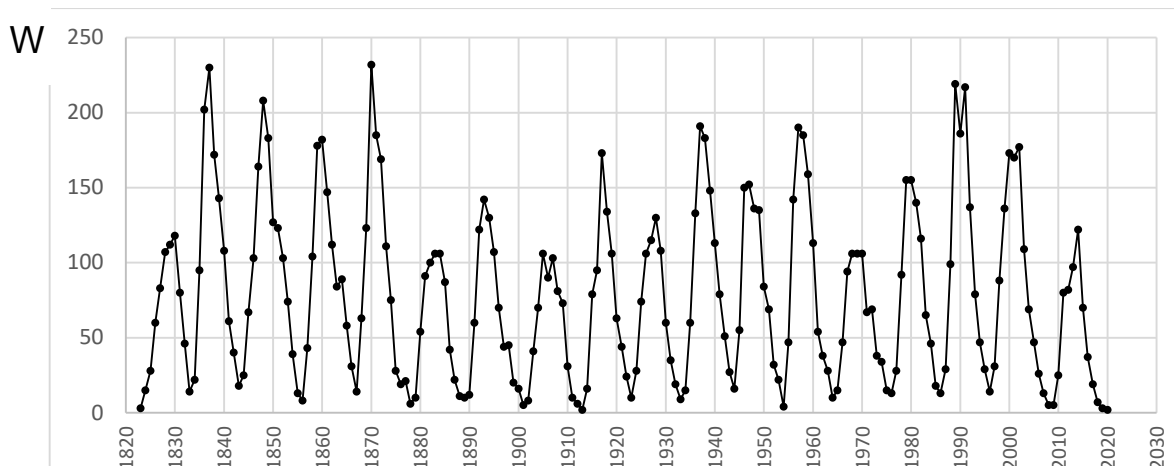


Рисунок 1 – Числа Вольфа W с 1823 по 2020 гг. - средние годовые

Наиболее крупные эпидемии, перешедшие в пандемии, произошли в 1889/1890, 1918/1920, 1957, 1968/1969, 1981/наст. время, 2009/2010, 2019/2020 гг. Все они произошли в интервалы времени около максимумов или минимумов солнечной активности: пандемии 1889/1890, 2009/2010 гг., а также нынешняя – 2019/2020 гг. – произошли во время минимумов солнечной активности, а 1918/1920, 1957, 1968/69, 1981 (начало, продолжается), 2003/2005, 2014-2016 – во время её максимумов. Совпадения по времени пандемий с максимумами солнечной активности подтверждает результаты наблюдений А.Л. Чижевского, однако случаи последних пандемий, произошедших с 1981 г. до настоящего времени, выходят за рамки полученных им результатов. По-видимому, и максимальная, и минимальная солнечные активности создают условия для активизации роста и развития вирусов, с одной стороны, и для снижения защитных сил растений, животных и населения, с другой. Иначе говоря, экстремальные солнечные активности создают стрессовые условия для физиологического состояния растений, животных и людей – вредны как большая, так и низкая активности, снижающие их иммунитет, с одной стороны, и активизирующие вирусы – с другой. Возможно также, что сдвиг приуроченности времён возникновения пандемий от максимумов солнечной активности к минимумам свидетельствует о переменах в генетическом механизме формирования вирусов и специфических мутациях на генетическом уровне.

Пандемия, проходящая в настоящее время, возникла во время минимума солнечной активности, и от предшествующей пандемии гриппа 2008-2009 гг. её отделяет период солнечной активности – 11 лет.

Рост числа заболеваний в интервалы, расположенные около максимумов или минимумов солнечной активности, подтверждается данными наблюдений 2020-2021 гг. на территории России, опубликованные Федеральным и региональным оперативными штабами РФ по борьбе с коронавирусом: наибольшее числа отмечены в зимнее и летнее время [16]. Особенно ярко проявляется этот рост в зимнее время – в ноябре-декабре, именно в это время в 2019 г. были зафиксированы первые заражения коронавирусом (рис. 2).

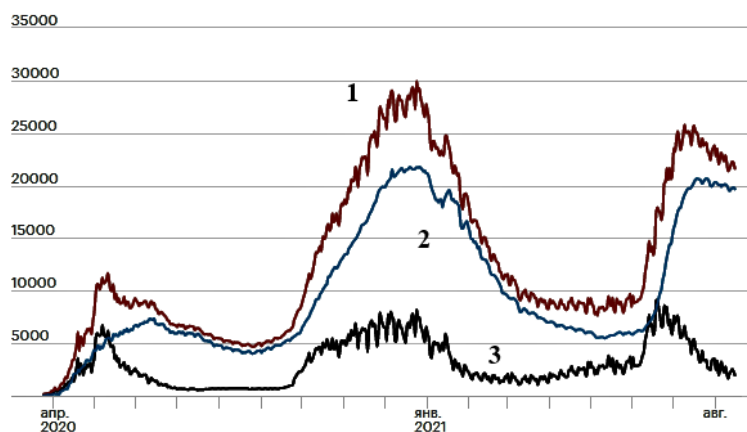


Рисунок 2 – Динамика заражения Covid-19 в России с апреля 2020 г. по август 2021 г.: 1 – по РФ, 2 – без учёта данных по г. Москва, 3 – по г. Москва (по данным на 15.08.2021 г.) [16]

Очевидно, что для получения точных данных о корреляции между эпидемиями и пандемиями с солнечной активностью необходимо проводить более детальные исследования, решение проблемы о влиянии солнечной активности на возникновение эпидемий и пандемий заключается в выяснении влияния всего спектра солнечного излучения на биологические организмы – гамма-излучения, рентгеновских лучей, ультрафиолетового, светового, инфракрасного излучения, радиоволн, а также элементарных частиц – «солнечного ветра», электронов, позитронов, протонов, нейтронов, ионов, как непосредственно, так и через магнитосферу и ионосферу. Такие исследования уже начаты и получены первые результаты, например, по воздействию ультрафиолетовых излучений различных длин волн, рентгеновских лучей и др., в т.ч. с учётом генетических характеристик вирусов [17,18,19].

В связи с проявлениями 11-летней периодичности возникновения пандемий, представляются важными ряд вопросов для науки и инженерии, для разработки защитных мер против пандемий, а также в плане развития нашей цивилизации в космическом пространстве: каковы конкретные механизмы влияния солнечной активности на формирование генома и на мутации генов? Раз пандемии имеют 11-летний цикл возникновения, то можно предвидеть их возникновение, прогнозировать, а значит принять меры по реагированию и предотвращению опасных для людей последствий. В частности, на основании данных динамики заболеваемости (рис. 2) можно заранее сказать, что в ноябре-декабре 2021 г. будет отмечен рост числа заражений вирусом.

Насущная необходимость противодействия пандемии 2019-2021 гг. предъявляет особые требования по подготовке специалистов нового типа, которые бы одновременно владели всесторонними знаниями из разных областей наук, способными вести комплексные, системные научные исследования по изучению причин возникновения эпидемий и пандемий, разрабатывать противовирусные препараты на основе методов геномной инженерии и микробиологии, предвидеть вероятности возникновения опасных для здоровья людей ситуаций, оценивать риски заболеваемости, вести постоянный комплексный эпидемиологический мониторинг и проводить эффективное лечение в случае заболеваний.

Мировой опыт встреч с пандемиями и эпидемиями явно показал, что человечество ещё недостаточно готово к прогнозированию, своевременной идентификации, мерам предотвращения и реагирования на них [20], несмотря на весь мощнейший современный научный, технический, инженерный и технологический потенциал. Сложность проблемы видится в многофакторности, лежащей в основе возникновения и развития вирусов, и поэтому она должна решаться представителями разных специальностей – комплексно и системно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Noffke N., Christian D., Wacey D., Hazen R.M. Microbially Induced Sedimentary Structures Recording an Ancient Ecosystem in the ca. 3.48 Billion-Year-Old Dresser Formation, Pilbara, Western Australia. *Astrobiology*, 13(12), 2013, p. 1103–1124.
2. Шкловский И.С. Жизнь, Вселенная, Разум. М.: Наука, 1980, 352 с.
3. Каримов Х.Х. Физиология и биохимия эфемероидов Западного Памиро-Алая. Душанбе: «Контраст», 2011, 168 с.
4. Каменева Е.Г., Софронов Г.А. Медицинский академический журнал, т. 14, №1, 2014, с. 66-69.
5. Холодов Ю.А. Магнетизм в биологии. М.: Наука, 1970, 98 с.
6. Мизун Ю.Г., Мизун П.Г. Космос и здоровье. М.: Знание, 1984, 144 с.
7. Karimov F.H. Some models for the magnetic properties of biological nano objects in the Earth magnetic field. Book of abstracts: Symposium on Computational Materials and Biological Sciences, 23-28 Sept. 2014., Dushanbe: Acad. Sc. RT., Dubna: JINR, 2014. p. 57-59.
8. Абдуалимов А.Т., Шерматов М. Актуальные проблемы физики природных полупроводниковых молекул. Материалы науч.-мет. конф. «Проблемы современной физики и преподавания точных наук», 20 мая 2019 г., г. Худжанд: ХГУ им. акад. Б. Гафурова, 2019, с. 8-12.
9. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь (2-ое изд.). М.: Мысль, 1973, 352 с.
10. Арутюнов Ю.И., Мишанькин Б.Н., Рыжков В.Ю., Заботин Н.А. Цикличность эпидемий чумы на континентах и связь их с солнечной активностью. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии, №1, 1998, с. 88-89.
11. <http://www.coronavirus.ravenpack.com>
12. Wikipedia, the free encyclopedia. List of epidemics.
13. Наука и борьба с Ковид-19. Дайджест межд. и рег. сотр. Счетная палата Российской Федерации, 2020.
14. <http://www.khabmeteo.ru/>
15. Бочкарёв Н.Г. Магнитные поля в Космосе. М.: Наука, 1985, 208 с.
16. Федеральный и региональный оперштабы РФ по борьбе с коронавирусом, 2021. <https://www.rbc.ru/story>
17. Kirkby Ch., Macenzie M. Is low dose of radiation therapy a potential treatment for the COVID-19 pneumonia? *Radiotherapy & Oncology*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2020.04.004>.
18. Карев А. Как УФ излучение уничтожает вирусы и помогает победить коронавирус, 2020. <http://Itcompany.com>
19. Vologzhanin D.A., Golota A.S., Kamilova T.A., Shneider O.V., Sherbak S.G. Genetics of Covid-19. *Journal of Clinical Practice*, v. 12, No 1, 2021, p. 41-52.
20. Philip H. Inevitable or avoidable? Despite the lessons of history, the world is not yet ready to face the next great plague. *EMBO Reports*, 8 (6), 2007, p. 531–534.

TO THE GEOPHYSICAL ANALYSES OF THE COVID-19's ORIGIN

F.H. Karimov

farshed_karimov@rambler.ru

Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

Abstract. In the present article it's noticed, that the last viruses epidemics and pandemics of 2008-2009 and 2019-2020 coincide with the minimums of solar activity and of 2003-2005 and 2014-2016 with its maximums. Some assumptions about possible physical factors of solar activity's influence on ecological environmental features have been made. Necessity marked up for the system approach to the solar activity influence on the viruses' physiology to endemics and pandemics risk reduction.

Key words: solar cycles, ecological challenges, biological cycles, pandemics, system studies, viruses' physiology.

УДК: 621.039

ГЛУБИННЫЙ ЯДЕРНЫЙ МОГИЛЬНИК В РОССИИ: УНИКАЛЬНОЕ НЕСООТВЕТСТВИЕ КАНОНАМ

*В.Н. Комлев komleva_ap@mail.ru
инженер-физик, Анатимы, Россия*

Аннотация. Рассмотрены геологические условия российской площадки глубинного захоронения радиоактивных отходов около Енисея. Не только изолированно в границах заданной площадки, как было принято прежде. Но и с учетом более масштабных факторов: тектоника литосферных плит, свойства ряда аналогичных функционально площадок в переходных условиях (Балтика-Енисей-Тихий океан), районирование локальной смежной территории по полезным ископаемым, наличие вблизи площадки других объектов захоронения. В таком смысловом соединении предложено изучать на стадии разведки главный для безопасности инженерно-геологический параметр горного массива – состояние подземной гидросферы. Отмечена необходимость надежной нормативно-правовой базы. По результатам первичных стадий работ по пункту глубинного захоронения РАО выявлены недостатки применения и исполнения законодательства и технических норм. Сформулировано предложение о правовой экспертизе подготовленных для участка «Енисейский» документов.

Ключевые слова: геологическое захоронение радиоактивных отходов, подземное строительство, могильник, безопасность, гидравлическая проницаемость пород, право, технические нормы, вечность, мера человечности.

Предисловие

Настоящая статья, как оценочное профессиональное суждение автора для попытки понимания долговременного будущего, посвящена анализу информации по теме захоронения особо опасных радиоактивных отходов (РАО) в России, опубликованной в открытых источниках. Хоронить РАО, безусловно, нужно. Но где и как?

В мировой практике использования ядерной энергии выделяют заключительную стадию ядерного топливного цикла (ЯТЦ), которую реализуют по одному из двух вариантов: с переработкой отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) или без нее. Важно, что оба варианта в части подземного строительства приводят к принципиально неразличимым подземным объектам глубинного/геологического захоронения либо отходов высокой активности (ВАО) и долгоживущих от переработки ОЯТ, либо непосредственно (прямое захоронение) ОЯТ.

Россия пока предпочитает основную часть ОЯТ перерабатывать и планирует создать в Красноярском крае, на участке «Енисейский», в пределах ЗАТО Железногорск, на промышленной территории ФГУП «Горно-химический комбинат» (ГХК) национальный/федеральный шахтного типа ПГЗРО (архейские гнейсы, на глубине 450-550 м) - пункт глубинного захоронения РАО 1 и 2 классов опасности, твердых. Речь идет об объекте ЯТЦ, у которого по международным представлениям перспектива на миллион лет экологических тревог и на сотни миллиардов долларов затрат только в обозримом будущем. По принципу условной паритетности военных и гражданских ядерных программ СССР/России и США объем российских РАО предположительно можно оценивать лишь в сравнении с американскими. А российский ПГЗРО в центре страны – с совокупностью двух (WIPP и Yucca Mountain) американских в приграничной (как и китайский Beishan) пустыне.

Основные черты ситуации

1. Методологические аспекты работы

Как известно, решение научно-технической задачи предусматривает в качестве основных несколько этапов/стадий/циклов. В частности, такие: выбор цели/проблемы/объекта, накопление фактов, их изучение, систематизацию и обобщение, построение логически стройной системы знаний и действий, проверка результатов с точки зрения их истинности и соответствия всем реальным условиям конкретного объекта. Должны быть также системный подход и социальная ответственность за свои действия и их последствия.

К сожалению, этапы обоснования национального ПГЗРО далеки от требуемых. Для первоначального объекта - ПГЗРО низшего уровня – цеха ГХК (функционально наравне с другим цехом захоронения жидких РАО) был определен участок «Енисейский». Затем статус объекта для того же участка, на том же уровне обоснования и изучения участка, повысили до национального ПГЗРО с потенцией перехода к международному. При этом для важного/ключевого действия - выбора площадки были «потеряны» должного наполнения и качества этапы сравнения с зарубежным опытом, рассмотрения российских альтернатив. Многие реальные условия участка «Енисейский» не были приняты во внимание, а его геология изучена слабо. Обсуждение результатов превратилось во многом в пиар без профессиональной аргументации.

Более подробно негатив методологии работ по ПГЗРО рассмотрен на конкретных примерах в ранних публикациях автора настоящей статьи. Принятая методология изначально не могла не привести к неудовлетворительному, скорей всего, итогу работ.

2. Законодательство и технические нормы

Связанные с любым местом размещения аспекты, прежде всего, безопасности федерального ПГЗРО принципиально нуждаются в надежном доказательстве на базе законодательства, норм и правил в области использования и охраны недр. Естественно, что должна быть уверенность в правильности/надежности самой базы – сформированной подборки регулирующих документов. В связи с этим, каждый из подготовленных, обычно в разное время и разными исполнителями (в том числе, разных ведомств), обосновывающих ПГЗРО материалов, по части законов и технических норм, целесообразно, видимо, тестировать. Используя разработанный внешними экспертами перечень необходимых для контроля регулирующих документов и их разделов/пунктов. Тестировать последовательно и порознь по факторам: **ОБОЗНАЧЕННЫЕ ИСПОЛНИТЕЛЯМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛИРУЮЩИЕ ДОКУМЕНТЫ** (в первую очередь, так как заведомое неприменение важных регулирующих документов/ошибочные ориентиры/ущербность выбранной для процедуры обоснования нормативно-правовой базы практически неизбежно порождают нарушения) и **ИСПОЛНЕНИЕ ЭТИХ ДОКУМЕНТОВ**.

К сожалению, при создании ПГЗРО присутствуют, похоже, непрофессиональная, несвязная, неполная и во многом неадекватная горно-геологическая трактовка истории, будущего и объемов работ, идентификации и свойств массива пород, некоторых других важных позиций, а также далеко не в полном объеме применение регулирующих документов (их исполнение и соответствие результатов нормам также далеки от безупречных), недостаточная открытость экономических показателей, принятых разрешительных документов, геологических материалов по участку «Енисейский».

Например, предписано (Закон № 190-ФЗ от 11 июля 2011 г. «Об обращении с радиоактивными отходами...», статья 12, п.2), что захоронение твердых высокоактивных долгоживущих и твердых среднеактивных долгоживущих радиоактивных отходов осуществляется в пунктах глубинного захоронения РАО, обеспечивающих локализацию таких отходов в соответствии с Законом о недрах. Стало быть, «в соответствии с Законом о недрах» относится и к Железногорску. Кстати, Закон о недрах рассматривал нормы захоронения РАО в рамках проблемы регулирования отношений при использовании недр в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, уже до и вне указаний Закона № 190-ФЗ. Поэтому, как только сложное многоэтапное обращение с особой опасности РАО доходит до захоронения, как только функцией создаваемого объекта объявляется обоснование (наука)

или реализация (промышленность) захоронения этих РАО - главенствующая роль и необходимость неукоснительного соблюдения переходят к Закону о недрах.

Не все причастные к проблеме об этом помнят. В «Стратегическом мастер-плане исследований в обоснование безопасности ПГЗРО в Нижнеканском массиве» для «строительства ПГЗРО и создаваемой “параллельно” с ним ПИЛ (подземной исследовательской лаборатории)» Закон о недрах не обозначен/отсутствует в качестве ориентира «в рамках горизонта планирования 2070 г.». Как и в препринте «Обоснование долговременной безопасности захоронения ОЯТ и РАО на 10 000 и более лет: методология и современное состояние». В как бы основополагающем (выпущен позже начала работ и оформления основных разрешений) документе «Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов» Закон о недрах не упоминается (раздел 2), зато объявляется вопреки Закону, что «создаваемые... сооружения ПИЛ ... предназначены для захоронения... РАО классов 1 и 2» (раздел 4). Закон о недрах, по мнению авторов отчета для Международного научно-технического центра, специалистов стратегического планирования захоронения РАО, ответственного исполнителя геологических работ на участке «Енисейский» и специалистов по проблеме захоронения реакторного графита (Т.А. Гупало, разделы 1.1, 2; А.А. Ковальчук; А.Ю. Озерский), к основе их решений не относится. В условиях действия лицензии Ростехнадзора ГН-01,02-304-3318 (п. 2) не прописано (по крайней мере, напрямую) обязательное выполнение Закона о недрах. В.А. Караулов (ОАО «Красноярская горно-геологическая компания») в выводах приложения 3 протокола ГКЗ № 4523 от 03-02-2016 - ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (с. 36) не указывает соответствие условий участка «Енисейский» Закону о недрах.

В 2015 г. ФБУ «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики» (ИБРАЭ РАН) отмечал, что до 2011 г. (участок «Енисейский» был уже запущен в работу, - В.К.) в России отсутствовали правовые требования по захоронению РАО. Это не соответствует действительности: уже действовали, например, Закон о недрах (1992 г.), НП-050-03 «Размещение ядерных установок ядерного топливного цикла (ЯУ ЯТЦ). Основные критерии и требования по обеспечению безопасности» (2003 г.) и НП-055-04 «Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности» (2004 г.). Неточности про Закон о недрах и федеральные НП, видимо, воспроизведены не один раз.

При выборе и экспертизе площадки и района ПГЗРО никем пока не задействованы федеральные нормы и правила НП-050-03, п. 1.1 которых напрямую их применение предписывает для такого случая. Хотя в перечне «Нормативные документы» на сайте ФГУП «НО РАО» (Национального оператора по обращению с радиоактивными отходами) НП-050-03 присутствуют, а Свидетельством Госкорпорации «Росатом» от 07.03.2012 № ГК-С008 ФГУП «НО РАО» было признано организацией, пригодной эксплуатировать ядерные установки. Если ПГЗРО не является ЯУ ЯТЦ, то какие эксплуатируемые ФГУП «НО РАО» сооружения ими являются? Не известно пока и полновесное применение документа НП-100-17 (Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Требования к составу и содержанию отчета по обоснованию безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов»), по смыслу расширенного набора требований тесно связанному с НП-050-03.

Труднопонимаем лицензируемый вид деятельности лицензии ГН-01,02-304-3318 (которая должна быть документом конкретных и однозначных действий в рамках строго определенной одной стадии пользования недрами, а также строго определенных объемов и типов РАО, а не основанием для опережающих волюнтаристских рассуждений о странных вариантах). Нужно еще доказать, что витиеватая (изобретено комплексное пользование недрами: воедино сведены наука, а также хранение, захоронение и ненормативная «окончательная изоляция» РАО!) формулировка вида деятельности в этой лицензии не противоречит терминологии и сути Закона о недрах, НП-055-14 (которые заменили НП-055-04), Закона о лицензировании и НП-050-03. Терминологии МАГАТЭ и устоявшимся представлениям о составе объектов ЯТЦ эта формулировка вряд ли соответствует.

Заявленный вид деятельности есть следствие попытки механистически объединить результаты разных по причинам, обстоятельствам и смыслу работ, выполнявшихся на территории и вблизи ГХК в связи с проблемой захоронения твердых РАО.

Даже в материалах к ФЦП ЯРБ-2 (Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 – 2020 годы и на период до 2030 года»), дополнительно к массе аналогичных публикаций в СМИ, представитель ФГУП «НО РАО» В.Я. Красильников излагает историю вопроса и суть лицензируемого вида деятельности, мягко говоря, лукаво. Достаточно сказать, что к 2000 г. (моменту возникновения лишь идеи участка «Енисейский») были не только найдены, но и изучены площадки на Новой Земле и территории ПО «Маяк» (ВНИИПромтехнологии – с 1970 г., ИГЕМ РАН – с 1992 г.), Кольском полуострове (Горный институт Кольского НЦ РАН), сформировано надежное научное направление поиска площадок такого ранга в пределах урановых месторождений, подкрепленное примерами площадок вблизи Краснокаменска (ИГЕМ РАН), вышло Распоряжение правительства России № 1576-р от 27.08.92 (подготовлено Институтом динамики геосфер и Горным институтом Кольского НЦ РАН) о создании ПИЛ на Кольском полуострове.

Выдающийся геолог, организатор науки и государственный деятель Н.П. Лаверов, при поддержке других лидеров ИГЕМ РАН, считал захоронение ВАО и создание подземной исследовательской лаборатории в урановых рудниках Краснокаменска единственно верным путем. А нынешние горняки готовы на практике доказать, что такой ПГЗРО будет надежным, эффективным и выгодным. Думаю, если не будет ненаучного противодействия со стороны администрации Енисейского проекта, то докажут для всех категорий РАО. Вероятно, не только для готовых подземных выработок Стрельцовского уранового поля, но и Печенгского медно-никелевого (см. статьи В.Н. Комлева о гипотетическом Печенгском ПГЗРО, хотя бы с 2016 г.). Оба альтернативных Железногорску и не худших варианта – это удачное географическое/геополитическое положение, детально изученная геология района и площадок рудников, отработанные горные технологии, практически полностью готовая инфраструктура, полная обеспеченность кадрами, избавление центральных регионов страны от значительных объемов опасных перевозок и другие позитивные факторы.

Для авторов и исполнителей Енисейского проекта Закон о недрах как бы не существует, а большинство лицензий они оформляют у распорядителя недр! При таком оформлении распорядитель недр, похоже, не очень внимателен. Это может привести к ошибочным трактовкам и действиям. Перефразируя мысль христианства и Ф.М. Достоевского, можно сказать: если Закона о недрах нет, то все дозволено.

Общим итогом перечисленных административно-процессуальных нарушений/системных ошибок/тотальной забывчивости/странной ментальности авторов Енисейского проекта можно, видимо, назвать фактическое неприменение (автоматически - невыполнение) статьи 12 (п.2) Закона № 190-ФЗ. Что, одновременно, обусловило несоответствие многих реалий создания ПГЗРО горно-геологическим нормам Закона о недрах и связанных с ним документов.

3. Ограничения промышленной территории ГХК

Вблизи площадки ПГЗРО уже имеются разные, ядерного топливного цикла, объекты долговременного размещения (хранение и захоронение) РАО и ОЯТ, комплекс переработки ОЯТ и другие в составе ядерно-космического кластера. Завершают захоронение промышленных реакторов ГХК по способу «на месте» и эксплуатируют полигон «Северный» (юрские осадочные пласты-коллекторы во впадине скального архейского фундамента, захоронение жидких РАО). Документом НП-050-03 предусмотрен, соответственно этому факту, «учет наличия в районе размещения и на площадке ЯУ ЯТЦ других действующих, сооружаемых и проектируемых объектов использования атомной энергии, зданий, относящихся к категории взрывопожарной и пожарной опасности, объектов, содержащих токсичные и коррозионно-активные вещества, а также транспортных путей, аварии на которых могут оказывать воздействие на ЯУ ЯТЦ» (п. 2.1 и 4.2.1).

Предусмотрены также «ограничения техногенного воздействия на ЯУ ЯТЦ действующих ядерных установок, расположенных в районе размещения и на площадке ЯУ ЯТЦ» (п. 2.5).

Рисунки публичных материалов обоснования лицензий - МОЛ (2015, 2018, 2020 и 2021 годов) для комплекса соседствующих объектов ГХК и Национального оператора дают обобщенную (более полную, нежели лишь в МОЛ-2015 только для пункта захоронения РАО) ситуационную картину промышленной территории ГХК, площадки ПГЗРО и сопряженных территорий (административные границы, горный и земельный отводы, геоморфология, геология). Промышленная территория ГХК («гнейсовый полуостров») на земной поверхности зажата между Енисеем и угленосными (и обводненными) образованиями юры (долина притока Енисея Большая Тель – долина Черского). От площадки ПГЗРО до Енисея – 4, 5 км, до юрских отложений в составе долины Черского – 2 км.

Если рассматривать геологическую ситуацию вглубь минимум до целевого интервала ПГЗРО, то картина еще тревожней. «Енисейский» и его соседи ГХК находятся в синем «море-океане» юры. Вмещающая «гнейсовый полуостров» промтерритории ГХК юра принадлежит Западно-Сибирскому артезианскому бассейну. Воды проводящих горизонтов имеют высокий напор. Многие скважины в интересующем районе фонтанируют. Считают (по повышенным показаниям фтора и хлора), что проводящие горизонты запитываются неиссякаемой восходящей глубинной водой по зоне Приенисейского (или Байкало/Саяно-Енисейского) глубинного разлома под долиной Енисея [1]. Восходящие потоки глубинной древней воды не могут быть локальным процессом. С помощью каких-либо технологий с ними вряд ли возможно справиться. Тем более, что они и их поведение уже в покрывающих отложениях юры вблизи «гнейсового полуострова» не изучены. Случайно последствия их присутствия зафиксированы в Енисейске. А где еще ими интересовались?

Кстати, аномальные хлор и углерод фиксировали в скважинах участка «Енисейский». Но тогда этот факт объяснили возможным влиянием ГХК (что тоже не может радовать, рассматривая эти элементы как индикатор перемещения подземных вод в гнейсах промышленной территории). Подземные воды «водонепроницаемой» зоны (целевого интервала) в сравнении с водами расположенной выше «относительно водоносной» зоны уже несут в себе заметные примеси (превышения ПДК) ряда микроэлементов (то есть, отличаются по составу от подземной воды, формируемой, преимущественно, атмосферными осадками). Отметим результаты трассерного опыта в скважине ПР-1: хаотичное изменение индикатора-третия в отбираемых на протяжении почти двух месяцев пробах воды целевого интервала (а не посторонний ли это тритий, хаотично перемещающийся в массиве, искажал результаты опыта?), существенное поступление жидкости извне, нестабильность по химическому составу воды процесса стабильного обводнения, поступление в изолированную зону опробования молодых инфильтрационных вод и их смешение с древними. В итоге, натурные исследования показали, что механизмы питания-разгрузки целевого интервала вряд ли ясны.

Сложный по структурно-тектоническим характеристикам «гнейсовый полуостров» контактирует по всему интервалу глубин с сотнями метров юрских отложений, содержащих водонасыщенные (возможно, и газонасыщенные из-за известного явления дегазации Земли по глубинным разломам) и водонапорные высокой проницаемости слои. Возможен, дополнительно к воде с земной поверхности (и даже как основной), механизм питания целевого интервала по проводящим зонам трещиноватых гнейсов глубинной водой (газом/метаном). Факт существования в гнейсах участка «Енисейский» восходящего потока подземных вод может получить еще одно обоснование. Предстоящая геологоразведка должна быть дополнена глубоким бурением (не менее 1 км, как было предусмотрено для участка ранее) не только по гнейсам, но и по юре (причем как вдоль восточной границы пород, так и западной).

Потребность изучать герметичность/проницаемость контакта «гнейсы-юра» на промышленной территории ГХК уже возникала в связи с полигоном ЖРО «Северный». Соответствующие работы были выполнены. Новые изучения контактов в связи с ПГЗРО

обусловлены не только возможностью обмена водой между гнейсами и юрой, но и необходимостью прогноза сохранения/изменения флюидного (вода, ЖРО) режима в контуре ПГЗРО – подземный комплекс ГХК – полигон «Северный».

Если контакт юры с «гнейсовым полуостровом» изначально недостаточно герметичен по воде и газу или потеряет/уменьшит герметичность по каким-либо техногенным причинам, то функционирование всех подземных объектов (в том числе, захоронения РАО) на промплощадке ГХК может осложниться. Свойства и потенциал контакта в плане безопасности должны быть надежно изучены до начала горных работ по ПГЗРО.

Эта промтерритория – место уже существующих наземных и подземных объектов, возможное взаимовлияние которых необходимо учитывать. Ее ресурс для размещения сейчас новых объектов ограничен или вообще исчерпан. Современный славный подземный комплекс ГХК с захороненными навечно реакторами (если говорить о интегральных свойствах горы - зона техногенного разуплотнения гнейсов, гигантские объемы вынудой скальной породы), как ни печально (после вывода из эксплуатации, нет вечных производств), – будущие каналы сбора воды и «естественных» водотоков, которые не улучшат и без того сложную в контексте ПГЗРО гидрогеологию общего массива.

К сожалению, гидрогеологические прогнозы на основе математического моделирования в связи с ПГЗРО выполняют чересчур упрощенно, без достаточной полноты исходных данных, при слабом соответствии модели реальности и ожиданиям – следовательно, прогнозы вряд ли надежны. Сценарии включают лишь сбор и фильтрацию воды с земной поверхности, структура и трещиноватость массива - взгляды до 2015 г. (которые многократно критиковались), не принимаются во внимание (при «горизонтах планирования» сто, тысячи и миллион лет) резервуары воды в массиве на 200-300 м выше целевого интервала захоронения РАО – техногенные пустоты ГХК, которые, скорее всего, заполнятся к тому времени водой. Как не учитывают и техногенные пустоты для резервуаров системы пожаротушения (которые будут заполняться из подземных запасов «ближайшей периферии»).

Два крупных подземных объекта (и потревоженный горный массив): не будет ли негативное воздействие друг на друга и на породный целик между ними уже на стадии строительства ПГЗРО? С юга чередой, практически впритык, – Железнодорожск, Сосновоборск и Красноярск.

В США, Китае, Швеции и Финляндии целевой горизонт ПГЗРО запланировано вскрывать наклонными спиралеподобными технологическими выработками – туннелями за внешним контуром зоны захоронения РАО [2]. Туннелями вскрывали и подземный комплекс ГХК. В концептуальных проектах Горного института Кольского НЦ РАН для подхода к целевому интервалу предложено использовать принципиально похожую на зарубежный вариант обособленную выработку – многофункциональный уклон (например, Концепция подземного хранилища отработавшего ядерного топлива судовых ядерных энергетических установок на Кольском полуострове). ИГЕМ РАН вблизи Краснокаменска предлагает создавать подземный объект изоляции ОЯТ (возможно, с международным статусом) штольневой типа.

А ПГЗРО на промышленной территории ГХК начинают вертикальными технологическими стволами непосредственно в будущую рабочую зону [2]. Не следствие ли это тесноты на гнейсовом «полуострове»? Кроме того, такие стволы на стадии автономного существования ПГЗРО (даже при качественном заполнении их внутреннего свободного/технологического объема, например, бентонитом) могут быть эффективными рукотворными «водосточными трубами/коллекторами» для поступления воды в подземный комплекс с земной поверхности и из массива (скорее всего, так как бетон/тюбинги их стенок без ремонта не сохраняют герметичность и сотню лет - потекут). И никакие памперсы на стенках ПИЛ по планам подземных исследований не дадут прогноза долговременного флюидного режима в зоне РАО.

Впервые (с помощью стволов «под одной крышей») так предлагали строить ПГЗРО и в пределах санитарно-защитной зоны ПО «Маяк». Более того, из-за перегруженности промышленной территории наземными объектами и разломными зонами был предложен вариант отказа здесь от ПГЗРО шахтного типа и перехода к захоронению ВАО в скважинах большого диаметра, пробуренных с поверхности. То есть, подход, порождающий тесноту, осознан давно соответственно общему стремлению Росатома, вопреки мировой тенденции (тем более, ее лучшим проявлениям, например, в Германии), создавать федеральные пункты захоронения РАО на пока охраняемых территориях своих крупных уже действующих производственных комплексов (Новоуральск, Озерск, Северск, Железногорск), обрамляя южную часть Западно-Сибирской низменности – нефтегазовой провинции (усиливая потенциальные риски штатного и аварийного ее радиационного загрязнения). Подземного пространства для надежного маневра выработками ПГЗРО в таком назначенном варианте (при горно-геологических осложнениях или желаемом наращивании объемов захоронения РАО/строительстве новых очередей объекта) при этом, похоже, нет.

4. Геологические ограничения участка и района

Участок «Енисейский» принадлежит Атамановскому кряжу Саян - тектоническому узлу Западно-Сибирской плиты, Сибирской платформы и Алтае-Саянской орогенической области. Русло и берега Енисея, маркирующего глобальную континентальную неоднородность/глобальный геологический переход, не будут миллион лет безразличными к динамике земной коры, наложенной на динамику реки. В пределах той же промышленной территории комплексно следят за состоянием горного массива объекта-аналога (см. протокол ГКЗ, В.А. Караулов и А.А. Верчеба). Кстати, до начала строительства подземных объектов ГХК скальный массив в гидрогеологическом отношении был практически не изучен.

Массив участка «Енисейский» сложен. Особое внимание при его изучении и эксплуатации должно быть уделено флюидному режиму, влиянию разломно-блоковой структуры земной коры на состояние подземной гидросферы. Важно не только наличие в массиве блоков с относительно низкой водопроницаемостью, но и наличие по их границам зон повышенной водопроницаемости (мощностью 0,2-13 м). В условиях масштабных горных работ и последующего автономного функционирования многозвенного ПГЗРО с прогревом пород и подземных вод до 100-150 градусов, при благоприятных для образования трещин растягивающих напряжениях в горе и ее «потряхивании» отголосками землетрясений в соседних регионах, именно сеть таких границ будет определять безусловное присутствие и динамику воды в массиве и горных выработках с РАО – главный фактор выноса радиоактивности.

На исходную/природную монолитность пород ПГЗРО трудно рассчитывать в принципе, исходя из представлений о процессах в земной коре. Север (Заангарье) и юг (Саяны) региона - провинции месторождений золота и урана, генетически обусловленные геодинамической историей территории. Кроме того, «Грандиозность позднемиоценовых движений можно считать доказанной и надежда, что гнейсы в районе участка «Енисейский» ими не затронуты – явный самообман. К тому же в течение кайнозоя... были новые... подвижки, о чем свидетельствуют разломы... Подновления разломов происходят иногда и сейчас», породы целевого интервала для ПГЗРО выходят на поверхность вне участка «Енисейский» [3]. Они могут быть независимо изучены там. Результатом движений является и неоднократно рассмотренный сброс размером не менее 200 м на глубине 500 м полигона «Северный». Следы разнонаправленных подвижек с потерей консолидации гнейсов на участке «Енисейский» и пример непрекращающегося поступления через целевой интервал воды массива в скважину отмечены в упомянутом протоколе ГКЗ.

Для полигона «Северный», вмещающие пласты-коллекторы скальные породы которого и участка «Енисейский» однотипны, не исключена возможность гидрологической связи поверхностных вод с областью разгрузки загрязненных подземных горизонтов. Эти же породы средней трещиноватости, вмещающие один из подземных объектов ГХК, содержат жильные включения, немногочисленные (мощностью до 0,5 м) зоны расланцевания и

дробления. Однако имеется и зона дробления мощностью до 40 м, а также мощная зона рассланцевания [4]. Утверждают важное обстоятельство: достоверные исторические и современные инструментальные данные о сейсмичности этого района отсутствуют [5].

Анализ изучения участка «Енисейский» (многочисленные публикации В.Н. Татаринова с коллегами) выявил целый ряд существенных пробелов и неопределенностей в информации о геологической среде, которая необходима, согласно существующим нормативным документам. Например, глубокие скважины были пройдены за пределами структурного тектонического блока, в котором запланировано размещение ПГЗРО. Отсутствует описание керна скважин, нет достоверной геологической карты земной поверхности масштаба 1:2000. Кроме этого, часть экспериментального материала, в частности, данных геофизического изучения участка, была утеряна и т.д.

Район участка «Енисейский» относится к зоне активного орогенеза, т. е. процесс его формирования как горного сооружения еще не закончен. Поэтому «подходящие» гидрогеологические условия и характеристики в таком блоке, существующие на момент начала строительства ПГЗРО, не могут гарантироваться на весь проектируемый срок его эксплуатации. За длительный период геодинамические процессы способны кардинально изменить гидрогеологический режим в геологической среде, но наибольшую угрозу представляет вероятность тектонической деструкции структурно-тектонических блоков. Участок «Енисейский» располагается на северо-западной границе Нижнеканского гранитоидного массива и вмещающих его докембрийских толщ гнейсов. Точнее, полностью в гнейсах вблизи границы с гранитами и осадочными породами. Такие зоны экзоконтактов магматических тел, как правило, отличаются повышенной трещиноватостью и структурной неоднородностью.

Тектоническая мотивация выбора участка «Енисейский» до конца не обоснована: разломы на данной территории в настоящее время являются активными, скорости относительных вертикальных движений и зоны динамического влияния активных разломов, слабо изученные, сравнительно с нормами, возможно, велики. С точки зрения геодинамики района (как и по ряду многократно рассмотренных нами других причин, - В.К.), включая новые данные о горизонтальных движениях блоков, при обосновании долговременной безопасности захоронения высокоактивных РАО в породах массива нельзя замыкаться на исследованиях только в подземных выработках ПИЛ. Согласно НП-055-14 (п. 53), породный массив должен быть однородной структуры и низкой трещиноватости; целесообразно размещение площадки в районах, не испытывающих интенсивные тектонические движения.

Юрские отложения Западно-Сибирского плитного комплекса вторгаются на сопряженную территорию достаточно близко от площадки ПГЗРО (восточнее) в виде широкой долины Черского (а также юго-западнее). К возможности проявлений угля на участке «Енисейский» и в окрестностях (на путях питания/разгрузки подземных вод) с разных позиций (полезные ископаемые, подземные пожары, геомеханика, гидрогеология) необходимо относиться очень внимательно. Это ведь промышленная территория ГХК в контурах Канско-Ачинского угольного бассейна, Приенисейского горнопромышленного района. И соседние с ней районы Красноярского края (Сухобузимский, Березовский, Емельяновский) – часть угленосной (с проявлениями урана) провинции. А статус ЗАТО вряд ли предполагал проведение здесь ранее изысканий по части полезных ископаемых. Возможно, по этой причине зафиксировано мнение в протоколе ГКЗ, что на участке «Енисейский» полезные ископаемые отсутствуют.

Месторождения угля с водой - весомое основание для отказа от площадки/участка ПГЗРО в целом, а не только от отдельного блока! Даже перспективное захоронение РАО аналогично компании Deep Isolation на горизонтальных интервалах глубоких скважин здесь вряд ли применимо. В протоколе ГКЗ информация о углях не замечена. Необходима, видимо, ревизия представленных на экспертизу геологических данных и дальнейшее изучение участка на стадии детальной разведки до начала горных работ.

В период интереса к настоящему Нижнеканскому массиву (гранитоидов) геологами ООО «Енисейнефтегаз» была выполнена комплексная оценка его южной части на предмет геодинамической активности и монолитности. В том числе, на основе геохимических исследований. В частности, при газовой съемке выявлены устойчивые аномалии повышенных содержаний углекислого газа и (предположительно, глубинных) углеводородов (особенно метана) [6]. Необходима подобная оценка и применительно к гнейсовому «полуострову» ГХК (содержащему участок «Енисейский») с его разнообразными контактами.

Создание российского ПГЗРО и соответствующее пользование недрами позиционируют как абсолютно безопасное дело. Такая позиция – результат ошибочных взглядов, сформированных ранее: «Главной гарантией является гидрогеологическая характеристика горной породы, которая образовалась в архей-протерозойский период развития Земли (от 2500 до 541 ± 1 млн лет назад). За это время разрушению подверглись только первые 30 метров пород массива (и стали доступны для проникновения поверхностных вод). По прогнозам вода с поверхности попадет в зону размещения отходов не ранее, чем через 15 миллионов лет. Срок потенциальной опасности объекта оценивается в 2 миллиона лет. Геологическая среда является основным барьером по обеспечению экологической безопасности. Зона размещения объекта находится в горных породах (водонепроницаемых с застойным режимом трещинно-поровых вод). Движение подземных вод носит нисходящий характер и не выходит на поверхность» [7].

Однако, в последние годы представления о геологических условиях участка «Енисейский» и их соответствии существующим нормам, с учетом требований Закона о недрах, коренным образом меняются. Не только у «сторонних» специалистов. Важно, что и у исполнителей работ по ПГЗРО появляется признание справедливости, на примере выбранных ими самостоятельно для рассмотрения фрагментов и с дополнительной аргументацией, известной критики Енисейского проекта. С высказанными при этом необходимостью совершенствования нормативных документов и с выводом «Можно ли говорить о том, что решение, принятое на основе несовершенных документов, обеспечит безопасность ПГЗРО в будущем? По-видимому, нет. На данном этапе можно говорить лишь о формальном соответствии изученного участка недр требованиям государственных органов» нельзя не согласиться. Добавим, что и с «формальным соответствием» не все благополучно. Хотелось бы увидеть в дальнейшем честный профессиональный анализ ВСЕХ имеющих отношение к делу документов и ВСЕГО объема критических замечаний по ПГЗРО на участке «Енисейский».

5. Взгляд за пределы участка «Енисейский», территории ГХК, района работ и нашего времени

Российский ПГЗРО - природно-техногенная генерирующая энергию геосистема сложного внутриконтинентального перехода, входящая в эффективный водосборный бассейн Енисея. А если это будет прототипом/надеждой для дальнейшего развития идеи (в каком направлении?) за рубежом? В настоящее время сброс жидких РАО Фукусимы в океан все более приобретает черты плановой неизбежной практики. И ураганы самовольно моют территорию. Но здесь ждут и много твердых РАО.

При демонтаже/выводе из эксплуатации ядерных объектов Японии, Республики Корея и КНДР (серьезный рынок полного цикла услуг в части ядерных технологий «бэк-энд») где-то будут хоронить значительные объемы образующихся при этом РАО. Где? Если в национальном варианте, то фактически – в еще более сложной переходной зоне «суша-море». Других территорий у этих стран нет. Для такой переходной зоны были и российские предложения: научные и управленческие. Этот вариант, конечно, не будет аналогом Балтики, где побережье и дно (граниты) осваивают для ПГЗРО Швеция и Финляндия. И, скорей всего, потребуются обоснование или обоснованный запрет (например, во имя защиты общего Тихого океана) при, вероятно, внимательном постоянном сравнении с потенцией

амбициозного (конкурентные преимущества и возможность предельного повышения статуса ПГЗРО [8]) Енисейского проекта.

ПГЗРО – вечность в рамках жизни человечества. Но пока концепция его создания и реальные дела вряд ли учитывают нарождающиеся процессы даже ближайших ста лет. Прогнозы долговременной обеспеченности углеводородами (традиционные нефть и газ, неорганические/глубинные нефть и газ, газогидраты), новые энергетические технологии (на основе возобновляемых источников, термоядерные и другие), экологические трудности и риски переработки ОЯТ, принцип нераспространения – все это и, возможно, другое могут достаточно быстро обернуться ненужностью/невозможностью массовой переработки ОЯТ и общемировой потребностью его прямого захоронения (и сейчас уже значимого). Соответственно, необходимость в ПГЗРО и требования к нему резко повысятся.

В контексте вечности создаваемого объекта ЯТЦ необходимо глубокое понимание человека и общества. И учет этого. Например, на базе художественного, религиозного и философского наследия Ф.М. Достоевского и опыта исследователей его творчества. В год 200-летия со дня рождения выдающегося русского писателя не лишне еще раз об этом напомнить. Решению проблемы ПГЗРО не помешает доброжелательная интеллектуальная помощь гуманитарного сообщества для исправления сложившихся однобоких, с чрезмерными геополитическими надеждами и рыночной экспансией, некачественных естественнонаучных и технократических «правил игры» [9,10].

Послесловие

При создании ПГЗРО на всех этапах работ безусловным и обязательным является применение и исполнение статьи 12 (п.2) Закона № 190-ФЗ ОБ ОБРАЩЕНИИ С РАО.

Многие аспекты безопасности федерального пункта захоронения радиоактивных отходов нуждаются в дополнительном надежном доказательстве на базе разведочной стадии геологического изучения площадки, а также законодательства, норм и правил в области использования и охраны недр. Эти мысли никем не отрицаются, но и не порождают, к сожалению, адекватного действия по их реализации.

При утверждении «стройка века и на века» геология дела (главный гарант масштабной безопасности) должна быть изучена полно и безупречно. Этот этап работ уж совсем не должен сопровождаться комплексом нарушений, как предшествующий. Ведь в ИБРАЭ РАН (научное руководство Енисейским проектом) не исключают, «что спустя несколько десятков лет мы вынуждены будем... искать другое место» [11]. Хотя, например, комиссия по экологии Общественного совета Госкорпорации «Росатом» вообще не видит какие-либо работы по Красноярскому ПГЗРО приоритетными в 2021 году.

Материалы выбора, изучения и обоснования района и площадки размещения ПГЗРО (геологические задания и проекты на выполнение поисковой и оценочной стадий изучения участка «Енисейский», планируемое геологическое задание на разведочную стадию, геологические отчеты по работам предварительных стадий, протоколы ГКЗ по рассмотрению работ, прежде всего, № 4523 от 03-02-2016), документ «Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов», проект ПГЗРО, лицензии на изучение массива участка «Енисейский» с земной поверхности и изнутри (из ПИЛ), создание ПГЗРО и захоронение РАО, как отражающие все отдельные и важные этапы пользования недрами, должны для повышения безопасности неукоснительно соответствовать ЗАКОНУ О НЕДРАХ (с сопутствующими документами), НП-055-14, ЗАКОНУ О ЛИЦЕНЗИРОВАНИИ и, возможно, НП-050-03, которыми в дело давно введены географо-горно-геологические критерии, по факту недостаточно применявшиеся до сих пор, а также научному подходу к решению проблемы и отобранном временем лучшим образцам международного опыта.

Целесообразна не только геологическая (как предлагалось ранее в других публикациях автора), но отдельно и правовая экспертиза (исследование документов, их анализ на соответствие формы и содержания действующему законодательству РФ, как в настоящий момент, так и ретроспективе) всего набора перечисленных выше документов. Возможно, в свете Приказа Генпрокурора РФ И.В. Краснова «Об организации прокурорского

надзора за исполнением законодательства в экологической сфере» (письмо № 198 от 15.04.2021).

Гнейсы как таковые, глобальной (плита-платформа) и локальной (древние гнейсы и относительно молодая интрузия гранитов вблизи мощных еще более молодых юрских осадков) переходных зон, находящиеся предположительно в контакте с зоной восходящей разгрузки глубинных напорных вод, ограниченные в размерах, назначенные без должного для национального ПГЗРО выбора, без детальной разведки, без возможности профессиональной и объективной оценки безопасности, с выявленными негативными инженерно-геологическими характеристиками, уже нагруженные стратегическими объектами ядерной и космической отраслей, а также хранилищами и могильниками РАО, в контуре угольного бассейна/провинции месторождений полезных ископаемых, в центре страны (при сложной схеме транспортировки РАО разных поставщиков), вблизи крупной реки и города-миллионника/городской агломерации Красноярска (а не в приграничной пустыне, как в США и Китае), не соответствующие по ряду критериев требованиям законодательства и технических норм, международным подходам!

Все это в сочетании с отсутствием у специалистов ИБРАЭ РАН (научный руководитель) и ФГУП «НО РАО» (ответственный исполнитель) убедительного подтверждения на должном уровне системного подхода, а также знания, понимания и умения относительно проблемы ПГЗРО, понимания цивилизационного, естественнонаучного и технического смыслов ПГЗРО. А есть ли вообще подобное в практике выбора площадок для крупных национальных захоронений РАО наивысшей опасности? Автор настоящей статьи не знает таких примеров. Участок «Енисейский» уникален своим несоответствием мировому научно-техническому и социально-гуманитарному опыту.

И еще. Пожалуй, необходимо признать всем причастным к делу важное обстоятельство из сферы регулирующих документов ([12], см. также дополнительно ниже):

I. ПГЗРО НА УЧАСТКЕ «ЕНИСЕЙСКИЙ» ЯВЛЯЕТСЯ ЯДЕРНЫМ ОБЪЕКТОМ (УСТАНОВКОЙ, СООРУЖЕНИЕМ, КОМПЛЕКСОМ) ЯТЦ: 1. Напрямую, соответственно принятому международным сообществом составу объектов ЯТЦ; 2. Напрямую, соответственно п.1.1 НП-050-03; 3. Аналогично статусу всех/других объектов обращения с РАО на промышленной территории ГХК, технологических спутников ГХК, на которые распространяются Нормы и Правила для ЯУ ЯТЦ и для которых оформляются Заключения по ядерной безопасности; 4. Соответственно термину МАГАТЭ в контексте Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами; 5. Соответственно комплексному смыслу применяемого политологами/политиками термина «ядерная безопасность» [13];

II. ДЕЙСТВИЕ НП-050-03 НА ПГЗРО участка «Енисейский» РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ (как и на другие ядерные объекты промышленной территории ГХК). Этот документ должен быть задействован при анализе безопасности взаимоотношений объектов ГХК между собой и с их соседями.

Полезно, вероятно, выйти из повторяющейся (вспомним планы могильника при ПО «Маяк») ситуации сложной тесноты, отказаться от идеи «под одной крышей», найти для федерального (!) ПГЗРО другую территорию/площадку (без явной негативной уникальности) – разгрузить ЗАТО Железнодорожный и промышленную территорию ГХК («фундамент»). Наиболее потенциально пригодные районы с готовой инфраструктурой известны – Стрельцовское рудное поле в Забайкалье и Кольский полуостров. Переход на другие площадки может быть модернизацией планов ради сохранения главных смыслов идеи надежного ПГЗРО в России и главных подземных стратегических объектов ГХК и АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва». Тревога за эти объекты вполне обоснована. В июне 2021 г. Ростехнадзор приостановил действие лицензии на эксплуатацию одного из них. Модернизация планов необходима ради, разумеется, также безопасности, как минимум, Красноярского края и Енисея, чтобы не искать деньги и не тратиться потом на нечто похожее проекту «Безопасные воды Арктики»

(см. [14]), чтобы не множить число ликвидаторов. В последние годы, например, заметно увеличилось содержание плутония в биоте и осадках Енисея [15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Озерский А.Ю., Иванова Т.П. Фтор в подземных водах юрских отложений юго-востока Западно-Сибирского бассейна / Подземная гидросфера. Материалы XXIII Всероссийского совещания по подземным водам востока России. - Иркутск. - 2021. - С. 521-526.
2. Способы строительства ПГЗРО в разных странах: США (<https://www.atomic-energy.ru/news/2020/02/28/101784>), Китае (<http://bezrao.ru/n/4610>; <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/06/23/114932>; <https://bezrao.ru/n/4384>), Швеции (<https://bezrao.ru/n/3381>), Финляндии (<https://bezrao.ru/n/72>) и России (<http://bezrao.ru/n/1038>; <https://www.atomic-energy.ru/news/2017/01/11/65022>).
3. Васильев Н.Ф. Отзыв на статью // Уральский геологический журнал. 2021. № 1. С. 58-59.
4. Зверев А.Б. Результаты натурных исследований устойчивости камерных сооружений подземной атомной станции. Тезисы докладов международной конференции «Использование подземного пространства страны для повышения безопасности ядерной энергетики», Апатиты, 1992.
5. Дзедобоев Б.А., Гвишиани А.Д., Белов И.О. и др. Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений на основе алгоритма с единственным чистым классом обучения: I. Алтай–Саяны–Прибайкалье. $M \geq 6.0$ // Физика Земли. - 2019. - №4. - С. 33-47.
6. Копылов И.С., Чусов М.В. Результаты зимней геохимической съемки на Нижнеканском гранитоидном массиве для оценки геодинамической активности (<http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/GIGGB-2021.pdf>).
7. Понизов Антон, Распопов Эдуард. Красноярский «могильник»: разговор начистоту (<http://online.newslab.ru/noran>).
8. Возможность дальнейшего (второй раз: от федерального к международному) изменения статуса ПГЗРО: разделы 1.1, 1.4, 1.5 <https://www.osti.gov/servlets/purl/877906-STrTSU/>, <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/07/01/115145>, <https://www.rosatom.ru/journalist/news/ao-tvel-naznacheno-bazovoy-organizatsiye-sng-povoprosam-likvidatsii-yadernogo-naslediya/>, <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/06/08/114625>, <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/06/01/114399>, <http://bezrao.ru/n/4437>, <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/04/22/113523>, <http://www.atomic-energy.ru/interviews/2017/01/16/71717>, <http://www.atomic-energy.ru/interviews/2018/03/15/84085>.
9. Комлева Елена. Ядерное человечество и Ф.М. Достоевский (<http://www.mstu.edu.ru/science/actions/conferences/files/gum2011-9.pdf>).
10. Комлева Е.В. Статьи в журнале «Север промышленный» №№ 5 (10) 2007, 6-7 (11) 2007, 10-11 (26-27) 2008, октябрь 2009, 1 (36) 2011 (<https://helion-ltd.ru/nuclear-children/>), а также на сайтах http://www.intelros.ru/pdf/Week%20globalizastii/2011_2/140-149.pdf, <http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2008/1/Komleva/>, <http://www.arcticandnorth.ru/upload/iblock/16d/3.pdf>, <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=6309> и других.
11. Представители Российской академии наук ответили на вопросы о подземной лаборатории (<https://www.atomic-energy.ru/news/2020/07/16/105480>).
12. Комлев В.Н. Российский подземный объект заключительной стадии ядерного топливного цикла: необходимость правовой экспертизы обоснования площадки // Горно-геологический журнал. 2021, № 1-2 (65-66). – С. 30-36.

13. Золотухин И.Н., Бобыло А.М. Ядерная безопасность в Юго-Восточной Азии: вызовы и направления сотрудничества // Ойкумена. Регионоведческие исследования. 2020. № 4. С. 137–147.

14. Россия прорабатывает вопрос по обращению с затопленными РАО (<http://bezrao.ru/n/4566>). Утечка дизельного топлива в Норильске (материал из Википедии). Агония на Ангаре (<https://novayagazeta.ru/articles/2021/06/13/agoniia-na-angare>). Черный день «РУСАЛА» (<https://uranbator.ru/64793/>).

15. Tatiana Zotina, Michail Melgunov, Dmitry Dementyev, Leonid Miroshnichenko, Yuliyana Alexandrova. A comparative study of biota and sediments as monitors of plutonium in the Yenisei River (Siberia, Russia). *Journal of Environmental Radioactivity*, Volume 237, October 2021.

DEEP NUCLEAR GRAVE IN RUSSIA: UNIQUE CANONAL MISCONFORMITY

V.N. Komlev

engineer-physicist, Apatity, Russia

Abstract. The geological conditions of the Russian site for deep burial of radioactive waste near the Yenisei are considered. Not only isolated within the boundaries of a given site, as was the case before. But also taking into account more ambitious factors: tectonics of lithospheric plates, properties of a number of functionally similar sites in transitional conditions (Baltic-Yenisei-Pacific Ocean), zoning of the local adjacent territory by mineral resources, the presence of other disposal facilities near the site. In such a semantic connection, it is proposed to study at the exploration stage the main engineering-geological parameter of the rock mass for safety - the state of the underground hydrosphere. The need reliable regulatory and legal framework was noted. Based on the results of the initial stages of work on the deep disposal site for radioactive waste, shortcomings in the application and implementation of legislation and technical standards were identified. A proposal was formulated for a legal examination of documents prepared for the Yeniseisky site. In addition, an assessment of the general situation by representatives of the humanities can be useful.

Keywords: geological disposal of radioactive waste, underground construction, waste storage facility, safety, hydraulic permeability rocks, law, technical regulations, eternity, measure of humanity.

УДК 572.02,73,512+551.1,4

СВЯЗЬ КРАНИОМЕТРИИ ЧЕЛОВЕКА С КОЛЕБАНИЯМИ ЛИТОСФЕРЫ (ЩИТ-БАСЕЙН)

Г.Г. Кочемасов

*Институт геологии рудных месторождений, минералогии, петрографии и геохимии (ИГЕМ)
РАН*

Аннотация. Волновое строение Земли, выявленное в разных масштабах твердой Земли, может быть продемонстрировано и в антропосфере. Строение человека связано с особенностями тектоники на разных ее участках, начиная с полусферной-сегментной дихотомии и продолжаясь в тектонических секторах и гранулах-зернах. Особенности человека проявляются в его массе, росте, больших расах, строении черепа.

Ключевые слова: волновая тектоника, Земля, антропология, масса тела, краниология.

Эталонным примером связи между глубинным строением Земли и морфологией и черепом человека является тектоническая дихотомия Земли и населяющие полушария человеческие популяции. В течении первых тысяч лет со времени заселения Океании человеком его морфология и форма черепа приобрели определенные характеристические параметры. Речь идет о повышенной массивности тела и короткоголовости океанийцев. Обе эти черты характеризуют полинезийцев и алеутов. Короткоголовость действительно приобретенная черта, так как в пещерах островов с останками древних предков черепа

удлиненные. То же можно сказать и об ископаемых останках алеутов, черепа которых наблюдал А.Грдличка [9, с. 166]

В антиподальной Тихому океану африканской области характеристика популяций прямо противоположна: африкоиды резко уступают тихоокеанцам в массивности и неизбежно длинноголовы с древних времен. Такое контрастное сопоставление подтверждает заключение о причинной связи между массивностью тела и форме черепной коробки. Массивное тело способно поддерживать асимметричную голову, более грацильное тело требует более симметрично расположенную равновесную за счет удлиненного затылка голову. Кстати, положительная связь между ростом и удлинением черепа (за некоторыми важными исключениями) установлена уже довольно давно [8, с.11].

С учетом этой важной анатомической связи можно понять другой хорошо установленный мировой процесс – брахикефализацию, которой уделял первостепенное значение В.В. Бунак [6, с. 21: 7, с.86]. Причиной ее мог быть также установленный процесс увеличения массы (роста) человека со временем. Это увеличение находится в прямой связи с установленным уменьшением скорости вращения Земли. В прошлом, еще в палеозое Земля могла вращаться намного быстрее. С постепенным замедлением в связи с эволюцией системы Земля-Луна находился рост массивности определенных видов в биосфере, например, динозавров. Дойдя до определенной массивности, потеряв возможность к поддержанию фертильности, почти все виды этих гигантов постепенно исчезли (сравнить с судьбой мамонтов, неандертальцев, исчезающих полинезийцев). Итак, намечается следующая связь: замедление вращения Земли – увеличение массивности человека – брахикефализация. Этот планетарный процесс не охватывает Африку и ее насельников. Объясняется это тем, что Африканский континент, как часть волновой структуры Земли, испытывает постоянное поднятие, хорошо документированное геологически. Этот процесс ведет к развитию на континенте определенных менее плотных (массивных) геологических формаций, а в антропосфере грацильных человеческих популяций, члены которых, соответственно, характеризуются длинноголовостью [8, с.11].

В ходе эволюции пестрый антропологический покров – антропосфера приобрела глобальную закономерность строения, охарактеризованную следующим образом А. Пестряковым и О.Григорьевой. Южная половина Восточного континентального полушария населена длинноголовыми и высокоголовыми, в северной части полушария преобладают короткоголовые и низкоголовые, в Западном тихоокеанском полушарии распространены круглоголовые [12, с.86].

На фоне этого покрова, тем не менее, наблюдаются определенные регулярные геологические закономерности и связанные с ними особенности строения черепа. Как в северном, так и в южном полушариях наблюдаются широтные цепочки древних платформ с поднятиями фундамента. На территориях этих образований развились человеческие популяции с характерной длинноголовостью. Этот процесс охватывает все пять больших человеческих рас и является, таким образом, надрасовым. Эта всемирная закономерность не знает в отличие от глобальной брахикефализации исключений.

В северном полушарии цепочка состоит из трех докембрийских платформ ($\pi R/4$ волновые структуры, где R-радиус Земли), образующих планетарный круг в средних и высоких широтах: (с востока на запад) Североамериканская, Восточносибирская, Восточноевропейская.

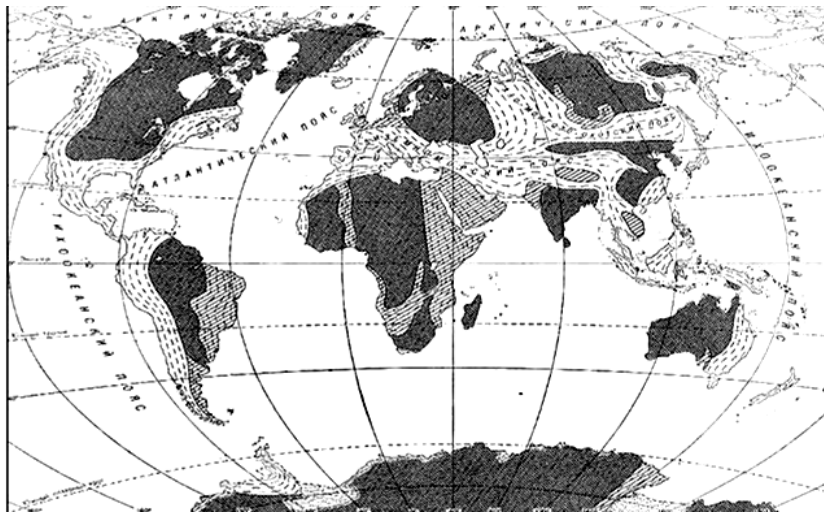


Рисунок 1 – Древние докембрийские платформы Земли (темная заливка)

Арктическая популяция эскимосов (иннуитов) широко представлена именно на Североамериканской платформе [17], но не только. Шлейф ее миграции тянется вплоть до Чукотки, пересекая когда-то в древние времена проходимый Берингов пролив. Иннуиты характеризуются очень длинной головой – одной из самых вытянутых в мировом масштабе. Но этот показатель изменяется по мере продвижения вдоль пояса их распространения. Наибольшей длинноголовостью характеризуются именно насельники поднятой платформы – восточные канадские и гренландские популяции. Западные популяции Аляски и Чукотки менее длинноголовы [3, с.84]. В противоположном направлении меняется массивность иннуитов: На западе, на поднятой платформе они менее массивны, чем на востоке [5, с. 131]. Продолжить эту инверсионную зависимость массивность – головной указатель можно с привлечением алеутов - более поздних насельников океанских просторов – Алеутской островной гряды. Алеуты уже более короткоголовые и более массивны, чем обитатели суши [9, с.166]. Подтверждением установленной зависимости рельеф – массивность – головной указатель являются обитатели Океании – полинезийцы. Они выражено массивны и короткоголовы. Но на окружающих океан поднятых окраинах популяции (в том числе и маори Новой Зеландии и пасхальцы) длинноголовы [16,с.141].

Сибирская платформа является родиной древнего малочисленного монголоидного народа- тунгусов или эвенков, характерной особенностью которых является длинноголовость [10,с.359;13,с.105]. Но удлиненные черепа наблюдаются и у неолитического населения Ангары и верховьев Лены, относящихся к палеосибирскому антропологическому типу [11,с.64]. Тщательные антропологические исследования тунгусов северного Прибайкалья в 30-х годах проводил Я.Я. Рогинский. Он приходит к выводу о том, что «весьма большое своеобразие представляет их долихоцефалия» [13,с.105]. В окружении Сибирской платформы с ее автохтонным долихоцефальным эвенкийским населением распространены более короткоголовые современные и более ранние популяции сибирских монголоидов. Одним из изученных примеров может быть средневековая амурская популяция мохэ, также как и эвенкийская, относящаяся к байкальской группе, но к другому ее локальному комплексу – нижнеамурскому [2,с.106]. В восточном и западном обрамлении платформы обитают брахицефальные западные эвенки и более короткоголовые, чем прибайкальские эвенки, близкие им ламуты [14,с.242;10,с.359].

Последней в северной триаде платформ рассмотрим Восточноеропейскую с ее ярко выраженной долихоцефалией скандинавов. Долихоцефальные европеиды рассматривались фашистскими антропологами как важный признак арийской расы и широко практиковали краниометрические измерения. На самом деле это признак, свойственный поднимающимся тектоническим блокам и, в первую очередь, Африканско-Средиземноморскому сектору. Так

что долихоцефалия – это важнейший признак африкоидов – «низших рас» в рассуждениях расистов.

Длинноголовым скандинавам в пределах Восточноевропейской платформы противостоят характерно короткоголовые сарматы глубокой Прикаспийской низменности [8, с.11]. В связке тектонический подъем – длинноголовость, тектонический спад – короткоголовость в другом масштабе, но проявляется та же связь, отмеченная выше как эталонная для разновысоких полушарий и африканских и океанических популяций.

Скандинавский ареал длинноголовости не однороден. Картирование распределения головного указателя среди населения Швеции показало, что в районе Ботнического залива, где подъем древнего щита максимален, отмечается концентрация самых низких значений указателя. Связь длинноголовости с поднимающимися блоками отмечается и вдоль тектонической линии симметрии платформы. Пересекая платформу с СЗ на ЮВ, проходя через Московский регион и выходя за ее пределы (Фенно-Сарматская линия), линия разделяет популяции на более и менее длинноголовые. Впервые такая особенность, но без объяснения причины, была отмечена Е. Чепурковским еще в начале XX столетия. Его поразила относительная короткоголовость новобранцев из Владимирской губернии и длинноголовость соседних с ними рязанцев. Он не знал о существовании Фенно-Сарматской линии, разделяющей по головному указателю не только владимирцев и рязанцев, но и эрзю и мокшу, сарматов разных регионов, туркмен к юго-западу и северо-востоку от линии (длинноголовых основной части популяции от короткоголовых на востоке).

Южный пояс длинноголовости включает три древние платформы (с востока на запад): Австралийская, Южноафриканская, Антарктическая (северо-западное американское обрамление). Разделяют эти поднятые континентальные области океанские пространства в отличие от северного пояса, где платформы разделены сушей (за исключение узкого Берингового пролива). Австралийский континент, заселенный 50-60 тысяч лет назад из Азии, имеет немногочисленное рассеянное аборигенное население. Аборигены отличаются сравнительно высоким ростом, сильно развитым волосатым покровом, волнистыми волосами и характерной длинноголовостью.

На юге Африки древнейшее население представлено бушменами – низкорослыми грацильными людьми с очень слабым волосатым покровом, редкими курчавыми волосами на голове и сильной длинноголовостью. Интересно сравнение их с другим низкорослым африканским народом – пигмеями, населяющими ярко выраженную тектоническую и геоморфологическую депрессию Конголезского бассейна. Как и в других сравнимых случаях (Прикаспийская низменность, море Беринга), потеря планетарного радиуса ведет к повышению массивности и головного указателя. Пигмеи более массивны, чем бушмены и менее длинноголовы.

Ближайшим населением к Антарктической платформе являются малочисленные племена Огненной Земли. Их антропологическое изучение затруднено, но было проведено французскими исследователями в конце девятнадцатого столетия в ходе сезона 1882-1883 годов [15, с.422]. Мужчины и женщины племен алакалуф и яган на западе Огненной Земли мезоцефальны с тенденцией к долихоцефалии. Этот феномен заслужил особого замечания исследователей. Они пишут: «Факт мезатицефалии огненноземельцев замечателен еще и тем, что они окружены популяциями чисто брахицефальными (арауканы и патагонцы). Это очень значительный факт».

Развивая значительность этого факта, отметим, что и в Северной Америке длинноголовые иннуиты (эскимосы) контактируют на юге с короткоголовыми высокими индейцами. Еще южнее (и севернее для Южной Америки) находятся обширные пространства обеих Америк, населенные короткоголовыми, массивными и низкорослыми индейцами. Такая замечательная симметрия объектов северного и южного полушарий в западной тихоокеанской полусфере может быть подкреплена симметричным расположением платформ (и длинноголовых насельников) в восточном континентальном полушарии. По отношению к Памиро-Гиндукушу («Крыша Мира») симметричны платформы

Восточноевропейская и Австралийская, Восточносибирская и Южноафриканская. Отмеченные регулярности в расположении структур свидетельствуют о волновой природе их образования.

Заключение. Планетарная брахикефализация, связанная с процессом увеличения массивности человека вследствие уменьшения скорости вращения Земли, то есть потерей ею углового момента, имеет закономерные исключения в районах, испытывающих устойчивое поднятие. Поднятие означает увеличение планетарного радиуса и, значит, увеличение углового момента блока. Это действие включает противодействие, заключающееся в уменьшении массивности разных объектов неживой и живой природы, включая антропосферу. Морфология человека отвечает уменьшением массивности (в том числе и за счет увеличения роста, отношения веса к росту) и уменьшением головного указателя, то есть удлинением черепа в основном за счет наращивания затылочной части и приобретения симметрии посадки головы. Улучшенная балансировка посадки тяжелой головы требуется менее массивным телом.

Таким образом, с разномасштабными тектоническими блоками Земли, испытывающими поднятия (Африка и древние платформы северного и южного полушарий, обогащенные легким гранитного типа материалом) ассоциируют менее массивные и более длинноголовые субъекты. Планетарная брахикефализация в антропосфере имеет закономерные исключения, связанные с глубинным строением Земли (тектоантропология).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.П. Палеоантропология земного шара и формирование человеческих рас. Палеолит. М.: Наука, 1978, 284 с.
2. Алексеев В.П. Материалы по краниологии мохэ // Палеоантропология Сибири, Наука, М., 1980, 154 с. (106-130).
3. Алексеев В.П., Т.С. Балуева. Материалы по краниологии науканских эскимосов // Советская этнография, 1976, №1, 84-100.
4. Алексеева Т.И. Географическая среда и биология человека. М.: Мысль, 1977, 302 с.
5. Алексеева Т.И., В.Ю. Коваленко. Морфофункциональная характеристика посткраниального скелета азиатских эскимосов // Палеоантропология Сибири, Наука, М., 1980, 154 с. (131-153).
6. Бунак В.В. Современное состояние и задачи морфологии человека // Антропологический журнал, 1934, №3, 21-32.
7. Бунак В.В. Человеческие расы и пути их образования // Советская этнография, 1956, №1, 86-105.
8. Кочемасов Г.Г. Череп человека и тектоника Земли // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Восьмые Горшковские чтения. Материалы конференции. М.: МГУ, 2006, 43 с (11-17).
9. Левин М.Г. Новые данные по антропологии острова Кодьяк и Алеутских островов // Советская этнография, 1947, №3, 166-168
10. Левин М.Г. Этническая антропология и проблемы этногенеза народов Дальнего Востока // Изд-во АН СССР, М., 1958, 359 с.
11. Мамонова Н.Н. Древнее население Ангары и Лены в серовское время по данным палеоантропологии (к вопросу о межгрупповых различиях в эпоху неолита) // Палеоантропология Сибири, Наука, М., 1980, 154 с. (64-88).
12. Пестряков А.П. и О.М. Григорьева. Краниологическая дифференциация современного населения // Расы и народы. Вып. 30, М.: Наука, 2004, с. 86-131.
13. Рогинский Я.Я. Материалы по антропологии тунгусов северного Прибайкалья // Антропологический журнал, 1934, №3, 105-124.

14. Рычков Ю.Г. Материалы по антропологии западных тунгусов // Антропологический сборник III. Труды Института этнографии им. Н.Н. Миклухо-Маклая. Нов. Серия, Том LXXI, Изд-во АН СССР, М., 1961, с. 242-268.

15. Hyades P., J. Deniker Mission scientifique du Cap Horn. 1882-1883. Tome VII. Anthropologie, Ethnographie // Paris, Gauthner-Villars et fils, Imprimeurs-Libraires, 1891, 422 p.

16. Shapiro H.L. The anthropometry of Pukapuka (based upon data collected by Ernest and Pearl Beaglehole) // Anthropological papers of the American museum of Natural History, New York City, Vol. XXXVIII, part III, 1942, 141-169.

17. Stewart T.D. Anthropometric observations on the Eskimos and Indians of Labrador (Material and data collected by W.D. Strong) // Anthropological series. Field museum of natural history, Chicago, 1939, Vol. 31, #1. Publication 462. 163 pp.

CONNECTION BETWEEN CRANIOMETRY OF MAN AND LITHOSPHERE OSCILLATION (SHIELD-BASIN)

G. G. Kochemasov

*Institute of Geology of Ore Deposits, Mineralogy, Petrography and Geochemistry (IGEM) of the
Russian Academy of Sciences*

Abstract. The wave structure cleared up in various scales of the solid Earth can be demonstrated in the anthroposphere. Man structure is related to peculiarities of tectonics in various its places, starting from the hemispheric segments and going on in tectonic sectors and granules. Man's specific features are in their mass, height, big races, and craniometry.

Keywords: wave tectonics, Earth, anthropology, body mass, craniology

УДК 550.311+ 622.278

ТЕХНОГЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ НЕФТИ И ГАЗА

Д. К. Кузьмин, dimak1292@mail.ru

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, Москва, РФ

Аннотация. В работе продемонстрирована методика, позволяющая оценить уровень деформаций земной поверхности при разработке месторождения нефти, на примере геодинамического полигона одного из месторождений Татарстана. Достаточно высокая детальность и точность геодезических наблюдений позволили построить эволюционные и пульсационные графики и проанализировать вертикальные смещения как на длительных временных промежутках, так и на коротких отрезках. Аналитическая модель деформируемого пласта была применена для построения объемных распределений вертикальных смещений земной поверхности за определенный период разработки месторождения. Сопоставление аналитических оседаний земной поверхности с геодезическими графиками оседаний уточняет прогнозную оценку деформаций земной поверхности.

Ключевые слова: Месторождение, деформации, нивелирование, оседания, аналитическая модель, пласт, земная поверхность, вертикальные смещения.

Инженерные изыскания, как известно, включают в себя работы для получения топографо-геодезических материалов и данных о рельефе местности, необходимых при комплексной оценке природных и техногенных условий территории строительства или эксплуатации объекта. В данной статье под техногенно-нагруженными территориями понимаются объекты инфраструктуры нефтегазового комплекса. Во время эксплуатации месторождений нефти и газа происходят деформации земной поверхности. Проявляться они могут как обширными просадками, так и локальными оседаниями (в случае наличия

разломов) [8, 16, 17, 18]. Оценка напряженно- деформированного состояния земной поверхности требует проведения геодинимического мониторинга [13; 12; 10, 20, 11, 9]. Не соблюдение данного требования может повлечь за собой разрушительные последствия, как экономические, так и экологические [19, 15, 20]. Здания и сооружения, расположенные в пределах горного отвода и за его пределами, имеют определенные сроки эксплуатации, несколько десятков лет, скважины через которые добывают углеводороды также подвержены аварийности в случае их расположения в зонах максимальных градиентов смещений. Для того чтобы предотвратить негативные последствия при эксплуатации месторождений, нужно иметь представления о залежи продуктивного горизонта, проанализировать данные геодезического мониторинга земной поверхности и дать оценку напряженно-деформированного состояния, опираясь на основные принципы современной геодинимики недр [14]. Инженерные изыскания включают в себя и геологические изыскания, керновые исследования позволяют выявить петрофизические свойства пород, залегающих в окрестности пласта и определить пористость пород и сжимаемость порового пространства. Воздействие на коллектор обуславливается изменением пластового давления, предварительно рассчитанного на весь срок эксплуатации месторождения. Эти факторы позволяют аналитически спрогнозировать оседания земной поверхности за любой интервал изменения давления. Прогноз уточняется при сопоставлении с данными геодезического мониторинга. Комплекс этих методов дает наиболее адекватную оценку деформациям и продемонстрирован в работах [1,2,3, 4, 5].

В данной работе за объект исследования был принят геодинимический полигон одного месторождения сверхвязкой нефти республики Татарстан [21]. Особенность месторождения обуславливается добычей тяжелой нефти методом парогравитационного дренажа. Особенность режима разработки данного месторождения приводит к поднятию его сводовой части, в то время как зона разлома, пересекающая объект проявляет себя в форме локального изгиба.

На локальном геодинимический полигоне выполнялись повторные нивелирные наблюдения 2 класса точности строго в режиме 2 наблюдений в год. Геометрия измерительной сети повторных наблюдений за вертикальными движениями земной поверхности на территории локального геодинимического полигона состоит из двух перекрывающихся нивелирных линий. Нивелирная сеть начала создаваться в 2008 году. На текущий момент времени выполнено 18 циклов наблюдений. Нивелирование выполнялось 2 классом ($5\text{мм}\sqrt{L}$) Расстояние между реперами 250-500м.

По имеющимся данным нивелирования построены «эволюционный» и «пульсационный» графики изменения превышений реперов по профилю и во времени, что помогает увидеть, как временную эволюцию смещений земной поверхности, так и отдельные периоды пульсаций вертикальных движений. (Рис.1)

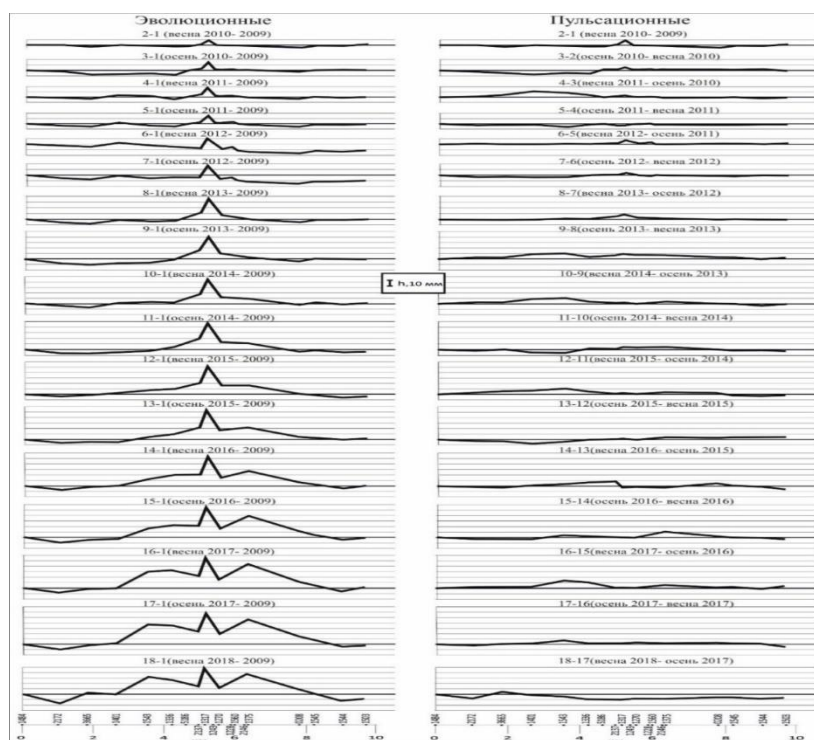


Рисунок 1 – Графики вертикальных смещений профиля 1-1

Как видно на данном профиле имеются два типа аномалий. Локальный изгиб вверх, который по форме напоминает аномалию типа γ с максимальной, накопленной амплитудой 40 мм с центром в окрестности репера № 1243. Эта аномалия накапливалась с 1 по 10 цикл наблюдений, а в последующий интервал времени значимых смещений в этой части профиля не наблюдалось. Учитывая ширину локальной аномалии можно оценить среднегодовую скорость относительных деформаций локального изгиба. Она оказалась равна $2.3 \cdot 10^{-5}$ в год. Скорее всего в этом месте расположена зона современного активного (опасного) разлома [18].

Обширный изгиб вверх который наблюдается в центральной части профиля (от репера № 2172 до репера № 1544) имеет максимальную, накопленную амплитуду 60 мм. Он начал формироваться начиная с цикла (10-9). Среднегодовая скорость относительных деформаций обширного изгиба вверх равна $4 \cdot 10^{-6}$ в год. Эта деформация даже в накопленном виде имеет величину на порядок меньше, чем уровень опасных деформаций,

Профиль 1-1 организован таким образом, что он пересекает месторождение вкрест его простираения. Это означает, что процесс разработки месторождения сформировал итоговое поднятие сводовой части месторождения, а зона разлома, пересекающая объект, проявила себя в форме локального изгиба. Тот факт, что и обширный изгиб, и локальный изгиб имеют оба положительный знак смещений (поднятие), свидетельствует о систематическом, незначительном увеличении пластового давления на глубине. В этом случае давление повышается не только в пласте, но и в трещиновато-пористой, флюидонасыщенной среде разломной зоны. Полученный результат скорее всего обусловлен особенностями режима разработки данного месторождения.

Профиль 2-2 также пересекает месторождение вкрест и ориентирован ортогонально простираению профиля 1-1. Результаты повторных наблюдений вдоль этого профиля подтвердили наличие локального поднятия вверх, отмеченные по данным профиля 1-1.

В работе приведен сопоставительный анализ результатов нивелирования с модельным деформированием земной поверхности по методике, описанной выше и ранее успешно апробированной на ряде нефтегазовых объектов, в том числе и шельфовых [4]. Автор не располагает правами на публикацию геометрических и петрофизических параметров пласта,

но опираясь на кривые нивелирных наблюдений можно вычислить приближенные значения, решая обратную задачу геодинамики. Формализм модели деформируемого пласта позволяет выполнить эту процедуру [1, 2, 6, 7].

Историю зарождения этой аналитической модели в нашей стране принято отсчитывать с 1999 г. ссылаясь на работу [8], где она представлена наиболее содержательно. В ней, на основании теоремы взаимности работ для среды с дисторсией и с использованием аппарата функций Грина получено выражение для смещений упругого полупространства, где в качестве источника локальных аномалий могут быть вариации жесткости, дислокационные скачки смещения, изменения пороупругих параметров и др. Была применена гравидеформационная аналогия, позволяющая использовать для создания количественных моделей распределения смещений поверхности аппарат теории деформационных ядер поскольку теория гравитационного потенциала оперирует с представлениями о точечных массах (потенциал как работа перемещения точечных масс) заглубленных в полупространстве, а теория деформационных ядер использует представления о точечных смещениях (деформациях) во внутренних точках этого же полупространства. [9]. Дифференцирование формулы для распределения вертикальных смещений земной поверхности позволяет рассчитать градиенты смещений (наклоны и относительные горизонтальные деформации) в рамках объемной задачи.

Применив выше описанный формализм, удалось решить обратную задачу геодинамики, моделируя геометрические параметры пласта. Подбор параметров уточнялся до тех пор, пока аналитические кривые не повторили аналогичную динамику нивелирных кривых, между разными циклами наблюдений. Так как профили 1-1 и 2-2 ортогональны друг другу, и пересекаются в центре месторождения, то центр модели пласта был соответственно размещен в точке пересечения профилей, а центральные его оси сориентированы вдоль направления профилей.

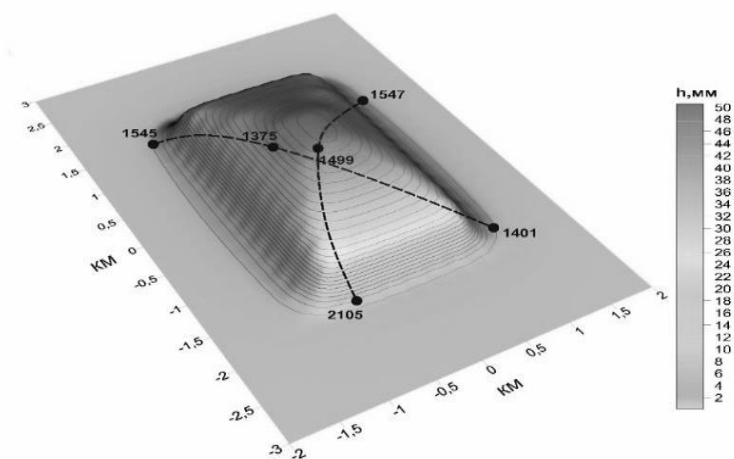


Рисунок 2 – Объемная модель поверхности вертикальных смещений земной поверхности с нанесенными на нее нивелирными профилями, пересекающие месторождение.

Для демонстрации предложенного подхода к моделированию вертикальных смещений земной поверхности на рис.2 представлена 3d модель поверхности вертикальных смещений при изменении пластового давления на 1 МПа, на которой схематически показано расположение основных профилей, пересекающих месторождение. Формула для расчета вертикальных смещений в профильном виде получается посредством преобразования геометрической части общей формулы [5,8] для распределения оседаний (для профиля 1-1 $y = 0$; для профиля 2-2 $x = 0$). Так, при моделировании были установлены следующие

параметры пласта: длина простираения пласта $a = 3,150\text{км}$; ширина пласта $b = 1,85\text{км}$; глубина залегания центра пласта $H=85\text{ м.}$; мощность пласта $d=14\text{м.}$

Кроме того, показано местоположение тех реперов на которых были получены максимальные величины смещений земной поверхности в период развития аномального деформационного процесса в 2013 – 2018 гг. Разработанная система позволяет оценивать уровень изменения напряженно-деформированного состояния разрабатываемого пласта с течением времени. Как показали результаты повторных нивелирных наблюдений максимальная амплитуда достигала величин 40 мм, по результатам расчетов она равна – 50 мм. Однако, конфигурация измерительных профилей организована таким образом, что через максимальную область расчетного поднятия профили, к сожалению, не проходят. Как видно из рисунка репер № 1499 расположен в области поднятия с амплитудой 40 мм, а репер № 1375 находится в области смещений амплитудой 30 мм. Именно такие значения и были получены в результате нивелирных наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамян Г.О., Кузьмин Д.К., Кузьмин Ю.О. Решение обратных задач современной геодинамики недр на месторождениях углеводородов и подземных хранилищах газа // Маркшейдерский вестник. 2018. № 4. С. 52 – 61.
2. Абрамян Г.О., Кузьмин Д.К. Моделирование градиентов смещений земной поверхности на разрабатываемых месторождениях нефти и газа // Маркшейдерский вестник. 2019. № 5. С. 56 – 62.
3. Кузьмин Д.К. Сопоставление моделей деформационной активности раздвиговых разломов с результатами геодинамического мониторинга объектов нефтегазового комплекса // Проблемы недропользования. 2019. №4. С. 18 – 27.
4. Кузьмин Ю.О., Дещеревский А.В., Фаттахов Е.А., Кузьмин Д.К. и др. Анализ результатов деформационных наблюдений системой инклинометров на месторождении им. В.Филановского // Геофизические процессы и биосфера. 2019. Т. 18. №4. С. 86 – 94.
5. Кузьмин Д.К., Кузьмин Ю.О., Фаттахов Е. А. Моделирование современных геодинамических процессов в разломных зонах. Материалы Всероссийской конференции «Современная геодинамика недр и эколого-промышленная безопасность объектов нефтегазового комплекса». М.: ООО «ТиРу». 2013. С. 90-100.
6. Кузьмин Д.К. Оценка напряженного состояния недр на разрабатываемых месторождениях нефти и газа // Маркшейдерский вестник. 2020. [№ 5 \(138\)](#). С. 37–43.
7. Кузьмин Д.К. Моделирование смещений земной поверхности, полученных различными спутниками со встроенным модулем РСА (на примере мониторинга месторождений нефти и газа) // Проблемы недропользования. 2021. №2. С. 94 – 104.
8. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании // М.: Агентство Экономических Новостей. 1999. -220 с.
9. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика: от движений земной коры до мониторинга ответственных объектов // Физика Земли. 2019б. № 1. С. 78 – 103.
10. Кузьмин Ю. О. Проблемные вопросы изучения деформационных процессов в современной геодинамике // Горный информационно - аналитический бюллетень (научно-технический журнал). № 3, 2008. С. 98-107.
11. Кузьмин Ю. О. Парадоксы сопоставительного анализа измерений методами наземной и спутнспутниковой геодезии в современной геодинамике // Физика Земли. 2017. № 6. С. 24 – 39.
12. Кузьмин Ю.О., Никонов А.И. Геодинамический мониторинг объектов нефтегазового комплекса / В сб. Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. Вып.2. М.: ГЕОС. 2002. С. 427-433.

13. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика разломов и эколого-промышленная безопасность объектов нефтегазового комплекса // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2007. №1. С. 33-41.
14. Кузьмин Ю. О. Актуальные вопросы использования геодезических измерений при геодинамическом мониторинге объектов нефтегазового комплекса // Вестник СГУГИТ. 2020. Том 25. №1. С. 43 - 54.
15. Кузьмин Ю.О. Геодинамический риск объектов нефтегазового комплекса / Российская Газовая Энциклопедия. М.: Большая Российская Энциклопедия. 2004. С. 121-124.
16. Кузьмин Ю.О. Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная разработкой месторождений нефти и газа / В сб. Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. Вып.2. М.: ГЕОС. 2002. С. 418-427.
17. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика раздвиговых разломов // Физика Земли. 2018. №6. С. 87-105.
18. Кузьмин Ю. О. Индуцированные деформации разломных зон //Физика Земли. 2019а. №5. С. 61 – 75.
19. Кузьмин Ю.О., Никонов А.И. Геодинамическая природа аварийности скважин и трубопроводных систем / В кн.: Перспективы развития экологического страхования в газовой промышленности. М.: «ВНИИГАЗ». 1998. С. 315-328.
20. Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О. Пространственно-временные характеристики современной динамики геофизической среды сейсмоактивных и асейсмичных областей / В кн. «Дискретные свойства геофизической среды». М.: Наука. 1989. С. 33-46.
21. Хисамов Р.С, Гатиятуллин Н.С., Кузьмин Ю.О. и др. (Под редакцией Хисамова Р.С, и Кузьмина Ю.О.). Современная геодинамика и сейсмичность Юго-Востока Татарстана. Казань: «ФЭН». 2012. 240 с.

TECHNOGENIC DEFORMATIONS OF THE EARTH'S SURFACE IN OIL AND GAS FIELDS

D. K. Kuzmin, dimak1292@mail.ru

Schmidt institute of physics of the Earth of the Russian academy of sciences

Abstract. The paper demonstrates a technique that allows us to assess the level of deformations of the earth's surface during the development of an oil field, using the example of a geodynamic polygon of one of the fields of Tatarstan. The sufficiently high level of detail and accuracy of geodetic observations allowed us to construct evolutionary and pulsation graphs and analyze vertical displacements both over long time intervals and over short periods. The analytical model of the deformable reservoir was used to construct volume distributions of vertical displacements of the earth's surface for a certain period of field development. The comparison of analytical subsidence of the Earth's surface with geodesic graphs of subsidence clarifies the forecast assessment of deformations of the earth's surface.

Keywords: Field, deformations, leveling, subsidence, analytical model, reservoir, earth surface, vertical displacements.

УДК 504.062.2

МИНЕРАГЕНИЧЕСКАЯ ПРОВИНЦИЯ, КАК ОСНОВНАЯ ЕДИНИЦА РЕГИОНАЛЬНОГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Кутинов Ю. Г., Чистова З.Б., e-mail: kutinov@fciarcic.ru

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова УрО РАН, Россия, г. Архангельск

Аннотация. Анализ тенденций экономического развития северных регионов РФ показывает, что основной упор будет делаться на развитие горнодобывающей и горно-

перерабатывающей промышленности с развитием сопутствующей им инфраструктуры. Учитывая «хрупкость» окружающей среды региона, необходимо создание системы организации информации для обоснования природоохранных мероприятий, обеспечивающих сбалансированное природопользование и экологически безопасное освоение ресурсного потенциала территории. В исследовании минерагеническая провинция предлагается в качестве основной единицы регионального геоэкологического анализа.

Ключевые слова: основная единица регионального геоэкологического анализа, техногенное воздействие, окружающая среда

Корректный геоэкологический анализ, подразумевающий возможность прогноза последствий техногенной деятельности, возможен только в природных границах крупных геосистем. На настоящий момент такой анализ проводится либо в административных границах крупных регионов страны, либо в целевых экономических границах эксплуатируемых объектов. Освоение минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов северных территорий привело и ведет к деструктивным процессам в окружающей среде: трансформации ландшафтов; химическому загрязнению; изменениям геодинамического и гидрологических режимов геологической среды и другим негативным процессам. Основные экологические проблемы северных регионов обусловлены, в первую очередь, с наличием компактных «горячих точек» в местах интенсивной горнодобывающей деятельности. Тенденций экономического развития северных регионов РФ позволяют сделать вывод, что основной упор будет делаться на развитие горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности, в первую очередь в топливно-энергетическом комплексе, с развитием сопутствующей им инфраструктуры [9].

Поэтому необходим переход к объектам, являющимся в некотором роде природными концентраторами антропогенного воздействия. Необходимо исследование объекта в рамках естественных геологических границ с соблюдением иерархического подхода по латерали и вертикали. Обычно при анализе состояния окружающей среды (геологической) в качестве объектами исследований являются месторождения полезных ископаемых и углеводородов или горно-обогатительные комбинаты, значительно реже – горнорудные районы. И в том и в другом случае исследования проводятся в рамках целевых (экономических) границ и при этом нарушается иерархический подход. Исследование конкретных месторождений ограничивает возможности прогноза последствий и оценки глубины воздействия, т.к. в этом случае мы изучаем локальные подсистемы без учета свойств более крупных систем, в которые они входят. Т.е. конкретное рудное или нефтегазовое месторождение, в зависимости от генезиса и принятой классификации является частью куста, района, бассейна, субпровинции и провинции. Многочисленными работами доказано, что земная кора упорядоченно дискретна и имеет четко выраженное слоисто-блоковое строение [8]. Сложная блоковая структура верхней части литосферы является результатом распределения диссипированной механической энергии [6]. Таким образом, формируются структуры земной коры, которые «приспосабливаются» для передачи энергии на более низкие иерархические ступени, вплоть до возникновения динамического равновесия. Но новая флуктуационная волна энергии, поступающая извне, формирует новое движение, новую организацию. Все это и определяет автомодельные процессы упорядочения структуры, самоорганизацию системы, состоящей из блоков и отдельных горных пород разного порядка. И поэтому, как полагал М.А. Садовский [8], горную породу можно рассматривать как часть значительно более широких природных открытых систем, способных к самоорганизации за счет энергии, поступающей извне. Исходя из этого, необходимо учитывать взаимодействия не только однопорядковых, но и разноранговых блоков друг на друга.

Принятое на настоящее время определение геологической среды (ГС), как среды, находящейся под непосредственным воздействием инженерного сооружения не несет значимой прогнозной нагрузки, т. к. не имеет четких формализованных критериев

определения границ воздействия, как по вертикали, так и по латерали, и не учитывает триггерного механизма большинства техногенных процессов. В целом, ГС находится в критическом энергонасыщенном состоянии, во всяком случае, с глубины 5-6 км, и основные события (зачастую катастрофические) всегда происходят только по межблоковым тектоническим структурам [8]. Поэтому для выведения критически энергонасыщенной среды из состояния равновесия необходимо приложение минимума внешней энергии. Реальные величины напряжений, при которых протекает процесс разрушения, ничтожны по сравнению с теоретической прочностью пород. Они составляют 10^7 - 10^8 дин/см² и соответствуют реальной прочности тел, т.е. требуется достаточно небольшое приложение сил (в геодинамическом смысле) для превышения порога прочности. При этом возникает общеизвестный эффект сильного отклика на слабое воздействие с неясными причинами его возникновения.

Учитывая вышеизложенное, в качестве основной единицы геоэкологического анализа нами предлагается минерагеническая провинция. Под этим понятием нами рассматривается не столько совокупность пространственно-сближенных месторождений, сколько рудообразующая система, сформировавшая данный таксон. Т.к. процессы образования рудных месторождений (в первую очередь эндогенных) и по последним данным углеводородов [10] не ограничиваются объемом земной коры, в котором они непосредственно занимают. Месторождения занимают сравнительно небольшую часть рудообразующих систем (иногда на 2 порядка меньшую). Т.е., мы имеем дело с таким таксоном как минерагеническая провинция.

Что это дает? Во-первых, появляется возможность учета геохимической специализации более крупных таксонов и на их фоне рассматривать локальные закономерности.. Таксон «минерагеническая провинция» тесно связан с понятием провинция геохимическая, т. е. «область геохимически однородная и характеризующаяся определенной ассоциацией химических элементов» [1. С. 141].

Геохимическая специализация провинции отражает специфические черты эволюции рудоносных систем и, зачастую, минерагеническая провинция в геохимических полях отражается в виде региональной геохимической аномалии со средним содержанием элементов значительно превышающим не только их кларки в земной коре, но и уровень предельно допустимых концентраций (ПДК).

Во-вторых, более корректно рассматривается напряженно-деформированное состояние земной коры и ее геодинамический режим, т.к. минерагенические и углеводородные провинции тесно связаны со строением верхней мантии и земной коры в целом [7] и находятся под воздействием надпорядковых геодинамических систем [5]. При этом глубина формирования систем, отвечающих за образование месторождений намного превышает глубинность воздействия, учитывающуюся при разработке месторождений, но и глубину образования самих месторождений. Так авторами при анализе Архангельской алмазонасной провинции [2] был сделан вывод, что «корни» провинции по данным сейсмической томографии прослеживаются до глубины более 400 км. Электромагнитное излучение, свойственное этой структуре, достигает 700 км в атмосфере. В тоже время глубина образования коренных источников алмазов обычно оценивается в 120-150 км, а глубина воздействия при отработке, максимум в первые километры.

Частным примером такой глубинности являются не только результаты теоретического обобщения [2], но и конкретные данные по сейсмическим профилям (рис. 1).

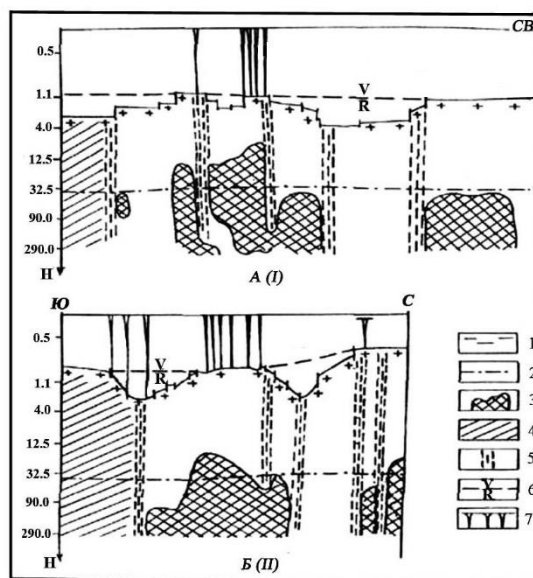


Рисунок 1 – Схематические геолого-геофизические разрезы по профилям КМПВ и МТЗ [11]:

1 – поверхность кристаллического фундамента; 2 – граница Мохо по данным ГСЗ; 3 – области высокого сопротивления; 4 – область низкого сопротивления; 5 – зоны проводимости; 6 – граница кровли рифея; 7 – трубки взрыва

Региональные профили: А(І) – Патракеевка-Койда; Б(ІІ) – Архангельск-Ручьи.

При оценке только месторождений невозможно учесть влияние наведенной сейсмичности, трансформированных рудничных вод, изменение напряженно-деформированного состояния земной коры, трансформацию флюидоупоров, возникающие при отработке месторождений, на месторождения только планируемые к эксплуатации, т.к. последние анализируются обособленно друг от друга.

Большинство провинций, как правило, характеризуется участками с неустойчивым напряженно-деформированным состоянием земной коры, более отчетливо реагирующим на внешнее воздействие, т. к. приурочены к крупным тектоническим структурам, которые во многих случаях являющимися межблоковыми швами или трансблоковыми зонами, что позволяет предположить их возможный сесмогенерирующий характер. Проведенные нами ранее исследования показали, что структуры фундамента отчетливо отражаются в поверхности современного рельефа [4], и подвижки по тектоническим структурам, зачастую спровоцированные техногенными воздействиями, приводят к ландшафтно-деструкционным процессам и активизации экзогенных процессов, достаточно труднообъяснимых при обычном подходе.

В целом:

- минерагенические провинции являются объектами геоэкологического анализа, позволяющими сопоставлять структуры одного ранга: провинции, нефтегазовые и угольные бассейны;

- для геоэкологического анализа воздействия на окружающую среду минерагенических провинций необходима разработка типовых факторов и последовательности анализа с учетом не только природных и техногенных условий, но прогнозируемых тенденций развития регионов (рис. 2), в первую очередь при освоении природно-минеральных ресурсов;

- минерагенические провинции российской части Арктической зоны имеют много общих черт как природно-климатических (суровый климат, близость Северного ледовитого океана, наличие многолетнемерзлых пород, «хрупкость» окружающей среды), так и геологических (напряженно-деформируемое состояние, сейсмичность, глубинная дегазация,

геохимические и т. д.), так и геоэкологических (ряд загрязняющих микроэлементов, тип техногенной дестабилизации), отличаясь в первую очередь степенью освоенности и, как следствие, эффектом воздействия на окружающую среду [5];

- особенностью минерагенических и углеводородных провинций Севера Евразии является также близость активной межплитной геодинамической границы – Арктической зоны спрединга, создающей особое напряженно-деформированное состояние примерно до 60⁰ северной широты [4, 5].

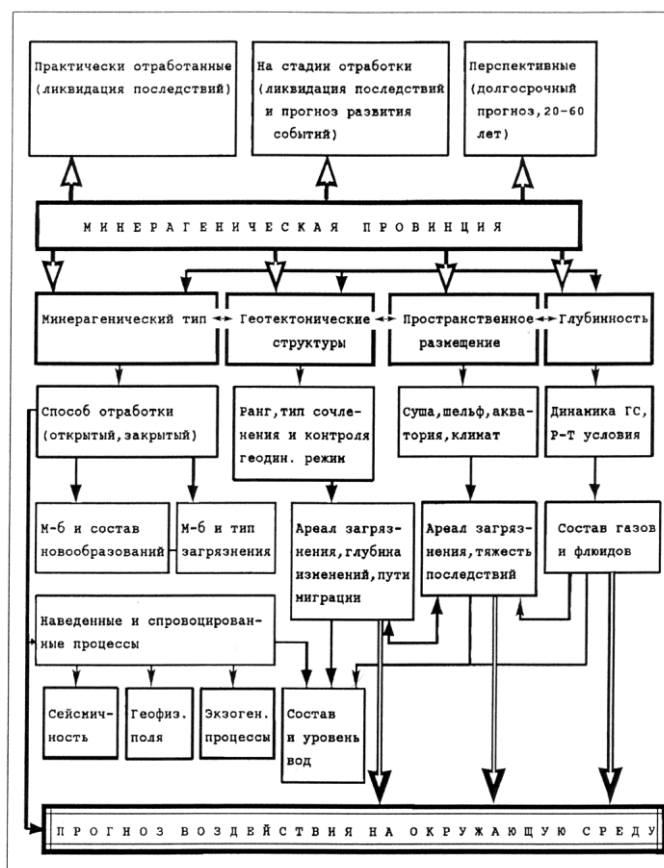


Рисунок 2 – Принципиальная схема прогноза воздействия регионального масштаба при освоении минерально-сырьевых ресурсов [5]

На более детальном уровне необходимо последовательно и взаимосвязано исследовать иерархический ряд моделей рудных объектов: провинция, субпровинция, пояс, район, рудное поле, узел (или куст), месторождение, рудное тело [3].

Предложенная схема (рис. 2) позволяет оценивать воздействие находящихся на разных стадиях месторождений не только на окружающую среду, но и друг на друга (синергетический эффект). Оценка предложенных факторов дает возможность прогнозировать развитие опасных геоэкологических процессов при освоении минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов Севера России.

Исследование выполнено в ходе выполнения государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН № гос. регистрации АААА-А18-118012390305-7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологический словарь. Т.1, 1973. 486 с. М.: Недра. — 1973. — 456 с.
2. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Архангельская алмазоносная провинция на мелкомасштабных геологических, тектонических и геофизических картах //Электронное

научное издание Альманах Пространство и Время. Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-arprov_r_e-ast11-1.2016.12. 2016. — Т. 11. — Вып. 1: Система планета Земля

3. Кутинов Ю. Г., Чистова З. Б. Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. Архангельск: ОАО «ИПП «Правда Севера». — 2004. — 283 с.

4. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Полякова Е.В., Минеев А.Л. Применение цифровых моделей рельефа (ЦМР) для выделения тектонических структур древних платформ (на примере северо-запада Русской плиты). Пенза: научн.-изд. центр «Социосфера». — 2020. — 378 с.

5. Кутинов Ю.Г. Экогеодинамика Арктического сегмента земной коры. — Екатеринбург: УрО РАН. — 2005. — 388 с.

6. Кюнтцель В.В., Семаков Е.И., Корженевский Б.И., Симонова И.Ю. Структурно-тектонические особенности Крымского региона и их влияние на экзогенные геологические процессы //Геоэкология. — 1993. — № 6. — С.94-99

7. Результаты исследования земной коры и верхней мантии в решении прогноза минерагении Северной Евразии / Ермаков Б. А., Ерхов В. А. и др. — Геофизика. — 1994. — № 5. — С.51-56.

8. Садовский М.А. Автомодалность геодинамических процессов //Вест. АН СССР — 1986. — № 8. — С.3-12.

9. Север России: актуальные проблемы развития и государственный подход к их решению /Под ред. А. Г. Гранберга, В. Н. Лаженцева. Москва – Сыктывкар: изд-во Коми НЦ УрО РАН. — 2004. — 172 с.

10. Тимурзиев А.И. Новейшая сдвиговая тектоника осадочных бассейнов: тектонофизический и флюидодинамический аспекты (в связи с нефтегазоносностью): Дисс. ... докт. геол.-минерал. наук. М.: МГУ. — 2009. — 330 с.

11. Ширококов В.Н. Некоторые особенности глубинного строения Зимнебережного алмазоносного района //Разведка и охрана недр. — 1997. — № 5. — С.21-25.

MINERAGENIC PROVINCE, AS BASIC UNIT OF THE REGIONAL GEOECOLOGICAL ANALYSIS

Kutinov Y.G., Chistova Z.B., e-mail: kutinov@fciarcic.ru

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk

Abstract. Analysis of trends in the economic development of the northern regions of the Russian Federation shows that the main emphasis will be placed on the development of the mining and processing industry with the development of the accompanying infrastructure. Given the "fragility" of the region's environment, it is necessary to create an information organization system to justify environmental measures that ensure balanced nature management and environmentally safe development of the resource potential of the territory. The study proposes a mineragenic province as the basic unit of regional geo-ecological analysis.

Keywords: Mineragenic province, Environment, anthropogenic pressure

ПРОБЛЕМА ЗАГРУЖЕННОСТИ АВТОТРАНСПОРТОМ УЛИЦ Г. СЕВАСТОПОЛЯ

*А. А. Лысак, angelina.lysak.1998@mail.ru, Г. А. Сигора, sigora1@yandex.ru
«Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия*

Аннотация. В статье рассмотрены теоретические аспекты влияния загруженности улиц города Севастополя на состояние окружающей среды. Приводится характеристика проблематики влияния на качество окружающей среды транспортных выбросов в Севастополе, а также даются рекомендации по совершенствованию мероприятий по борьбе с пробками.

Ключевые слова: экология, транспорт, заторы, пробки, Севастополь.

Современный транспорт оказывает негативные влияния на личную жизнь, безопасность, будущее и окружающую среду в целом. Пробки обычно возникают, когда машин слишком много для доступного дорожного пространства. Это может произойти практически на любой дорожной системе, но это обычно наблюдается в городских центрах и вокруг них, а также, когда проводятся дорожные работы или модифицируются маршруты. Пробки на дорогах часто бывают наиболее серьезными в утренние и вечерние часы пик. Задержки нередки в период пиковой нагрузки, то есть в начале и в конце рабочего дня.

Перегрузка часто связана с одним или двумя наборами условий. Во-первых, это неэффективность системы управления транспортными потоками, а во-вторых, требования, предъявляемые к системе. В некоторых случаях это смесь того и другого. Однако причины, вероятно, – это задержки, вызванные поломками, авариями или значительным увеличением потока транспортных средств [1]. С одной стороны заторы считаются следствием узких мест на дорогах и значительного скопления машин, с другой стороны возникновение пробок может находиться в зависимости от передвижения одного водителя. Следующему автомобилю необходимо притормозить, действия формируются в цепную реакцию, что приводит к заторовой ситуации.

Неудивительно, что в регионах с наибольшим количеством транспортных средств на дорогах в среднем наблюдается более высокий уровень загрязнения воздуха и шума. Автомобили - один из самых больших источников загрязнения на планете. Кроме того, более медленно движущиеся транспортные средства вызывают больше загрязнения, чем автомобили, движущиеся со скоростями автострады. Может показаться интуитивно понятным, что автомобиль сжигает больше топлива, когда скорость больше, но на самом деле, все наоборот. Поддержание постоянной скорости обычно сжигает более или менее постоянное количество топлива. Постоянное ускорение и торможение являются основными виновниками и обычно приводят к выбросу в воздух большего количества загрязняющих веществ.

Последствия загрязнения воздуха автомобилями значительны для людей, проживающих в городских районах. Высокий уровень оксида азота опасен для человека. Диоксид углерода способствует изменению климата, а диоксид серы вызывает кислотные дожди. Эти загрязнители также ухудшают функцию легких, особенно у детей и взрослых, страдающих астмой. В результате движения автотранспорта возникает повышенный шум, особенно на подъемах. Высотные здания еще больше усиливают шум от транспорта. Из-за этого жизнь в городских центрах очень утомительна [2].

Безусловно, имеются различные пути решения снижения загруженности улиц города Севастополя автотранспортом. В первую очередь, техническое совершенствование, благодаря улучшенной конструкции двигателя, улучшенному химическому составу топлива и каталитическим нейтрализаторам. Что касается будущего, мы можем ожидать, что гибридные и электрические автомобили станут более популярными. Такие компании, как Tesla, внесли большой вклад в воплощение этой концепции в жизнь. Электромобили также

менее шумны по сравнению с обычными моделями, и это дает спокойствие каждому, независимо от дорожной ситуации. Однако в России и Крыму таких авто мало.

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха в Севастополе является автотранспорт, теплоэнергетика, кроме того, существенный вклад привнесли выбросы вредных веществ с тела полигона твердых бытовых отходов, находящегося в Первомайской балке Балаклавского муниципального округа.

Динамика последних лет показывает устойчивый рост количества автотранспортных средств, зарегистрированных в городе Севастополе. По данным отдела ГИБДД УМВД России по г. Севастополю на 1 января 2020 года зарегистрировано 152 768 транспортных средства. Официально опубликованные на сайте Федеральной службы государственной статистики статистические данные по городу Севастополю (см. табл 1) свидетельствуют о значительном приросте автомобильного транспорта за последние годы.

Таблица 1 – Количество городского автотранспорта в г. Севастополе, 2016-2019 гг.

Вид транспортного средства	Количество единиц транспортных средств (шт.):			
	2016	2017	2018	2019
Автобусы	370	1445	2176	2260
Грузовые	2687	6400	10937	10427
Легковые	18365	96958	135035	140081
Всего:	21422	104803	148148	152768

При анализе объема транспортных перевозок в городе Севастополе, отмечается увеличение объемов грузо- и пассажироперевозки. По данным Федеральной службы государственной статистики, выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта в 2019 году составили 8,2957 тыс. тонн [3].

Получить представление об уровне загрязнения атмосферного воздуха в Севастополе можно, изучив данные соответствующего мониторинга. Состояние загрязнения, измеряемого по пяти показателям ежемесячно, публикуется на сайте Главного управления природных ресурсов и экологии Севастополя (Севприроднадзора).

Согласно этим данным, в городском атмосферном воздухе наблюдается превышение содержания взвешенных веществ. Проще говоря, в воздухе на улице содержится столько твердых мелких частиц (которые бывают как токсичными, так и безвредными), что их количество может негативно сказываться на здоровье и самочувствии людей.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — термин, обозначающий санитарно-гигиенический норматив, законодательно утвержденный для каждого вещества. Считается, что такая концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде при повседневном влиянии не вызывает в организме человека патологических изменений или заболеваний. В Севастополе ПДК по взвешенным веществам почти постоянно превышена.

Особо актуально для Севастополя формирование транспортного каркаса города. В первую очередь, строительство Гераклейской рокады. Мост на Северную сторону необходимо строить за государственные средства в целях обеспечения бесплатного проезда для населения, а не посредством концессии. Наличие транспортного перехода через бухту позволит дать существенный толчок в развитии Северной стороны. Также очень важно увеличить количество парковочных мест за счет строительства подземных, наземных парковок и многоуровневых развязок [4].

Кроме того, важно внедрение интеллектуальных систем управления трафиком. Киберинфраструктура включает объединенную сеть хранилищ данных, датчиков и компьютеров. Это междисциплинарная концепция, которая функционирует как инфраструктура для

долгосрочного научного анализа. Он работает для интеграции массивных наборов данных, которыми можно управлять с меньшими усилиями и меньшей рабочей силой. Он позволяет добавлять большие объемы наборов данных и моделей из разных источников информации. Кибер-инфраструктура поддерживает трансляцию форматов данных, благодаря чему источники информации могут иметь собственный формат представления данных и политику доступа к данным. Это не снимает ограничений, наложенных на использование данных их первоначальным создателем. Системы на основе лазера могут использоваться для подсчета, классификации и измерения скорости транспортных средств. Системы на основе лазера предлагают надежность и долговечность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев И.Р., Новиков Ю.В. Окружающая среда и транспорт. - М.:Транспорт, 2013.
2. Лобачева Г. К. Эколого-геохимическая оценка состояния урболандшафтов г. Волгограда / Г. К. Лобачева, И. Ж. Гучанова, А. П. Фоменко // Вестник ВолГУ. Серия 3. Экономика. Экология. - 2012. - № 1
3. Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух на территории города Севастополя [Электронный ресурс]. URL: <http://ecosev.ru/deyatelnost/okhrana-atmosfernogo-vozdukha/345-obshchie-svedeniya/2947-vybrosy-zagryaznyayushchikh-veshchestv-ot-statsionarnykh-istochnikov-v-atmosfernyj-vozdukh-na-territorii-goroda-sevastopolya> (дата обращения 1.05.2021).
4. Хомяк Я.В., Скорченко В.Ф. Автомобильные дороги и окружающая среда. - Киев: Вища школа, 2012.

THE PROBLEM OF TRAFFIC CONGESTION ON THE STREETS OF SEVASTOPOL

*A. A. Lysak, angelina.lysak.1998@mail.ru, G. A. Sigora, sigora1@yandex.ru
Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

Annotation. The article discusses the theoretical aspects of the impact of traffic jams on the environment. The author describes the problems of the environmental impact of transport emissions in Sevastopol, and also gives recommendations for improving measures to combat traffic jams.

Keywords: ecology, transport, congestion, traffic jams, Sevastopol.

УДК 504.5:912

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ПРИМЕРЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

*Любимова Т.В., Стогний В.В., Стогний Г.А. TV-Luy@yandex.ru
Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия*

Аннотация. В работе рассмотрены основные геологические факторы экологического риска для Черноморского побережья Краснодарского края. Угрозу для безопасности региона представляют эндогенные процессы, прежде всего связанные с сейсмичностью, и экзогенные процессы. В связи с этим остро стоит проблема интегральной оценки рисков в зонах расположения крупных курортов и зон рекреации. В работе приведены разработанные карта оценки интегрального риска проявления опасных экзогенных геологических процессов и карта интегральной оценки потенциального риска эндогенных и экзогенных процессов территории Краснодарского края. Приведена таблица критериев для балльной оценки

эколого-геологических рисков. Указываются территории, для которых в первую очередь требуется разработка мероприятий по управлению рисками.

Ключевые слова: опасные геологические процессы, потенциальные риски, интегральная оценка, картирование.

Начало систематических исследований по анализу риска приходится на конец 1960-х годов. Обзор современных взглядов на проблему оценки рисков, как в зарубежной, так и отечественной литературе [5, 8] показывает, что до настоящего времени отсутствует единая методология их оценки, а из-за сложного и многоаспектного понятия, определение «риска» всё ещё остается неоднозначным. Отечественный опыт оценки сейсмического риска и экзогенных опасностей на урбанизированных территориях представлен в работах [2, 4, 6, 9].

Расширение хозяйственной деятельности неизбежно связано с воздействием на окружающую среду, но и сама природная среда может стать источником риска и представлять опасность жизни и здоровью населения, объектам экономики. Расширение рекреационной и туристической деятельности на Черноморском побережье является самым приоритетным направлением развития Краснодарского края. В связи с этим решение вопросов экологической безопасности в зонах расположения основных курортов, оценка влияния природных процессов на состояние зданий и сооружений также выходят на первое место.

Среди факторов экологического риска в особую группу выделяют геологические процессы. Геологические условия Черноморского побережья Краснодарского края определяются тектоническим положением Северо-Западного Кавказа, которое влияет на характер проявления эндогенных (высокая сейсмичность, активные тектонические нарушения, неотектонические деформации складчатых структур, движение блоков верхней части земной коры в условия напряженного состояния земной коры) и экзогенных природных процессов. Наиболее значимыми из экзогенных процессов по распространённости и негативному влиянию на природную среду являются оползневые процессы и эрозионная деятельность. На отдельных участках Черноморского побережья поражённость оползневыми процессами составляет 10-20 %, а при техногенном воздействии может возрастать до 50 %. Антропогенное воздействие на геологическую среду привело к массовому развитию оползневых процессов. Наибольшее число таких проявлений наблюдается вдоль горных дорог.

Южная часть Краснодарского края в полосе шириной до 200 км относится к Крымско-Кавказскому сейсмическому поясу и является сейсмоопасной территорией, здесь с различной степенью вероятности возможны сейсмические сотрясения интенсивностью 8-9 баллов [12]. Общий характер сейсмичности побережья края в историческом аспекте охарактеризован в работе [10]. Для данной территории имеются карты эпицентров землетрясений с $M > 4,5$, нормативные карты общего сейсмического районирования ОСР-2016*, схемы потенциальных сейсмических очагов с оценкой максимально возможной магнитуды землетрясений.

На локальном уровне современную сейсмичность Черноморского побережья края формируют главным образом реверсные движения, создаваемые сейсмогенерирующими Анапским и Сочинским блоками консолидированной коры. Анализ результатов оценки скорости движения положения спутниковых геодинимических пунктов (СГП) [1, 3] и элементов блокового строения земной коры Черноморского побережья позволяет отметить, что пункты с наибольшими скоростями движения соответствуют Анапскому ($5,15 \pm 0,3$ мм/год) и Сочинскому ($3,73 \pm 0,1$ мм/год) – наиболее жёстким и высокоплотным сейсмогенным блокам консолидированной коры, контролирующим соответственно Анапский и Сочинский сейсмические районы [11]. Площадь Анапского и Сочинского сейсмогенерирующих блоков не превышает 4 тыс. кв. км, что ограничивает предельные размеры очага и максимальную (6,0) магнитуду землетрясений. Важным фактором контроля распределения очагов землетрясений и их магнитуды является реологический. Так,

большинство очагов землетрясений с $M > 5$ локализованы в интервале глубин верхнего слоя земной коры (5÷15 км) наибольшей обобщённой прочности хрупкого разрушения.

Для сейсмически активных регионов наиболее актуальна проблема оценки сейсмических оползневых и склоновых процессов. В работе [7] такие явления и процессы туристско-рекреационных территорий названы «медленной» катастрофой.

В работе использован метод оценки отдельных факторов по баллам в зависимости от их важности. Метод балльной (или ранговой) оценки позволяет в значительной степени преодолеть сложность оценивания, вызванную неоднородностью сравниваемых показателей. Коэффициенты (К) для отражения характера и интенсивности проявления на территории того или иного процесса рассчитывались исходя из веса критерия в баллах и суммарной площади территорий, где этот процесс проявлен, выраженной в процентах. В таблице 1 приведены количественные характеристики рассматриваемых показателей.

Таблица 1 – Критерии балльности для оценки эколого-геологических условий

Критерий оценки	Характеристика	Вес критерия, в баллах
Сейсмичность по карте ОСР-2016*, балл	6	0
	7	1
	8 и более	2
Расчлененность рельефа, км/км ²	0,10-0,50	1
	0,50-1,00	2
	Свыше 1,00	3
Пораженность водно-эрозионными процессами, %	Менее 3 %	1
	3-25 %	2
	Более 25 %	3
Пораженность оползневыми процессами, %	Менее 3 %	1
	3-25 %	2
	Более 25 %	3

Для комплексной оценки потенциальных рисков от опасных геологических процессов изучаемой территории и построения итоговой карты потребовалось послойно наложить друг на друга все частные карты и вычислить среднее арифметическое значение баллов для каждого ограниченного участка. Для этого были проведены оверлейные операции, в результате которых выполнено объединение пространственных характеристик покрытий ARC/INFO в новый слой и реляционное соединение их атрибутивных данных.

Итогом стала интегральная карта-схема оценки интегрального риска проявления экзогенных геологических процессов (рис. 1). Наиболее благоприятными условиями характеризуются территории, которые имеют минимальный балл, а территории с неблагоприятными условиями — максимальный.

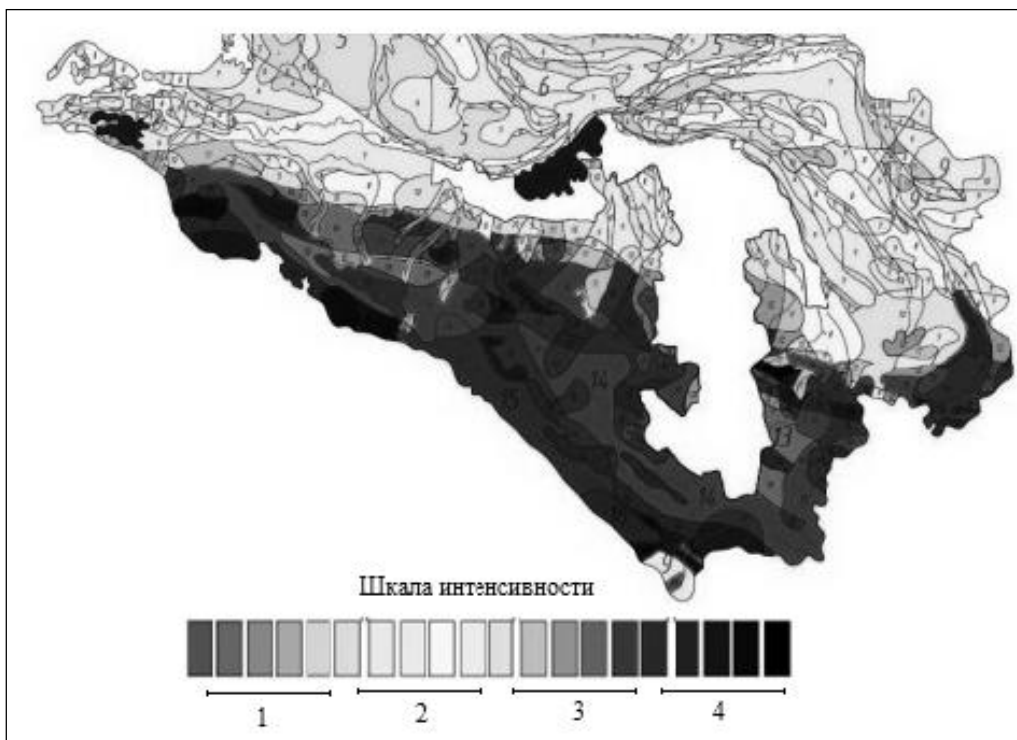


Рисунок 1 – Карта-схема оценки интегрального риска проявления экзогенных геологических процессов
 Шкала интенсивности: 1 – низкий, 2 – средний, 3 – высокий, 4 – очень высокий

Для достижения генерализации участки со схожим характером эколого-геологических условий были объединены в четыре района (зоны) по уровню потенциального риска опасных эндогенных и экзогенных процессов: низкий, средний, высокий, очень высокий (рис. 2).

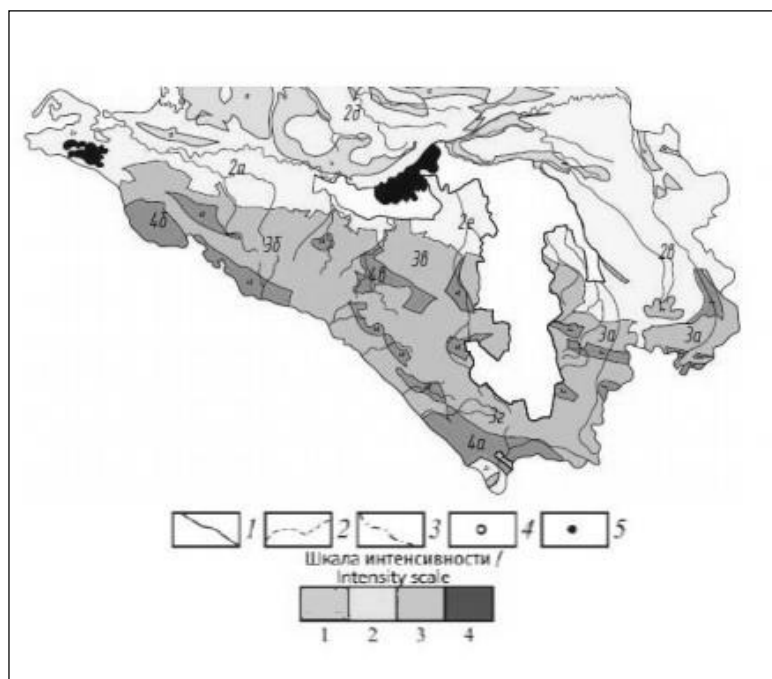


Рисунок 2 – Карта-схема интегральной оценки потенциального риска эндогенных и экзогенных процессов
 Шкала интенсивности: 1 – низкий, 2 – средний, 3 – высокий, 4 – очень высокий

Согласно полученным данным Черноморское побережье Краснодарского края преимущественно относится к территории с высоким уровнем потенциальных рисков, с отдельными участками очень высокого риска (Новороссийск, Геленджик, Сочи). Для первого случая необходима разработка системы учета факторов риска, поскольку возможность возникновения опасного события, масштаб потенциальных последствий могут потребовать значительных усилий для восстановления прежнего состояния. Следовательно, здесь требуются мероприятия по управлению рисками. Во втором случае, система учета факторов риска – обязательна. Вероятность возникновения опасного события высока и меры по управлению рисками для данных территорий обязательны.

В представленной методике риски описываются как предпосылки для их возникновения и поэтому рассматриваются как потенциальные. Таким образом, значение фактора природного риска, присвоенного конкретной территории, характеризует предпосылки, способствующие возникновению того или иного типа опасности на ней, однако не может рассматриваться как оценка вероятности возникновения опасного события.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабешко В.А., Юбко В.М., Глазырин Е.А., Шестопапов В.Л. Характер движений поверхности земной коры по данным GPS-измерений в районе Азово-Черноморского побережья Российской Федерации. // Наука юга России (Вестник Южного Научного Центра). – 2016 – Т. 12 № 4 – С. 33-40.
2. Бурова В.Н. Особенности районирования урбанизированных территорий для оценки риска от опасных природных процессов. // Геоэкология: инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2019 – № 6 – С. 106-111.
3. Величко С.В., Глазырин Е.А., Шереметьев В.М., Шестопапов В.Л. Мониторинг геодинамической активности Туапсинско-Сочинской сейсмоактивной зоны по данным GPS-наблюдений. // Инженерная геология Северо-Западного Кавказа и Предкавказья: современное состояние и основные задачи. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2016 – С. 41-47.
4. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В., Сависько И.С. Индексы и индикаторы геоэкологической безопасности урбанизированных территорий. // Геоэкология: инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2019 – № 4 – С. 94-101.
5. Косинова И.И., Кустова Н.Р. Теория и методология геоэкологических рисков. // Вестник ВГУ. Серия: Геология. – 2008 – № 2 – С. 189-197.
6. Ларионов В.И., Фролова Н.И., Угаров А.Н. Оценка сейсмического риска. // Геоэкология: инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2017 – № 2 – С. 22-37.
7. Минаев В.А., Фадеев А.О. Оценка геоэкологических рисков: моделирование безопасности туристско-рекреационных территорий. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2009 – 336 с.
8. Осипов В.И., Еремина О.Н., Козлякова И.В. Оценка экзогенных опасностей и геологического риска на урбанизированных территориях (обзор зарубежного опыта). // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2017 – № 3 – С. 3-15.
9. Осипов В.И., Ларионов В.И., Сушев С.П., Фролова Н.И., Угаров А.Н., Кожаринов С.В., Барская Т.В. Оценка сейсмического риска территории г. Б. Сочи. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2015 – № 1 – С. 3-19.
10. Стогний В.В. Сейсмичность Краснодарского края и Республики Адыгея: исторический аспект. // Вестник Краснодарского регионального отделения РГО: сб. науч. трудов. – 2020 – Вып. 10 – С. 130-137.
11. Стогний Г.А., Стогний В.В. Проблема оценки сейсмогенного риска Черноморского побережья Краснодарского края. // Туристско-рекреационный комплекс в системе регионального развития: Материалы VII Международной научно-практической конференции. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2019 – С. 226-229.

12. Уломов В.И., Данилова Т.И., Медведева Н.С., Полякова Т.П., Шумилова Л.С. К оценке сейсмической опасности на Северном Кавказе. // Физика Земли. – 2007 – № 7 – С. 31-45.

ASSESSMENT OF POTENTIAL ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL RISKS ON THE EXAMPLE OF RECREATIONAL AREAS OF THE BLACK SEA COAST OF THE KRASNODAR TERRITORY

*Lyubimova T. V., Stogniy V. V., Stogniy G. A. TV-Luy@yandex.ru
Kuban State University, Krasnodar, Russia*

Abstract. The paper considers the main geological factors of environmental risk for the Black Sea coast of the Krasnodar Territory. Endogenous processes, primarily related to seismicity, and exogenous processes pose a threat to the security of the region. In this regard, the problem of integrated risk assessment in the areas of large resorts and recreation areas is acute. The paper presents the developed map of the assessment of the integral risk of dangerous exogenous geological processes and the map of the integrated assessment of the potential risk of endogenous and exogenous processes in the territory of the Krasnodar Territory. The table of criteria for the point assessment of ecological and geological risks is given. The territories for which the development of risk management measures is primarily required are indicated.

Keywords: hazardous geological processes, potential risks, integrated assessment, mapping

УДК 553+622+551]:504.7 (47+57) М 536

ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НА УЧАСТКАХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОСВОЕНИЯ В КРИОЛИТОЗОНЕ ЯКУТИИ

¹А.А. Поморцева, ²О.А. Поморцев, ²Д.С. Кузьмин

e-mail: a.a.pomortseva@mail.ru; olegpotortsev@mail.ru; dima13689@icloud.com

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет", г. Санкт-Петербург, Россия

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова", г. Якутск, Россия

Аннотация. Рассматривается проблема глобального потепления климата и отклика криолитозоны Якутии на потепление. Приводятся данные многолетних инженерно-геологических и геоэкологических наблюдений вскрывающие взаимосвязи геолого-экологических проблем территории и потепления в приложении к участкам горно-промышленного освоения. Выполнен анализ изменчивости геоэкологических обстановок на ключевых участках с учетом природных и техногенных факторов модулирующих развитие рисков опасных геоэкологических аномалий. На основе данных маршрутных инженерно-геологических исследований и развернутого геолого-экологического анализа уточнены особенности отклик криолитосистем равнинной и горной Якутии на потепление. Оцениваются тенденции современных геоэкологических преобразований. Обосновывается предварительный инженерно-геоэкологический прогноз.

Ключевые слова: Якутия, геолого-геоэкологические исследования, криолитозона, глобальное потепление климата, криолитосистема, горно-геологическое освоение, геоэкологические риски, инженерно-геоэкологический прогноз.

В настоящее время сила природных перегрузок, связанных с глобальным потеплением климата семимильными шагами приближается к «красной черте» за которой могут последовать опасные разрушения криолитозоны. Учитывая концентрацию горно-промышленного производства, транспортных и энергетических ресурсов, а также наличие

обширных площадей сельскохозяйственных угодий в Якутии, можно ожидать, что именно здесь природные аномалии способны создать угрозу максимальных экономических потерь включая прямое разрушение инфраструктуры региона.

В современной волне глобального потепления, уже принёсшей ущерб человечеству на многие миллиарды долларов, установлены два непреложных факта:

1. Потепление идёт опережающими темпами на территории Якутии, целиком расположенной в зоне действия «холодильника» Северной Азии - Сибирского антициклона;
2. Оно же представляет основную угрозу любым формам деятельности человека и его проживанию в зоне вечной мерзлоты, в которую опять же целиком входит Якутия.

Отсюда основной вывод: какие бы проблемы природного и социального характера мы не решали в Якутии, Северной Азии или Северном полушарии, все они решаются только внутри проблемы глобального потепления климата.

Еще один важный факт заключается в том, что в геологическом прошлом низменные равнины Якутии неоднократно попадали в зону обширных потоков, оставивших следы в виде мощных песчаных комплексов вскрывающихся в террасовых уступах речных долин, на участках распространения песчаных дюн - тукуланов и в горных выработках карьеров, в том числе и в окрестностях г. Якутска. Якутск и большая часть окружающей его инфраструктуры стоят на крайне ненадёжном фундаменте. Если природа начнет здесь проигрывать свой обычный «сценарий» с потоками значительные площади криолитозоны могут уйти под воду. В этом случае мы можем стать заложниками этого процесса, а наша хозяйственная инфраструктура будет играть роль «замков на песке». В этом Якутия моделирует в миниатюре глобальную опасность всего земного шара, большая часть населения которого сконцентрирована на 40% площади суши по берегам морей и океанов и потому автоматически попадает под затопление в условиях развивающегося потепления и прогрессивно нарастающего обводнения планеты...

Несмотря на очевидные угрозы развивающегося потепления, сама проблема закономерностей его развития и прогноза остается предметом дискуссии специалистов. Их точки зрения диаметрально противоположны. Если обратиться к региональным прогнозам Института мерзлотоведения СО РАН (г. Якутск), можно видеть, что с 2018 г. к нам в Якутию должно было придти похолодание, сопоставимое по масштабам с Малой ледниковой эпохой (МЛЭ), пик которой пришёлся на середину XIX в. Однако этим ожиданиям сбыться было не суждено. Именно поэтому перспективы развития горнопромышленного комплекса криолитозоны Якутии на XXI столетие остаются неопределенными. На сегодня отсутствует надежное обоснование поведения многометровой толщи мерзлоты в условиях потепления климата. **Пи этом известно, что,** функционирование криолитосистем определяется прежде всего экстремальными показателями климата, а также присутствием в составе толщ многолетнемерзлых пород (ММП) природных льдов с их колоссальной энергией и тенденциями к фазовым переходам. Неустойчивость и мобильность этих систем может привести к катастрофическим последствиям.

На уровне оценок степени влияния глобального потепления на криолитозону мы еще не обеспечены в полной мере необходимой аналитической информацией, накопление которой требует времени и средств, так как предполагает постановку специальных долговременных мониторинговых и маршрутных наблюдений. Материалы, представленные в настоящем докладе, получены авторами по личной инициативе и при поддержке Республиканских программ по изучению природно-территориальных комплексов Республики Саха (Якутия) и других фондов, в частности, ФЦП России. Они представлены наблюдениями на ряде эталонных участков приуроченных к площадям горно-геологического освоения. Обращение к этим материалам имеет главной целью показать еще только приоткрывающиеся реалии отклика криолитозоны на развивающееся потепление.

В задачу исследований входило: поиск закономерностей развития геоэкологически опасных природно-климатических аномалий в криолитозоне Якутии и отклика на эти вызовы опасных экзогенно-геологических проявлений на участках горно-геологического

освоения.

Хороший пример о степени надвигающейся угрозы даёт современное таяние льдов в Арктике, когда после трёх десятилетий потепления Северный Ледовитый океан потерял за один только 2013 г. 35% ледового покрова. Процесс достиг критической точки при огромном сопротивлении Арктики таянию, но достигнув её, пошёл вперёд семимильными шагами.

К настоящему времени уже получены определенные данные наблюдений за динамикой природных и инженерно-геологических процессов в криолитозоне Якутии на фоне изменяющегося климата. Они, в той или иной степени, предварительно, позволяют оценивать отклик криолитосистем на изменения климата. В частности, на фоне увеличения протаяк ММП и повышения температуры пород в подошве слоя годовых теплооборотов, отмечается усиление динамики надмерзлотных вод и экзогенных геологических процессов и явлений [1, 3]. Особую роль в усилении экзогенных проявлений наряду с ростом температуры приземного воздуха играют аномалии атмосферного увлажнения, способные усиливать и даже создавать условия пока еще локальных экзогенных катастроф [2].

Согласно нашим наблюдениям, первая волна усиления динамики экзогенных процессов обозначилась в Центральной Якутии так же, как и в Арктике, спустя четверть века с начала развития главной волны современного потепления, «стартовавшей» в конце семидесятых годов прошлого столетия. Она была зафиксирована в 2001-2003 гг. в долине Средней Лены, где под влиянием оттаивания ММП произошло усиление динамики надмерзлотных вод, вызвавшее массовые обрушения осадочного чехла на крутых бортах долины, с обнажением скальных оснований. Особенно ярко этот процесс обозначился в районе урочища «Кангаласский камень» на юго-восточной периферии крупнейшего в Якутии Кангаласского буро-угольного месторождения под Якутском (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Обрушение осадочного чехла в районе Кангаласского мыса р. Лена, 2001 г

Практически одновременно экзогенный удар приняли автодороги Якутии, в том числе федеральные трассы «Лена» (Якутск – Большой Невер) и «Колыма» (Якутск-Магадан), обеспечивающие транспортную доступность к золотоносным месторождениям Востока Сибири и круглогодичные межрегиональные автотранспортные связи Республики Саха (Якутия) с Дальним Востоком, Центральной Россией и Магаданской областью (рисунок 2).



Рисунок 2 – Федеральная автотрасса «Лена» на участке Якутск-Алдан летом 2003 г. (фото Александра Н. Федорова)

В 2011-2014 гг., экзогенная волна накрыла горную область Восточной Якутии. Наиболее ярко она обозначилась в районе Батагайского кассетеритового месторождения (Верхоянье). Здесь, в бассейне речки Батагайки, образовался гигантский теплоэрозионный провал, обнаживший мощное ледяное ядро криолитозоны в виде ледового уступа высотой до 20-30 м и более и протяженностью более четырех километров.



Рисунок 3 – Обнажившееся ледовое ядро криолитозоны в районе батагайского кассетеритового месторождения (фото Иннокентия Старостина, лето 2014 г.)

Масштабы разрушений криолитозоны на участке батагайского месторождения наглядно продемонстрировали грандиозные масштабы потенциально опасной ледовой структуры криолитозоны, а также масштабы проблемы, с которой предстоит столкнуться в случае дальнейшей эскалации потепления.

Заключение

Исследование причин экзогенных вызовов на равнинах и в горах Якутии с приходом XXI столетия показало, что в их основе лежат природно-климатические аномалии на фоне изменяющегося климата. Первая волна опасных экзогенных процессов, охватившая равнины Центральной Якутии 2002-2004 гг., была связана с чередой засушливых сезонов, вызвавших небывалые по масштабам лесные пожары и последующую активизацию экзогенных проявлений. Вторая волна, прокатившаяся спустя десятилетие - в 2012-2015 гг. напротив, была активизирована положительными аномалиями атмосферного увлажнения. Особенно

ярко она проявилась в горной местности, где был причинен значительный ущерб транспортным магистралям и другим линейным сооружениям. Учитывая тот факт, что обе аномалии и сухая и влажная пришлись на годы близкие к максимумам 11-летнего цикла солнечной активности, можно предположить, что нечто подобное, если исходить из подмеченной закономерности может повториться уже в начале текущих 2020-х гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поморцев О А, Кашкаров ЕП, Ловелиус НВ2015 *Vestnik NEFU3* pp 14–20
2. Поморцев О А, Поморцева А. А. 2016 *Proc. V Int. Conf. Перспективы инновационного развития угольных регионов России* (Прокопьевск: изд-во филиала КузГТУ) pp 262–271
3. Trofimtsev Y I, Pomortsev O A, Popov V F, Pomortseva A A 2017 *AIP Conference Proceedings 1907 030025* <https://doi.org/10.1063/1.5012647>

CLIMATE WARMING AND GEO-ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN THE MINING AND GEOLOGICAL DEVELOPMENT AREAS IN THE CRYOLITHOZONE OF YAKUTIA

¹A.A. Pomortseva, ²O.A. Pomortsev, ³D.S. Kuzmin

e-mail: a.a.pomortseva@mail.ru; olegpomortsev@mail.ru; dima13689@icloud.com

¹Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation

²M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation

Abstract. The problem of global climate warming and the response of Yakutia's cryolithozone to warming is discussed. The paper presents the data of long-term engineering-geological and geocological observations revealing the interrelation of geological and ecological problems of the territory and warming in the application to the sites of mining and industrial development. The analysis of variability of geo-ecological conditions at the key sites, taking into account natural and anthropogenic factors modulating the development of risks of dangerous geo-ecological anomalies was performed. Based on the data of route engineering-geological studies and detailed geological-ecological analysis, the response features of cryolithic systems of plain and mountain Yakutia to warming are specified. The trends of modern geo-ecological transformations are evaluated. A preliminary engineering and geo-ecological forecast is substantiated.

Key words: Yakutia, geological and geo-ecological studies, cryolithozone, global climate warming, cryolithosystem, mining and geological development, geo-ecological risks, engineering and geo-ecological forecast.

УДК 550.83

СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ ФОНОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ НА ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ ПЛАТФОРМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

^{1,2}Сафронич И.Н. igor@geophys.vsu.ru, ¹Бударина В.А., ³Галкин А.Н.

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

²ФГБУН ФИЦ ЕГС РАН, г. Воронеж, Россия

³Витебский государственный университет имени П.М.Машерова, Беларусь

Аннотация. В работе представлен и обоснован авторский способ получения максимально близкой оценки амплитудного спектра фонового микросейсмического поля на исследуемом интервале сейсмической записи в условиях присутствия не постоянно действующих помех от антропогенных и природных сейсмических источников.

Представленный способ открывает возможность использования пассивных методов сейсморазведки в экологической геофизике для изучения особенностей геологических условий в населенном пункте, выделение в его микросейсмическом поле природной и техногенной составляющей с оценкой комфортности жизни деятельности населения.

Ключевые слова: Микросейсмическое поле, микросейсмический фон, амплитудные спектры гауссова белого шума, комфортность жизни-деятельности населения

Развитие и успешное использование методов пассивной сейсморазведки показывают высокую информативность микросейсмического поля (МП). На современном этапе их активному развитию способствует экологическая чистота, меньшие затраты ресурсов, а также возможность изучения геологической среды в её невозмущенном состоянии. Сегодня они используются для решения широкого круга задач: поиск залежей углеводородного сырья; изучение неоднородных геологических структур; фундаментальных исследований геосреды; разработка методов прогноза возможных катастроф; развитие новых методов поиска, разведки и контроля при разработке полезных ископаемых; микросейсмического районирования территорий; краткосрочного прогноза землетрясений; прогноза локальных геодинамических рисков территории.

Несмотря на то, что всестороннее изучение микросейсмического поля началось ещё с середины 20-го века, его активное использование для решения прикладных задач стало возможным только в 90-х годах прошлого века после интенсивного развития инструментальной базы наблюдательной сейсмологии, значительно расширившей диапазоны регистрации, как в частотной, так и в амплитудной области. Развитие и успешное применение методов пассивной сейсморазведки показывают, что на поверхности Земли кроме сейсмических помех различного генезиса присутствует процесс, в котором может содержаться эта полезная информация, которая в сочетании с основными преимуществами пассивных методов делают возможным и даже целесообразным применение их в экологической геофизике.

Сегодня уже очевидно, что в фоновой составляющей микросейсмического поля содержится геолого-геофизическая информация о приповерхностной части литосферы и протекающих в ней разнообразных геологических процессах, о которых писали в своих трудах ещё М.В. Ломоносов и В.И.Вернадский: «Земля как планета претерпевает определенную геофизическую и геохимическую эволюцию», но «эволюция Земли носит не беспорядочный, случайный характер, а, напротив, подчиняется определенным закономерностям, которые можно наблюдать на поверхности планеты». С этой точки зрения, фоновое микросейсмическое поле (ФМП) можно считать индикатором этой геологической эволюции, основной движущей силой которой является эндогенная энергия.

Обычно пассивные методы сейсморазведки, в основном, применяются для решения геофизических задач на не сильно урбанизированных территориях. Однако для использования их при решении экологических задач необходимо выполнение работ на густо заселенных и промышленно развитых территориях, на которых антропогенные воздействия превышают в несколько раз уровень фонового микросейсмического поля. Поэтому для возможности их прикладного использования в экологической геофизике, необходимо решить важную задачу оценки параметров фонового микросейсмического поля в условиях действия антропогенных помех.

Как известно, в пункте наблюдения микросейсмическое поле создает сложный волновой процесс, регистрируемый трехкомпонентной сейсмической станцией – микросейсмический шум (МСШ), представляющий собой разложение скорости движения грунта по трем направлениям Z-вертикальный (вверх-вниз) и два горизонтальных NS - (север-юг) и EW - (восток-запад) и являющийся суперпозицией колебаний от большого числа природных и антропогенных источников. Исследование временных и пространственных вариаций его уровня на территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ) показало, что на записях кроме антропогенной нагрузки, «сейсмических

бурь», волновых полей от взрывов и землетрясений, транспортных помех присутствует процесс – микросейсмический фон (МФ), создаваемый в пункте наблюдения вариациями фонового микросейсмического поля.

Основной (информативной) характеристикой микросейсмического процесса является его осредненный амплитудный спектр, полученный на исследуемом временном интервале по мгновенным амплитудным спектрам, представляющий собой набор осредненных амплитуд гармонических составляющих. Однако результат расчета осредненного спектра микросейсмического шума на выбранном интервале, используемый обычно в качестве оценки амплитудного спектра МФ существенно зависит от уровня антропогенных помех. То есть в зависимости от общей «мощности» помех присутствующих на этом интервале записи оценка амплитудного спектра МФ по осредненному амплитудному спектру может быть не адекватной даже при использовании выборки менее зашумлённых фрагментов, которая формально делает получаемый результат также менее объективным и достоверным. В некоторых случаях оценку амплитудного спектра микросейсмического фона улучшают с использованием вместо среднего значения амплитуды МСШ по каждой гармонике её медиану или моду. Однако при всей программной сложности их расчета, и они не могут гарантировать получение оценки максимально приближенной к амплитудному спектру микросейсмического фона на выбранном интервале. Всё это сильно ограничивает использование фонового микросейсмического поля в качестве инструментария для использования в экологической геофизике.

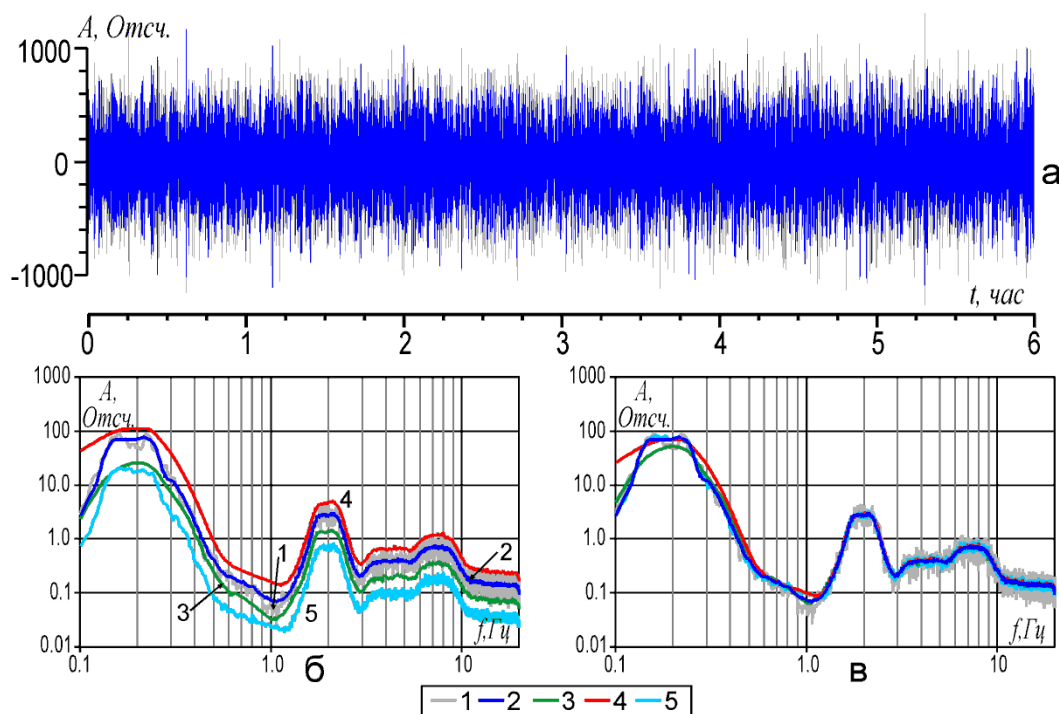
Для возможного решения этой проблемы рассмотрим моделирование микросейсмического фона с помощью Гауссова белого шума (ГБШ). На его основе рассмотрим несколько способов получения оценки осредненного амплитудного спектра ГБШ и выберем наилучший вариант. Обычно в прикладных классических задачах ГБШ играет роль постоянно присутствующей «помехи», на фоне которой надо обнаружить появление «полезного» сигнала и определить его характеристики. Решение обратной задачи, в которой роль «полезного», постоянно существующего сигнала играл бы ГБШ, а в роли «помехи» выступали бы любые сигналы непостоянно присутствующие на всём рассматриваемом интервале, особого не рассматривалось. Возможно она не находила практического применения и считалась простой, т.к. в большинстве случаев для её решения достаточно использования стандартных статистических методов, и поэтому специальные (улучшенные) методы решения не разрабатывались.

Рассмотрим некоторые возможные варианты оценки осредненного амплитудного спектра ГБШ на выбранном интервале записи. Для этого используем запись ГБШ, моделирующую микросейсмический фон без помех на выбранном интервале. Разделим его на статистически значимое число фрагментов равной длительности с 50% перекрытием. Рассчитаем для каждого фрагмента амплитудный спектр с использованием преобразования Фурье и весовым окном Хемминга, а также сглаживанием его по 7-ми значениям спектральных амплитуд для исключения существенных флуктуаций их соседних значений (осреднение спектральной амплитуды с 3-мя до и 3-мя после). Представим амплитуду каждой гармоники как случайную величину, изменяющуюся от одного к другому амплитудному спектру фрагментов, и рассчитаем для них среднее, минимальное и максимальное значение, а также среднеквадратическое отклонение. Тогда «набор» (ряд) из средних значений спектральных амплитуд гармоник соответствует оцениваемому осредненному амплитудному спектру, а ряды максимальных, минимальных и среднеквадратических значения будем называть максимальным, минимальным и среднеквадратическим амплитудным спектром соответственно и проверим их на возможность использования в качестве оценки. Для получения представления о влиянии на точность оценки количества фрагментов, используем последовательный способ расчета, который позволяет получать «готовый» результат на каждом шаге.

Для расчета использовался процессор обработки сигналов (ПОС) программы WSG для обработки сейсмологических данных [1, 2]. Он позволяет сгенерировать запись ГБШ

нужной длительности, а также реализовать последовательный алгоритм её обработки с расчетом средних, минимальных и максимальных амплитудных спектров на каждом шаге. Для расчета среднеквадратического амплитудного спектра для каждой гармоники использовалась формула разности моментов, которая хорошо адаптируется под последовательный алгоритм расчета. Для расчета максимального и минимального спектра на каждом шаге проводилось сравнение амплитуд гармоник попарно между амплитудным спектром нового фрагмента и минимальным и максимальным спектром с предыдущего шага. В результате выбора минимальных и максимальных амплитуд гармоник получались новые минимальные и максимальные ряды, которые после сглаживания по 7 значениям становились минимальным и максимальным амплитудным спектром этого шага.

На рис. 1а представлен результат моделирования 6-ти часового интервала записи, амплитудно-частотный состав которой имитирует запись вертикального канала. Используя описанную выше методику, получены варианты амплитудных спектров (рис. 1б) по 100 5-ти минутным фрагментам. На рис. 1в показано, что они в среднем пропорциональны друг другу.



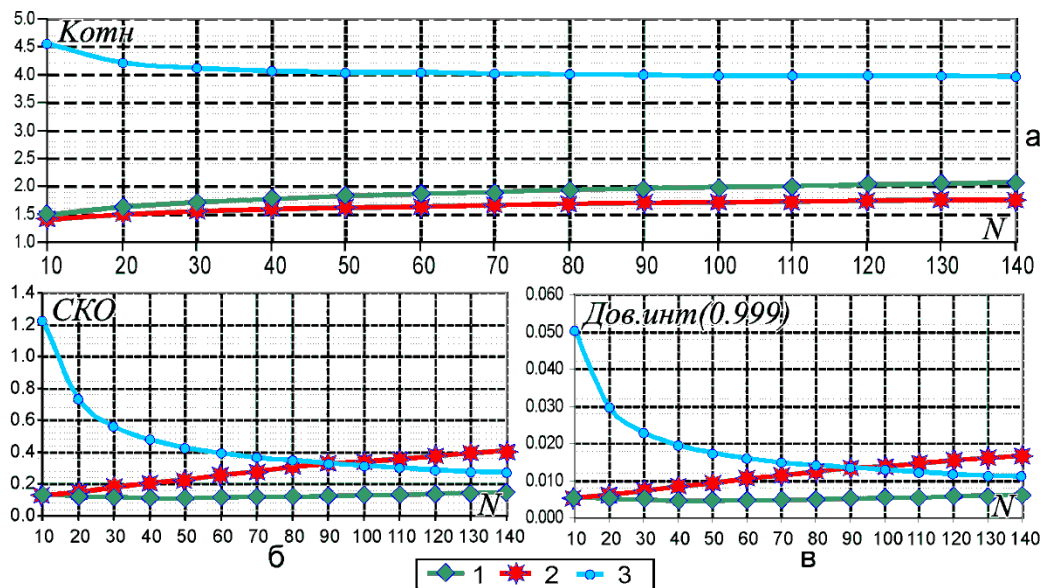
1 – Амплитудный спектр 5-ти минутного фрагмента; Амплитудные спектры, полученные по 100 5-ти минутным фрагментам с 50% перекрытием амплитудным спектрам:
2 – осредненный; 3 – минимальный; 4 – максимальный; 5 – среднеквадратический.

Рисунок 1 – Результат моделирования 6-ти часовой записи микросейсмического фона (а), сравнение амплитудных спектров статистических характеристик с мгновенным и осредненным (б) и наличие «линейной» связи между ними (в)

Таким образом, из рис 1 видно, что для смоделированной записи ГБШ полученный осредненный амплитудный спектр в среднем совпадает со спектром отдельного фрагмента, а также может быть получен линейным масштабированием описанных выше амплитудных спектров. Это позволяет использовать их в качестве оценки осредненного амплитудного спектра микросейсмического фона.

Для расчета точности этих оценок рассмотрим отношения амплитудных спектров оценок с осредненным спектром, полученные делением больших на меньшие значения. Рассчитанные по каждой частоте отношения усредним в диапазоне частот 0.1-20 Гц и посчитаем среднеквадратическое отклонение (СКО) и доверительный интервал с уровнем доверия 0.999. На рис. 2а представлены зависимости средних значений отношений от числа

N используемых для расчета фрагментов. Зависимость среднеквадратического отклонения полученных отношений от числа фрагментов представлена на рис. 2б. Рассчитанный при этом доверительный интервал для записи ГБШ с частотой дискретизации 50 Отсч/с более чем в 20 раз меньше СКО, приведен на рис. 2в.



Отношения амплитудных спектров: 1 – осредненный к минимальному; 2 – максимальный к осредненному; 3 – осредненный к среднеквадратическому

Рисунок 2 – Зависимости масштабирующих коэффициентов для оценки осредненного амплитудного спектра модели микросейсмического фона (а), их статистических оценок: среднеквадратического отклонения (б) и доверительного интервала (в) от числа фрагментов используемых для расчета

Как видно из рис. 2, начиная с числа фрагментов 70 представленные зависимости коэффициентов отношений (рис. 2а) становятся практически линейными. При этом зависимость доверительного интервала отношения минимального амплитудного спектра (рис. 2в) при этом числе фрагментов имеет небольшой минимум. То есть для получения максимально близкой оценки необходимо разбивать интервал исследуемой записи на не менее чем 70 фрагментов, при этом увеличение числа фрагментов не приносит существенного выигрыша, а только удлиняет время обработки. Поэтому для практического использования число фрагментов может находиться в пределах 70-100.

Таким образом, рассмотренные варианты оценок позволяют с хорошей точностью «смоделировать» осредненный амплитудный спектр микросейсмического фона без помех. В случае присутствия на интервале записи непостоянно действующих помех, максимальный и среднеквадратический амплитудный спектр для оценки использовать не получится, так как они будут включать составляющие техногенных и природных помех. А вот минимальный амплитудный спектр по-прежнему можно использовать, так как он будет включать только составляющие микросейсмического фона, которые на записи присутствуют всегда и во всём диапазоне частот в отличие от помех, действующих кратковременно и в отдельных частотных диапазонах. То есть минимальные значения спектральных амплитуд соответствующие микросейсмическому фону будут собираться из разных мгновенных амплитудных спектров фрагментов. В результате полученный минимальный амплитудный спектр, умноженный на коэффициент соответствующий числу фрагментов, является максимально близкой оценкой осреднённого амплитудного спектра микросейсмического фона на рассматриваемом интервале записи.

Для «экологического» применения предложенного способа на исследуемой территории можно использовать три из рассмотренных амплитудных спектров. Минимальный можно считать фоновой составляющей микросейсмического поля в пункте наблюдения, осредненный – его постоянной составляющей, а максимальный – это непостоянная составляющая. Используя их соотношения можно ввести для этого населенного пункта оценку комфортности жизни деятельности в нём. Однако в микросейсмическом шуме в пределах населенного пункта присутствует процесс «техногенная нагрузка», которая всегда в дневное время присутствует и создает суточные вариации уровня микросейсмического шума. Поэтому для получения стабильных оценок необходимо использовать суточный интервал записи с 12:00 по 12:00 следующего дня. Используя записи стационарных сейсмических станций можно посуточно осуществлять мониторинг за трансформацией микросейсмического поля пункта наблюдения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ в рамках научных проектов № 20-55-00010, №X20P-284.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафронич, И. Н. Особенности последней версии процессора обработки сигналов в программном комплексе WSG и возможности его использования в научно-исследовательской работе / И. Н. Сафронич, С. А. Красилов, С. И. Колесникова, А.В.Савенков // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных.– Обнинск: ГС РАН, 2016.– С. 380-389.

2. Сафронич, И. Н. Анализ данных в частотной области с использованием процессора обработки сигналов программного комплекса WSG / И. Н. Сафронич, С. А. Красилов, И.М. Колесников, С. И. Колесникова // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных.– Обнинск: ГС РАН, 2017.– С. 386-395.

A METHOD FOR SELECTING THE BACKGROUND COMPONENT OF THE MICROSEISMIC FIELD DURING WORK ON TECHNOGENICALLY LOADED PLATFORM TERRITORIES

Safronich Igor Nikolaevich, igor@geophys.vsu.ru

Voronezh State University; Geophysical Survey of Russia Academy of Sciences, Voronezh, Russia

Abstract. The paper presents and substantiates the author's method for getting the closest possible estimate of the amplitude spectrum of the background microseismic field at the studied interval of seismic recording in the presence of non-permanent interference from anthropogenic and natural seismic sources. The presented method opens up the possibility of using passive methods of seismic exploration in ecological geophysics to study the features of geological conditions in a locality, the allocation of natural and man-made components in its microseismic field with an assessment of the comfort of life and working of the population in it.

Keywords: Microseismic field, microseismic background, amplitude spectra of Gaussian white noise, comfort of life and working of the population

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСТОЧНИКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

^{1,2}Сафронич И.Н., igor@geophys.vsu.ru, ²Ефременко М.А., nadezhka@geophys.vsu.ru

¹Бударина В.А., ³Павловский А.И.

¹-ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

²-ФГБУН ФИЦ ЕГС РАН, г. Воронеж, Россия

³ Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь

Аннотация. В работе представлена актуальная для территории Центрально-черноземного региона (ЦЧР) проблема, которой в настоящее время не уделяется должного внимания. Это связано с некоторыми особенностями источника сейсмической опасности, возникающей при проведении взрывов открытым способом. Этот источник создает сейсмическое воздействие на объекты жизни деятельности и на самого человека и имеет две составляющие, одна из которых может быть учтена («постоянная»), а другая – трудно прогнозируемая («нестационарная»). Результаты воздействия «нестационарной» составляющей часто «списываются» на ошибки при строительстве, хотя они, скорее всего, связаны с тем, что в месте данного строительства на этапе проектирования эти особенности источника сейсмической опасности не учитывались. Развитие сейсмологических наблюдений позволит всесторонне изучить эту проблему и найти приемлемое компромиссное решение, обеспечивающее как безопасность объектов жизни деятельности в близлежащих населенных пунктах, так и планомерное развитие горно-обогатительных комбинатов на густо заселенной территории ЦЧР.

Ключевые слова: Центрально-Черноземный регион, промышленные взрывы, сейсмический эффект, сейсмические станции, сейсмоакустическая волна.

Значительные объемы горнодобывающего производства в России и, в частности, заметная доля открытых горных работ определяют высокую значимость проблемы воздействия массовых промышленных взрывов на окружающую среду. Центрально-Черноземный регион (ЦЧР) относится к числу территорий с самой высокой интенсивностью сейсмической энергии, выделяемой при производстве промышленных взрывов в карьерах, уступая только Уралу. Ежегодный объем ВВ, используемый при взрывах, составляет около 130 тыс.т, что соответствует потоку сейсмической энергии $10^{10} - 10^{13}$ Дж. На территории ЦЧР работают несколько крупных карьеров производящих взрывы в кристаллическом фундаменте. Для производства одного взрыва в этих карьерах обычно используется ВВ массой до 2 тыс. т, а в отдельных случаях и более [1]. В тоже время по сравнению с Уралом, ЦЧР имеет более высокую плотность населения, а также развитую сеть продуктопроводов и промышленность с объектами повышенной технологической и экологической опасности, нарушение штатной работы которых может привести к возникновению ЧС на большой территории. Поэтому важной и актуальной задачей является определение всех особенностей источника сейсмической опасности возникающих при выполнении взрывных работ и разработка мер по снижению сейсмических воздействий на человека и объекты его жизнедеятельности [2].

В работе использовались опубликованные материалы по результатам сейсмического мониторинга территории ЦЧР региональной сетью сейсмических станций Совместной лаборатории глубинного строения, геодинамики и сейсмического мониторинга им. проф. А.П.Таркова ВГУ И ФИЦ ЕГС РАН за 20 лет её работы. Представлены те результаты, которые показывают наличие трудно прогнозируемых «особенностей» источника

сейсмической опасности возникающего при производстве взрывов открытым способом. Основная причина таких «особенностей» связана с тем, что промышленный взрыв является достаточно сложным технологическим процессом, направленным на увеличение доли энергии взрыва, идущей на дробление породы, что позволяет за счет кратного увеличения объема ВВ повысить производительность при разработке месторождений на горно-обогатительных комбинатах (ГОК). При этом сейсмическое воздействие за счет применения технологии коротко замедленного взрыва [3-5] увеличивается не так значительно, так как весь объем ВВ делится на более чем 100 частей (скважин), а использование задержки, обеспечивает очередность их подрыва через равные промежутки времени. Кроме того, заряд каждой скважины также делится на 2 или 3 части, которые в зависимости от глубины скважины размещаются в её нижней, верхней и средней части. Короткая задержка между подрывами обеспечивает максимальное гашение сейсмической энергии при взрыве одной скважины.

При правильном расчете схемы короткозамедленного взрыва его сейсмическое воздействие становится эквивалентно одновременному подрыву группы из нескольких скважин. Однако при его расчете учитывается только основные факторы, поэтому возникающее воздействие может «немного» отличаться от запланированного. Тогда создается воздействие со сложным пространственным распределением. А в случае нештатного срабатывания схемы подрыва, что маловероятно, но не исключено полностью, мощность сейсмического воздействия на геологическую среду можеткратно возрасти. Таким образом, оценить созданное проведенным промышленным взрывом реальное сейсмическое воздействие (степень сейсмической опасности источника) по технической документации сложно или практически невозможно.

Кроме того, от взрывов проводимым открытым способом на сейсмических станциях регистрируется также сейсмоакустическая волна, существование которой подтверждается результатами, полученными в работах по исследованию акустосейсмического поля с использованием сейсмическими вибраторами инфразвукового диапазона и математическим моделированием их генерации [6-8]. Воздействия происходят в инфразвуковом диапазоне частот, что в теории может приводить к повреждению и даже разрушению строительных конструкций, а также непосредственно влиять на здоровье людей. Степень опасности создаваемой данным видом источника на сегодняшний день не может быть теоретически рассчитана, что создает «невидимую» угрозу объектам жизни деятельности и самому человеку.

Таким образом, взрывы в карьерах являются источником сейсмической опасности, которую можно представить в виде двух составляющих, одна из которых «постоянная» учитывает основные факторы при расчете схемы каждого промышленного взрыва в карьере, а другая «нестационарная» зависит от присутствия других (не основных), включая и метеорологических факторов, а также «штатности» срабатывания зарядов. Сегодня контроль нестационарной составляющей сейсмической опасности не производится, возможно, предполагается, что он незначителен. Оценить её вклад для конкретного карьера, однотипных взрывов можно по степени отклонения возникающего «сейсмического эффекта» на заданном удалении и азимуте от построенной по сейсмологическим данным статистической зависимости, связывающей сейсмический эффект с мощностью взрыва (объемом ВВ) и расстоянием от места взрыва.

Наиболее распространенным параметром «сейсмического эффекта», принятым как в России, так и в зарубежных странах, является векторная скорость колебаний грунта у оснований охраняемых зданий и сооружений [9, 10]. Она же (максимальная скорость создаваемая вибрацией) используется для оценки воздействия не только на объекты жизнедеятельности человека, но и на него самого [11]. При этом трехкомпонентный способ регистрации сейсмических воздействий позволяет рассматривать сейсмический эффект, создаваемым как полным вектором скорости, так и его составляющими: вертикальной и двумя горизонтальными.

Для иллюстрации вышесказанного приведем результаты, полученные при выполнении работ по оценке сейсмического эффекта создаваемого взрывами в Ситовском карьере, расположенном в Липецкой области [11] (рис. 1а). Как видно на рис. 1б трехкомпонентные записи скорости движения грунта в разных пунктах наблюдений отличаются не только по амплитуде, но и по форме. Во всех пунктах наибольшее сейсмическое воздействие от взрыва проявляется на горизонтальных каналах.

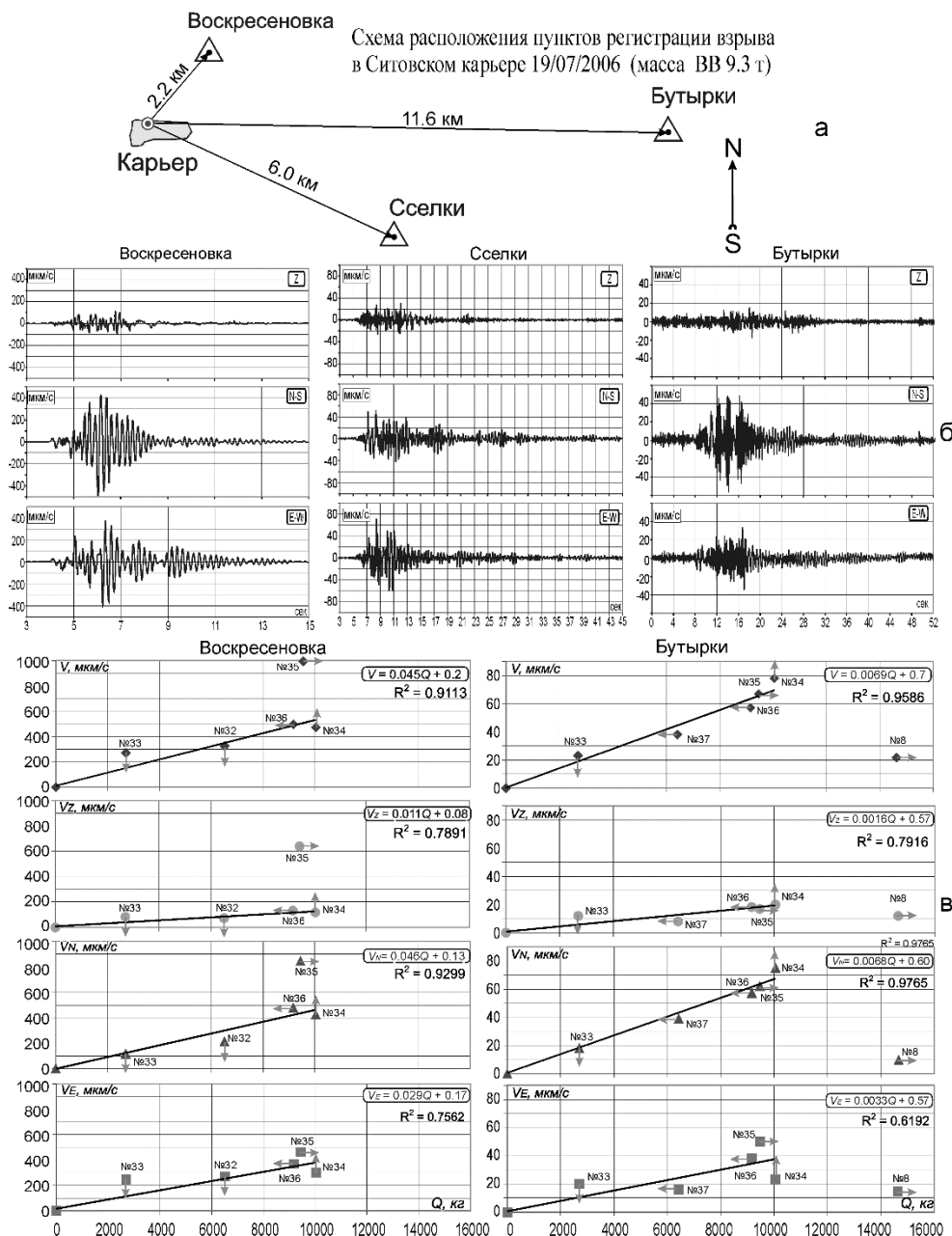


Рисунок 1 – Схема расположения пунктов наблюдения в районе Ситовского карьера (а) трехкомпонентные записи промышленного взрыва в пунктах наблюдений (б) и зависимость сейсмического эффекта от объема ВВ в ближней и дальней зоне (в)

В пункте Сселки вертикальная составляющая сейсмического воздействия (Z) по амплитуде не многим меньше горизонтальных (NS и EW). В двух других пунктах вертикальная составляющая воздействия в несколько раз меньше горизонтальных. Сравнение сейсмического эффекта этих воздействий показывает, что горизонтальная составляющая сейсмического эффекта в пункте Воскресеновка 400 мкм/с в 10 раз больше

чем в пунктах Бутырки и Сселки, где амплитуда воздействия порядка 40 мкм/с, а расстояния от карьера до этих пунктов отличается в 2 раза.

Если рассматривать воздействие разных взрывов отдельно в каждом пункте регистрации (рис. 1в), то наблюдается практически линейная зависимость между объемом ВВ, используемого для взрыва и создаваемым им сейсмическим эффектом. На рис.1в, для большинства взрывов как в ближней (Воскресеновка), так и дальней (Бутырки) зоне наблюдается тесная связь между суммарным объемом ВВ (кг) и «сейсмическим эффектом» (мкм/с), который также преобладает на горизонтальных составляющих (V_N и V_E). Для полного вектора скорости (V) зависимость сейсмического эффекта в дальней зоне хорошо описывает все пять однотипных взрывов (№№32-36), включая взрыв №35, который в ближней зоне выбивается из общего ряда. В тоже время взрыв №8 произведенный по другой технологии не укладывается эту зависимость (дальняя зона).

Стрелки на рис. 1в отражают азимутальное направление подрыва блока (вверх – на «Север»), которое является одним из дополнительных факторов, влияющих на азимутальное распределение сейсмического эффекта. В пунктах наблюдений, расположенных в направлении подрыва блока регистрируются большие значения амплитуд по сравнению с взрывом в обратном направлении. Таким образом, несмотря на наличие зависимости, характеризующей «постоянную» составляющую сейсмической опасности, присутствует также «нестационарная», которая при взрыве №35 в ближней зоне создает двукратное увеличение «сейсмического эффекта». Другим, не учитываемым фактором, влияющим на зависимость сейсмического эффекта от направления, является зона выработки. Если путь от места взрыва до пункта регистрации проходит через эту зону, то наблюдается снижение сейсмического эффекта (например, как в пункте Сселки) в сравнении с прохождением волн через не нарушенную геологическую среду (Бутырки).

С учетом описанных ранее результатов, рассмотрим «сейсмический эффект» создаваемый взрывом 300 т ВВ в Павловском карьере в двух жилых домах расположенных в одном направлении и примерно на одном удалении от места взрыва (рис. 2а) [12, 13].

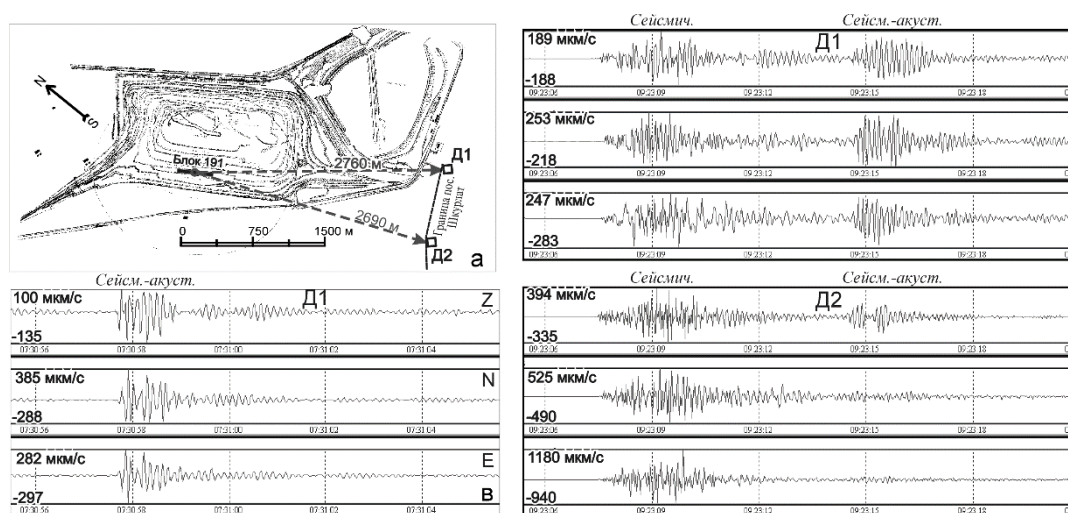


Рисунок 2 – Схема расположения пунктов наблюдения в районе в Павловского карьера (а) и сравнение сейсмического эффекта основного взрыва (б) и взрыва негабаритного блока (в)

На рис. 2б видно, что сейсмическое воздействие на дом Д1 в 2 раза меньше, чем на дом Д2, что возможно связано с влиянием зоны выработки. Но более интересным на записях является пришедшая за сейсмическими волнами сейсмоакустическая волна, распространяющаяся со скоростью звука в воздухе. Сейсмический эффект, создаваемый этой волной в доме Д1 по вертикальной составляющей (Z) превышает эффект от сейсмических

волн «300 тонного» взрыва и соизмерим по горизонтальным компонентам (N и E). В доме Д2 её воздействие имеет преимущественно вертикальную составляющую сопоставимую с воздействием на дом Д1. То есть, сейсмоакустическая волна, возникающая при взрыве, может создавать в ближней зоне «сейсмический эффект», сопоставимый с воздействием сейсмических волн взрыва.

При подрыве крупных (негабаритных) блоков породы, оставшихся после взрыва в доме Д1 (рис. 2в) на записи не видно воздействия сейсмических волн, а амплитуда сейсмоакустической волны по горизонтальным составляющим превышает воздействия от основного взрыва. Из-за малого объема используемого ВВ они выполняются без особого контроля по «производственной необходимости», а их количество может достигать до нескольких десятков, что по «сейсмическому эффекту» эквивалентно производству такого же количества основных взрывов. То есть хорошо видно, что в этом случае «нестационарная» (не учитываемая) составляющая сейсмической опасности существенно превышает её «постоянную» (учитываемую) часть. Трудно объяснить так же выглядит результат сравнения воздействий сейсмических волн от Ситовского (9 т ВВ) и Павловского (300 т ВВ) взрывов. Создаваемый ими сейсмический эффект на близких удалениях отличается не значительно, хотя объем ВВ отличается в 30 раз.

Аналогично подрыву негабаритных блоков преобладающую «нестационарную» составляющую сейсмической опасности имеет источник, возникающий при взрывах на полигоне «Погоново» [14]. Воздействие от него может регистрироваться не только ближними станциями, но и региональной сетью на удалении до 180 км. При этом максимальная амплитуда сейсмоакустической волны имеет сильную зависимость от направления (рис. 3). Согласно математическому моделированию [8] дополнительным фактором, влияющим на их «сейсмический эффект», является температурная инверсия в приповерхностном слое. Она создает канал (волновод), который может захватить от 13 до 20% (вместо 2%) всей акустической мощности поверхностного взрыва. При этом «сейсмический эффект» акустической части волны может усиливаться площадью вертикального сечения здания перпендикулярного к направлению распространения.

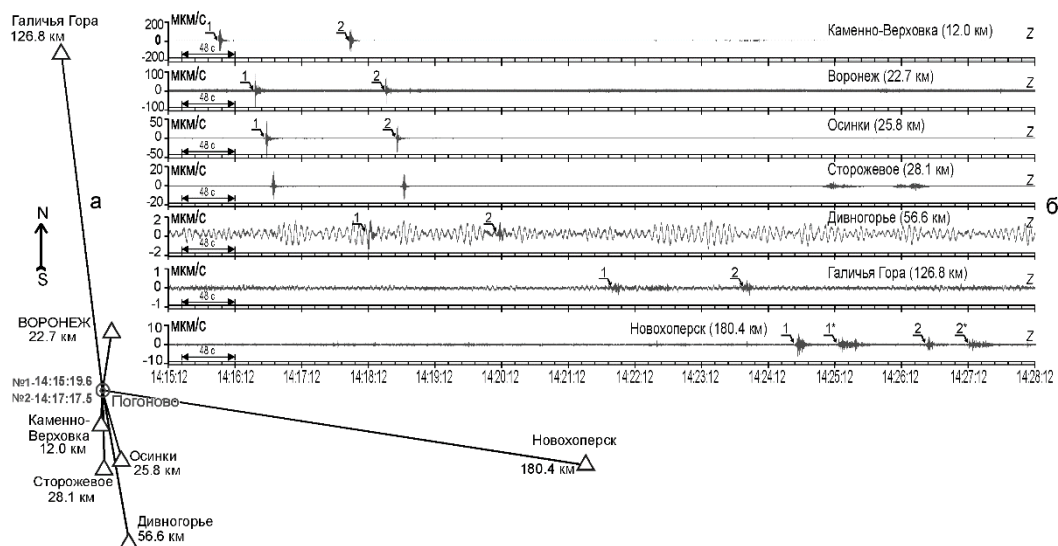


Рисунок 3 – Схема расположения пунктов наблюдения (а) и особенность распространения сейсмоакустических волн на примере взрывов на полигоне Погоново

Таким образом, промышленные взрывы, как и любые взрывы, производимые на поверхности, являются источником негативных сложно прогнозируемых воздействий, как на геологическую среду, так и на объекты инфраструктуры и жизнедеятельности человека. На сегодняшний день оценить обе составляющие сейсмической опасности проведенного взрыва без получения его реальных сейсмических записей на интересующих объектах чрезвычайно

проблематично. Обычно уровни воздействий таких взрывов не достигают предельных значений для неповрежденных конструкций (1-3 см/с), но их регулярное, длительное и не учитываемое при проектировании воздействие, может привести здание в поврежденное состояние, для которого эти уровни станут предельными.

Кроме перечисленных факторов негативно влияющих на объекты жизнедеятельности человека, взрывы так же оказывают влияние и на самого человека [15]. Сейсмическое воздействие можно отнести к вибрации, для которой существуют санитарные нормы: «*Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий*» (СН2.2.4/2.1.8.566-96). Согласно табл. 9 «Допустимые значения для жилых помещений, палатах больниц, санаториев» для взрыва (источник непостоянной вибрации «-10 Дб»), с учетом дневного времени «+5 Дб», не рассматривая больницы и санатории «-3 Дб» в разных октавных диапазонах частот её значения не должны превышать 62-72 Дб, что соответствует значениям скорости от 63 до 180 мкм/с для здоровых людей. Как показано выше, сейсмические воздействия от взрывов как минимум сопоставимы с этими значениями, а в большинстве случаев превышают их даже без учета того, что измерения обычно проводятся в подвале, а не на этажах домов, где амплитуда колебаний выше.

Описанную выше «нестационарную» составляющую сейсмической опасности взрывов можно и дальше не замечать, списывая результат её воздействия на строителей и проектировщиков, но в свете развития нового подхода к повышению качества жизни населения, предотвращения крупномасштабных ЧС, заботой о его здоровье, необходимо как минимум провести её тщательное и комплексное изучение [16]. По его результатам разработать программу мониторинга сейсмической опасности, создаваемой взрывами на территории ЦЧР, которая позволит контролировать источники негативных сейсмических воздействий и даст возможность оценки реальной сейсмической опасности каждого произведенного взрыва. В совокупности с технической документацией на взрыв это позволит за счет учета больших факторов выработать предложения по уменьшению «нестационарной» составляющей сейсмической опасности, т.е. снижению «сейсмического эффекта» на человека и его среду обитания. Получаемая оценка «сейсмической мощности» взрыва позволит использовать её в качестве одной из характеристик источника экологического загрязнения, что позволит организовать исследование трансформации экологических функций на территории ЦЧР с определением корреляционных связей.

Дополнительным «бонусом» будет развитие региональной сети сейсмических станций, что позволит обеспечить регистрацию слабых локальных и местных землетрясений, и позволит приступить к комплексному изучению проблемы наведенной сейсмичности территории ЦЧР, которая является также следствием проведения взрывных работ [17].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ в рамках научных проектов № 20-55-00010, №Х20Р-284.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взрывы и землетрясения на территории Европейской части России [Текст]: [монография] / [В. В. Адушкин и др.] ; под ред. В. В. Адушкина, А. А. Маловичко ; Российская акад. наук, Геофизическая служба РАН, Ин-т динамики геосфер РАН. - Москва : ГЕОС, 2013. – 381.

2. Семёнов, А.Е. Характер и интенсивность сейсмических воздействий горнопромышленных комплексов на литосферу Воронежского кристаллического массива [Текст] / А.Е. Семёнов, Л.И. Надёжка, И.Н. Сафронич, И.Т. Ежова // Структура, вещественный состав, свойства, современная геодинамика и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов Материалы XXII Всероссийской с международным участием научно-практической Щукинской конференции (22–25 сентября 2020 г). – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2020.– С. 317-321.

3. Адушкин, В.В. Геомеханика крупномасштабных взрывов [Текст]: [монография] / В.В.Адушкин, А.А.Спивак // -М.:Недра, 1993. –319 с.
4. Кутузов, Б.Н. Взрывные работы [Текст] / Б.Н. Кутузов // – М.: Недра, 1988. – 284 с.
5. Надежка, Л.И. Сейсмический эффект массовых химических взрывов в карьере г. Павловска [Текст] / Л.И. Надежка, И.Н. Сафронич, С.П. Пивоваров, Р.А. Орлов, М.А. Ефременко. // Системы жизнеобеспечения и управления в чрезвычайных ситуациях. Межвуз. сб. науч. тр. Воронеж, Гос. тех. ун-т. – 2004. – С. 99-105.
6. Алексеев, А.С. Эффект акустосейсмической индукции при вибросейсмическом зондировании [Текст] / А.С. Алексеев, Б.М. Глинский, В.В. Ковалевский и др. // ДАН.- 1996.- т.346.- №5.- С. 664-667.
7. Ковалевский, В.В. Исследование акустосейсмических волновых полей, генерируемых поверхностными сейсмическими вибраторами [Текст] / В.В. Ковалевский // Акустический журнал.- 2005.- т. 51.- С. 104-114.
8. Ковалевский, В.В. Моделирование процесса акустосейсмической индукции [Текст] / В.В. Ковалевский // Труды ВЦ СО РАН. Мат. модел. в геофизики.- Новосибирск, 1994.- С. 12-18.
9. Садовский, М.А. Сейсмический эффект взрывов [Текст] / Доклад М. А. Садовского. (Сейсмич. ин-т АН СССР). - [Москва] : Гостоптехиздат, 1939. - 36 с.
10. Садовский, М.А. Простейшие приемы определения сейсмической опасности массовых взрывов [Текст] / М. А. Садовский ; Акад. наук СССР. Ин-т горного дела. - Москва ; Ленинград : Изд. и 1-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР в Л., 1946. - 29 с.
11. Надежка, Л.И. Некоторые особенности сейсмического эффекта, создаваемого промышленными взрывами [Текст] / Л.И. Надежка, С.П. Пивоваров, И.Н. Сафронич, М.А. Ефременко, Р.С. Пивоваров // Сб. Воронежского государственного университета, сер. «Геология». – Воронеж: ВГУ, 2009.-№2.- С.155-160.
12. Надежка, Л.И. Влияние крупномасштабных взрывов в карьерах на здания и сооружения ближней зоны (на примере Павловского карьера) [Текст] / Л.И. Надежка, И.Н. Сафронич, С.П. Пивоваров // Обеспечение экологической безопасности в чрезвычайных ситуациях: материалы 4-й Международной научно-практической конференции. - Воронеж.- 2008.- Ч. 1.- С. 32-38.
13. Пивоваров, С.П. Воздействие взрывов в карьере Павловского ГОК на жилые постройки поселка Шкурлат [Текст] / С.П. Пивоваров, И.Н. Сафронич, Р.С. Пивоваров, С.И. Колесникова, А.В. Савенков // Вестник НЯЦ РК –Курчатов: НЯЦ. Выпуск2.- 2016.- С.152-159.
14. Сафронич, И.Н. Взрывы на полигоне «Погоново», как источник мощной инфразвуковой волны [Текст] / И.Н. Сафронич, С.И. Колесникова, С.П. Пивоваров// Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. Материалы второй международной научно-практической конференции.– Воронеж, 2011.– С. 194-197.
15. Сафронич, И.Н. Влияние промышленных взрывов в карьерах в ближней зоне на человека и его среду обитания [Текст] / И.Н. Сафронич, С.П. Пивоваров, Р.С. Пивоваров, С.И. Колесникова // Материалы международной конференции «Экологическая геология: научно-практические, медицинские и экономико-правовые аспекты». - Воронеж, 2009. - С. 254-256.
16. Надежка, Л.И. Сейсмологический мониторинг как основа сейсмической безопасности платформенных территорий (на примере Воронежского кристаллического массива)/ Л.И. Надежка, А.Е. Семенов, В.И. Дубянский, И.Н. Сафронич, С.П. Пивоваров// Материалы третьей Международной научно-практической конференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы».– Воронеж, 2013 г.– С. 169-172.
17. Надежка, Л.И. Наведенная сейсмичность - миф или реальность в условиях Воронежского кристаллического массива [Текст] / Л.И. Надежка, А.Е. Семенов, И.Н. Сафронич // В книге: Триггерные эффекты в геосистемах. тезисы докладов IV-й

SOME FEATURES OF THE SOURCE OF SEISMIC HAZARD THAT OCCURS DURING OPEN-SOURCE EXPLOSIVE WORK

Safronich Igor Nikolaevich, igor@geophys.vsu.ru

Efremenko Marina Alexeevna, nadezhka@geophys.vsu.ru

Voronezh State University; Geophysical Survey of Russia Academy of Sciences, Voronezh, Russia

Abstract. The paper presents an actual problem for the territory of the Central Chernozem region (CCR), which is currently not given due attention. It is associated with some features of the source of seismic danger that occurs when explosions are carried out in an open way. This source creates a seismic impact on the objects of life and activity and on the person himself and has two components, one of which can be taken into account ("constant"), and the other is difficult to predict ("non – stationary"). The results of the impact of the "non-stationary" component are often "written off" for errors during construction, although they are most likely due to the fact that these features of the source of seismic hazard were not taken into account at the site of this construction at the design stage. The development of seismological observations will allow us to comprehensively study this problem and find an acceptable compromise solution that ensures both the safety of objects of life and activity in nearby settlements, and the systematic development of mining and processing plants in the densely populated territory of the CCR.

Keywords: Central Chernozem region, industrial explosions, seismic effect, seismic stations, seismic acoustic wave.

УДК: 624.131

МНОГОУРОВНЕВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАМЕННЫХ ЛАВИН И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ

А.Л. Стром, strom.alexandr@yandex.ru

ООО "Центр геодинамических исследований", Москва, Россия

Аннотация. Для корректной и обоснованной оценки опасности какого-либо природного процесса и обусловленных ей рисков необходима подробная классификация проявлений этого процесса, учитывающая разнообразные факторы, влияющие на форму и размеры области поражения и на характер его прямого или косвенного воздействия на население, проживающее на угрожаемой территории и на различные типы сооружений. В статье кратко рассматривается классификация каменных лавин – одного из наиболее опасных типов склоновых процессов, характеризующегося очень большими объемами смещающихся грунтов, высокой скоростью их перемещения и, вследствие этого, колоссальными размерами областей поражения. Описаны основные классификационные критерии, такие как характер ограничений на пути движения каменной лавины, распределение материала по направлению движения, направленность движения, а также дополнительные признаки, позволяющие выделять не только основные типы, но и различные подтипы каменных лавин. Корректная типизация ранее произошедших каменных лавин позволяет делать выборки из существующих баз данных и получать на их основе надежные соотношения между объемом и высотой обрушения с одной стороны и параметрами, характеризующими область поражения с другой. Такие соотношения могут использоваться при оценке оползневой опасности в горных и предгорных регионах.

Ключевые слова: каменная лавина, оползневая опасность, классификация, область поражения

Опасность, которую любой природный процесс представляет для людей, проживающих на определенной территории и для расположенных там объектов различного типа и назначения, определяется с учетом целого ряда факторов, влияющих на форму и размеры области поражения и на характер воздействия, оказываемого этим природным процессом. Важным шагом на пути к корректной и обоснованной оценке опасности и обусловленных ей рисков является подробная классификация проявлений рассматриваемого процесса.

В предлагаемой работе кратко описана морфологическая классификация каменных лавин – одного из наиболее опасных типов склоновых процессов, характеризующегося значительными объемами смещающихся грунтов, высокой скоростью их перемещения и, вследствие этого, колоссальными размерами областей поражения. При определенных условиях каменные лавины образуют большие завальные плотины. К тому же крайне сложно физически защититься от механического воздействия стремительнодвигающейся массы обломков. В основу предлагаемой классификации [7] положены особенности геометрических форм отложений многочисленных каменных лавин, описанных в центральноазиатском регионе [6] и их взаимоотношений с рельефом.

Анализ собранной базы данных позволил выделить три основных морфологические классификационные критерия: (1) условия перемещения материала в зависимости от наличия и характера ограничений на пути его распространения, (2) распределение материала по направлению движения, и (3) направленность движения каменных лавин. Эти характеристики, с одной стороны, отражают особенности механизма движения каменных лавин, а с другой – определяют размеры и форму территории, подверженной воздействию этих опасных природных явлений, что принципиально важно для оценки опасности и риска.

Первый классификационный критерий вполне очевиден и позволяет выделять три основных типа каменных лавин: (1) неограниченные,двигающиеся по поверхностям, лишенным препятствий, движение которых определяется только внутренними процессами и трением по основанию; (2) канализованные, перемещающиеся вдоль узких долин и ограниченные их бортами, препятствующими распространению материала в поперечном направлении. Их движение также определяется внутренними процессами и трением по основанию и бортам долины; (3) ограниченные с фронта, т.е.двигающиеся поперек речных долин и упирающиеся в противоположный борт или поднимающиеся на него. Работа против силы тяжести, влияющая наряду с внутренними процессами и трением по основанию на распространение материала каменной лавины – фактор, отсутствующий у каменных лавин двух других типов.

Дальнейшее деление каменных лавин на подтипы производится в зависимости от распространения обломочного материала в направлении, поперечном к направлению его первоначального движения, что применимо для неограниченных каменных лавин и лавин с фронтальным ограничением. У канализованных каменных лавин движение материала в поперечном направлении жестко ограничено бортами долины.

Неограниченные каменные лавины, в зависимости от формы их тел, в свою очередь подразделяются на однонаправленные ("вытянутые"), ширина тел которых близка к ширине основания оползневого цирка, веерообразные и изометричные. Предполагается, что образование каменных лавин этих подтипов зависит от свойств материала, слагающего поверхности, по которым они перемещаются.

Каменные лавины с фронтальным ограничением подразделяются на "компактные" и "расширенные", у которых отложения распространяются на значительное расстояние вниз и/или вверх по долине.

Наличие или отсутствие ограничений на пути движения каменной лавины и характер этих ограничений (боковое или фронтальное) положено в основу разделения базы данных на отдельные выборки при изучении количественных соотношений между параметрами, характеризующими первоначальное обрушение, и параметрами, характеризующими подвижность каменных лавин [7, 8].

Классификация каменных лавин по характеру распределения материала по направлению его движения, напротив, позволяет выделять их типы вне зависимости от наличия или отсутствия ограничений на путях их движения. Выделяются "первичные лавины", у которых большая часть материала аккумулируется во фронтальной части, и лавины с отчетливым двучленным строением, с компактной частью у подножия обрушившегося склона и более подвижной, собственно "лавиной" частью. Последние, в свою очередь, подразделяются на "прыгающие лавины", у которых поверхность скольжения выходит на склон выше его подножия, и на "вторичные лавины" с более отчетливой границей между компактной и подвижной частями. Указанные типы распределения материала отражают условия перехода от первоначального смещения оползневого тела вниз по склону к последующему движению каменной лавины вдоль подножия склона по инерции. Для некоторого упрощения классификации из нее был убран "промежуточный" критерий (наличие или отсутствие компактной части у подножия склона) и все каменные лавины разделены на три типа – первичные, прыгающие и вторичные [6, 7].

Надо отметить, что у первичных каменных лавин, образующих завальные плотины, часто низшая часть гребня плотины находится в ее тыловой части, вблизи основания цирка, сложенной сравнительно рыхлыми накоплениями, образовавшимися при последующих обвалах и осыпях со стенки отрыва, что повышает вероятность их катастрофического размыва при переливе.

Характерной морфологической особенностью отложений прыгающих каменных лавин является наличие компактного тела в основании склона с выпуклыми или ровными склонами и более подвижной лавинообразной части, мощность которой постепенно уменьшается к ее окончанию. Ярким примером каменной лавины такого типа является Эльмская в Альпах, произошедшая в 1881 г. [1-3] в результате подрезки склона карьером. Такая морфология отложений возникает из-за того, что когда фронтальная часть оползневого тела уже находится на дне долины (у подножия склона), части этого тела, изначально находившиеся выше, еще продолжают движение и падают на фронтальную, оказывая интенсивное механическое воздействие и приводя ее в псевдооживленное состояние. В результате материал фронтальной части выдавливается из-под основного тела, двигаясь как вязкий обломочный поток [4, 6, 7].

Для вторичных каменных лавин, как и для прыгающих, характерно двучленное строение с компактной частью у подножия обрушившегося склона и высокоподвижной лавинообразной частью. При этом можно выделить два подтипа таких лавин – "ударившиеся о преграду" и с эффектом "бутылочного горлышка" [4-7]. Тела вторичных лавин, ударившихся о преграду, отличаются от внешне схожих с ними прыгающих лавин тем, что если у последних склон компактного тела, возвышающийся над лавинообразной частью, выпуклый или ровный, то у первых он вогнутый, циркообразный и четко маркирует границу между компактной и лавинообразной частями. Вторичные лавины с эффектом "бутылочного горлышка" также отчетливо разделяются на компактную и лавинообразную части. Их характерной особенностью является то, что обрушившийся материал, двигаясь вниз по долине, встречает на своем пути резкое сужение ("бутылочное горлышко"), и часть тела, прошедшая через это сужение, приобретает аномально высокую подвижность.

Предполагается [4, 5, 7], что формирование вторичных каменных лавин обоих подтипов происходит при соударении быстро перемещающейся обломочной массы с какой-либо преградой – противоположным бортом долины, дном долины или при ее вхождении в резкое сужение. Это приводит к передаче импульса от очень резко тормозящейся основной части оползневого тела к его части, сохраняющей возможность дальнейшего движения, которая, приобретая некоторый дополнительный импульс, устремляется в свободное пространство. Предложенный механизм подтверждается статистическим анализом длин пробега вторичных каменных лавин [7].

Классификация каменных лавин по направленности их движения позволяет выделять два дополнительных подтипа у "прыгающих" и "вторичных" каменных лавин –

"прямолинейные", направление движения которых наследует направление движения первоначального оползня, и "отраженные", направление движения которых после удара о препятствие менялось кардинально, иногда на 90°. Такое изменение направления движения характерно для каменных лавин с фронтальным ограничением, особенно когда столкновение с противоположным бортом долины происходит не под прямым углом, хотя встречаются и исключения. Реже такое изменение направления движения наблюдается у канализированных каменных лавин.

Рассматриваемый классификационный критерий имеет большое прикладное значение. Возможность резкой, иногда до 90°, смены направления движения каменной лавины необходимо учитывать при оценке опасности площадок, расположенных не просто на значительном удалении от потенциально неустойчивых склонов, но и в стороне от ожидаемой траектории движения.

Корректная типизация ранее произошедших каменных лавин позволяет делать представительные выборки из существующих баз данных и получать на их основе надежные соотношения между объемом и высотой обрушения с одной стороны и параметрами, характеризующими область поражения с другой, такими как ее площадь и величина пробега каменной лавины. В настоящее время такие соотношения с высокими коэффициентами корреляции (>0.9) получены для неограниченных, канализированных и ограниченных с фронта каменных лавин на основании анализа примерно 600 примеров из Центральной Азии, для которых определены количественные параметры [7, 8]. Эти соотношения могут использоваться при оценке оползневой опасности в горных и предгорных регионах. Учет большего числа факторов потребует анализа более крупных баз данных для обеспечения статистической представительности результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Heim, A. 1882. Der Bergsturz von Elm. *Deutsch. Geol. Gesell. Zeitschr.* 34, 74-115.
2. Heim, A. 1932. *Bergsturz und Menschenleben*. Fretz and Wasmuth, Zürich. 218 p.
3. Hsü, K.J. 1978. Albert Heim: observations on landslides and relevance to modern interpretations, in B. Voight (Ed.), *Rockslides and Avalanches*, 1, Natural Phenomena, Amsterdam, Elsevier, 71-93.
4. Strom, A.L. 2006. Morphology and internal structure of rockslides and rock avalanches: grounds and constraints for their modelling. In: Evans, S.G.; Scarascia Mugnozza, G.; Strom, A.; Hermanns, R.L. (Eds.) *Landslides from Massive Rock Slope Failure*. NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences, Vol. 49, 305-328.
5. Strom, A.L. 2010. Evidence of momentum transfer during large-scale rockslides' motion. In: Williams AL, Pinches GM, Chin CY, McMorran TG, Massei CI (eds.) *Geologically Active*. Proc. of the 11th IAEG Congress, Auckland, New Zealand, 5-10 September 2010, Taylor & Francis Group, London, 73-86.
6. Strom A. Rock avalanches: basic characteristics and classification criteria. 2021. In: Vilimek V., Wang F., Strom A. et al. (eds) *Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk*. V. 5, 3-23.
7. Strom A., Abdrakhmatov K. 2018. *Rockslides and rock avalanches of Central Asia: distribution, morphology, and internal structure*. Elsevier, Netherlands, UK, USA. ISBN: 978-0-12-803204-6. 449 p
8. Strom A., Li L., Lan H. 2019. Rock avalanche mobility: optimal characterization and the effects of confinement. *Landslides*. 16, 1437–1452.

MULTILEVEL CLASSIFICATION OF ROCK AVALANCHES AND ITS APPLICATION FOR LANDSLIDE HAZARD ASSESSMENT

A.L. Strom, strom.alexandr@yandex.ru
Geodynamics research Center LLC, Moscow, Russia

Abstract. Correct and well-grounded assessment of hazard produced by any natural process and of the associated risks requires detailed classification of the phenomenon in question that considers various factors determining shape and size of the affected area as well as its direct and indirect effect on communities at the endangered area and on various structures. Paper presents brief overview of the classification of rock avalanches – one of the most hazardous types of landslides characterized by very large volumes of displaced rocks, high speed of their motion and, thus, by tremendous size of the affected areas. Main classification criteria are described such as confinement conditions, debris distribution along its motion direction, directivity of motion. Additional criteria allowing selection of not only basic types, but of different subtypes of rock avalanches are described too. Correct typification of the existing rock avalanches allows selecting samples from databases and deriving reliable relationships between failure volume and height drop on the one hand and parameters characterizing the affected area on the other hand. Such relationships can be used for landslide hazard assessment in mountain and foothill areas.

Keywords: rock avalanche, landslide hazard, classification, affected area

УДК 624.131.54

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ

Трофимов В.Т., Харькина М.А.
e-mail: trofimov@rector.msu.ru, *e-mail:* kharkina@mail.ru
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва

Аннотация. Определены геологические процессы, являющиеся объектами исследований большой геодинамики, инженерной геодинамики и экологической геодинамики. Описаны успехи и недостатки нормативно-технических документов при изучении геологических процессов. Сформулированы сложности и неопределенности в оценке категорий опасности процессов.

Ключевые слова: Нормативно-технические документы, достоинства, недостатки, каскадность, интенсивность, прясодочность лессов, сели, наводнения, землетрясения.

1. В геологических науках существует три геодинамики: большая геодинамика, инженерная геодинамика и экологическая геодинамика. Объектом исследования каждой геодинамики являются геологические процессы, но рассматриваются они в разных системах. *Большая геодинамика (эндогеодинамика)* изучает природу глубинных сил и процессов, возникающих в результате планетарной эволюции Земли, и обуславливающих движение вещества внутри планеты. Эндогеодинамика рассматривает процессы в геологической системе планеты [2, 12]. *Инженерная геодинамика (экзогеодинамика)* исследует морфологию, механизм, причины и пространственно-временные закономерности формирования современных и прогнозируемых природных и техногенных процессов в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной, деятельностью. Она рассматривает преимущественно экзогенные геологические процессы, как в природной так и в природно-технической литосистеме [1, 5-7]. В последнее время в рамках инженерной геодинамики обособилось еще одно направление – *техногеодинамика*, изучающая антропогенно обусловленные геологические процессы. Экзо- и техногеодинамика исследует воздействие геологических процессов на устойчивость зданий и сооружений. В отличие от них *экологическая геодинамика* исследует воздействие тех же природных и техногенных

геологических процессов на биоту как с позиции оценки возможных катастроф, так и комфортности проживания человека и существования других живых организмов. Она рассматривает геологические процессы в эколого-геологической системе [8, 11]. Перечень процессов, исследуемой разделами геодинамики, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень процессов, исследуемых разделами геодинамики

Большая геодинамика (Эндогеодинамика)	Инженерная геодинамика		Экологическая геодинамика
	Экзогеодинамика	Техногеодинамика	
Движение тектонических плит Рифтогенез Землетрясения Вулканизм Дегазация Земли и др.	Оползни Сели Абразия Термоабразия Карст Суффозия Просадочность лессов и др.	Подтопление Оседание поверхности Переработка берегов водохранилищ, Вывалы и горные удары и др.	Землетрясения Провалы Наводнения Сели Лавины Оползни Опустынивание Выветривание

2. Ранее в нормативно-технических документах (СНиП 11-02-96, Сп11-102-97) вопросам изучения процессов уделялось недостаточно внимания, т.к. они не регламентировали перечень и состав работ, масштабы картирования, виды мониторинга и список параметров для наблюдений за развитием процессов при инженерных изысканиях [9]. Прорыв в этом вопросе наметился с выходом СНиП 22-01-95 и его актуализированной версии СП 115.13330.2016, не смотря на их геофизическое название. В СП 115.13330.2016 (п.4.8) дана классификация процессов, воздействие которых надо учитывать для предотвращения негативных последствий. В этой классификации все процессы разделены на группы по сферам проявления на геологические (16 процессов), гидрологические и метеорологические (13 процессов), причем еще два процесса – сели и переработка берегов водохранилищ – могут проявляться как в литосфере, так и гидросфере. С нашей точки зрения все процессы, происходящие на Земле, являются геологическими и деление это весьма условно. Достаточно сказать, что такие процессы как наледи и цунами, отнесенные в СП 115.13330.2016 к разряду гидрологических, имеют литосферные корни. Как известно, наледи возникают при разгрузке подземных вод в условиях криолитосферы, а первородным процессом образования цунами являются процессы в литосфере: либо подводные землетрясения (88 % случаев), либо с вулканизм (5%), либо подводные или береговые оползни (6%).

К достижениям СП 115.13330.2016 (п.5.2, табл. 5.1) относится выделение четырех категорий опасности процессов с указанием конкретных показателей их оценки, причем не по одному для каждого процесса. Так, для определения категории опасности оползней и цунами можно использовать шесть показателей, селей – пять, карста, просадочности лессов (табл. 2) и термокарста – четыре, наледиобразования - три.

Отдельно отметим, что с выходом в свет СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства», в системе изысканий России произошла *революция*, так как нормативно предписывалось изучать последствия воздействия проектируемых и возводимых сооружений на окружающую среду. В настоящее время действующие нормативы на инженерно-экологические изыскания СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» предписывают изучать воздействие сооружений на экосистему, а исследование процессов входит в состав основных работ. Более того, в нормативно-техническом документе, посвященном только инженерно-экологическим изысканиям и готовящемся к выходу в 2021 г., нашло отражение основных положений экологической геодинамики. В нем предложена классификация процессов по последствиям

экологического характера с учетом роста сметности и заболеваемости человека, а также с изменением видового разнообразия растительности. Казалось бы, жизнь изыскателей упростилась, но это не так. Появилось сложности и неопределенности в оценке категорий опасности процессов.

3. Неопределенностей в оценке категорий опасности процессов много. Они касаются времени проявления, энергетике, каскадности процессов, социальных и экологических последствий [9].

На этапе изысканий в большинстве случаев не ясно время и интенсивность проявления рассматриваемого процесса. Непосредственная угроза жизни и сплошности сооружений возникает только при определенной интенсивности процесса [11]. Она оценивается по различным параметрам (скорости при проявлении оползней, амплитуде волны при проявлении цунами, объему при проявлении селей, высоте подъема уровня при наводнениях, площади и радиусу действия при извержении вулканов) и по индивидуальной шкале для каждого процесса с персональным числом градаций (от 4 для селей по С.М.Флейшману до 12 для землетрясений по шкале MSK-64).

Одной из особенностей развития процессов является каскадность их проявления. Так, таяние ледников провоцирует сход селей, а они в свою очередь наводнения. Например, на территории г. Тырнауз при сходе селя в июле 2000 г. объемом 2600-2800 тыс. м³ по долине реки Герхожан-Су (правом притоке р.Баксан) образовалась завальная плотина, в городе началось наводнение, в результате которого погибло 8 чел., материальный ущерб составил 4 млн руб. Аналогичные события отмечались 14-15 августа 2017 г., когда при сходе селя объемом 500-600 тыс. м³ той же долине Герхожан-Су была еще раз подпружена р.Баксан и были затоплены жилые дома и мост [4].

Таблица 2 – Категории опасности просадочности лессовых пород (СП 115.13330.2016)

Показатели, используемые при оценке степени опасности природного процесса (ОПП)	Категории опасности			
	чрезвычайно опасная (катастрофическая)	весьма опасная	опасная	умеренно опасная
Площадная пораженность территории, %	-	60-70	50-60	30-50
Мощность просадочной толщи, м	Более 50	30-40	20-30	До 20
Продолжительность проявления процесса, сут	-	2-40	25-100	Более 100
Скорость развития, см/сут	-	0,5-3,0	0,1-0,5	Менее 0,1

Последствия проявления геологических процессов зависят от плотности населения и степени освоенности территории. Например, при сильном Чуйском землетрясении 27.09.2003 магнитудой 7,5 (10 баллов MSK-64) в эпицентре, произошедшем на малоосвоенной территории с очень низкой плотностью населения человеческих жертв отмечено не было из-за отсутствия крупных городов с многоэтажной застройкой в

эпицентрального районе. Ближайший крупный город – Горноалтайск – находится в 260 км на северо-восток от эпицентра землетрясения. Сравнительные представления о плотности населения в этом районе России дает такая информация: Португалия и Республика Алтай имеют одинаковую по площади территорию, но при этом отличаются по плотности населения в 50 раз .

Социальные и экологические последствия проявления процессов зависят от наличия инженерной защиты. Не секрет, что разрушения зданий и последовавшая гибель людей под завалами при Нефтегорском землетрясении 27-28 мая 1995 г., $M=7.6$ связана с ошибкой незнания и возведением поселка с крупнопанельными жилыми домами в высокосейсмичном районе без использования сейсмостойких конструкций [13].

Таким образом, изучение геологических процессов как было, так и остается сложным и требует повышенного внимания изыскателей. При определении категорий опасности процессов существуют реальные и трудно преодолимые сложности и неопределенности (время проявления, энергетика, каскадность и др.). Определение категорий опасности обычно вызывает наибольшие сложности на этапе изысканий для подготовки документов территориального планирования, документации по планировке территорий и выбора площадок (трасс) строительства. В отношении техногенных процессов, когда еще не известны хотя бы ориентировочные параметры техногенных воздействий, оценка времени проявления и энергетика практически нереальна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарик Г. К., Пендин В. В., Ярг Л. А. Инженерная геодинамика. М., КДУ, 2015, 472 с.
2. Добрецов Н. Л., Кирдяшкин А. Г., Кирдяшкин А. А. Глубинная геодинамика. Новосибирск: Гео, 2002. 373с.
3. Горный Алтай. <https://agent.tui.ru/> (дата обращения 25.03.2021)
4. Докукин М.Д. , Беккиев М.Ю., Калов Р.Х. и др. Селевые потоки 14-15 августа 2017 г. в бассейне р.Герхожан-Су (Центральный Кавказ): условия и причины формирования, динамика, последствия // Геориск, № 3, 2018. С.82-94.
5. Золотарёв Г. С. Инженерная геодинамика. М., Изд-во МГУ, 1983. 328 с.
6. Иванов И.П., Тржцинский Ю.Б. Инженерная геодинамика. СПб, Наука, 2001, 416 с.
7. Инженерная геология России. Том 2. Инженерная геодинамика России / Под ред. В.Т.Трофимова и Э.В.Калинина. М.: Издательский дом КДУ, 2013. 816 с.
8. Современная геодинамика литосферы и ее экологические последствия / Под ред. В.Т.Трофимова. М.: Изд-во Московского университета, 2019. 256 с.
9. Трофимов В.Т. О ряде теоретических позиций изучения и оценки опасных природных процессов при инженерно-экологических изысканиях // Инженерные изыскания, том 13, № 2, 2019. С. 6-15.
10. Трофимов В.Т., Харькина М.А. Предложения по улучшению содержания нормативно-технических документов по инженерно-экологическим изысканиям // Инженерные изыскания. № 4, 2017. С. 52-57.
11. Трофимов В.Т., Харькина М.А., Григорьева И.Ю. Экологическая геодинамика. М.: КДУ, 2008. 473 с.
12. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики М.: КДУ, 2010. 559 с.
13. Харькина М.А. Современные геологические и другие природные процессы как причина чрезвычайных и катастрофических событий в России // Геориск, №2, 2009. С.44-49.

TO THE PROBLEM OF INVESTIGATION OF NATURAL AND MAN-MADE PROCESSES UNDER ENGINEERING SURVEY

Trofimov V.T., Kharkina M.A.

E-mail: trofimov@rector.msu.ru, kharkina@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. The geological processes are determined as the objects of investigation of large-scale geodynamics, engineering geodynamics and ecological geodynamics. The successes and limitations of normative-technical documents under investigation of the geological processes are described. Difficulties and uncertainties in the assessment of hazard categories of processes are formulated.

Key words: Normative-technical documents, successes, limitations, cascade, intensity, subsidence of loess, mudflows, floods, earthquakes.

УДК 624.131.1 :622 (075.8)

ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНО-РУДНИЧНОЙ ГЕОЛОГИИ И ЕЕ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ ВЕТВИ

¹Усупаев Ш.Э., ²Едигенов М.Б.

Sheishenaly Usupaev <sh.usupaev@caiaq.kg>

¹Центрально Азиатский институт прикладных исследований Земли, г. Бишкек

²ТОО «Научно-производственная фирма Геоэкос».

Аннотация. В статье рассматривается предложенная идея и разработанная научная и прикладная основа инженерно-рудничной геологии и ее самостоятельных «ветвей»: 1) грунтоведение рудничное; 2) инженерно-рудничная геодинамика; 3) региональная инженерно-рудничная геология; для интегро-дифференциального развития инженерной геологии месторождений полезных ископаемых на примере земной коры литосферы Казахстана. Рудниковые изъятия грунтов из недр разрушительно воздействуют на геологическую среду, а их техногенно-принудительные выемки индуцируют геориски от обрушений бортов карьеров и выработанного пространства шахт, вызывают горные удары, индуцированные землетрясения, взрывы, возгорания, затопления, приводят к прорывам дамб радиоактивных и токсичных хвостохранилищ, горений терриконов, транзита загрязнений, сопряжены с миграцией флюидов и дегазации разломов, т.е. синергии трансформации верхней части литосферы, что требует мер защиты от их негативных воздействий на население и территории, следовательно, относится к актуальной проблеме инженерной геологии.

Ключевые слова: инженерная геология месторождений полезных ископаемых, геориски, инженерно-рудничная:(геология, геодинамика, грунтоведение, региональная геология), карты, типизация, трансформация.

Исследованию фундаментальных и прикладных основ инженерной геологии месторождений полезных ископаемых, рудничной геологии и гидрогеологии, геоэкологии, геомеханики, экологической геологии, инженерной геонии посвящены много трудов [1-14].

Инженерная геология месторождений полезных ископаемых, специфическая междисциплинарная наука изучающая твердые коренные и россыпные рудные и нерудные их компоненты, вязкие углеводороды и рассолы, жидкие нефти, подземные и геотермальные воды, газовые гидраты, биогенные торфяные геовещества, добыча которых сопряжены с строительством: а). рудничного промышленного комплекса с населенным пунктом; б). дорог и линий электропередач; в). трубопроводов; г). гидротехнических и иных защитных инфраструктурных систем. Рудники, искусственные незаживающие «раны Земли», как

правило имеют глубокие до первых сотен метров карьеры и километровые вниз подземные шахты. Инженерно-геодинамические по механизму разрушения искусственно-техногенные сколы и взрывы, принудительного извлечения из недр грунтов содержащих руды, сопряжены с грубым и мелким их гранулометрическим измельчением, извлечением из карьеров и шахт, перемещениям изъятых масс, разгрузкой кровли земной коры от первых до десятков кубических километров пространств, что на локальном и региональном масштабах приводят к отчуждению земель, загрязнению, осадкам поверхности земли и георискам природно-техногенного характера.

Инженерно-рудничная геология, новый «раздел» науки инженерной геологии месторождений полезных ископаемых, изучающая все аспекты рудогенеза как следствие круговорота компонент поли-грунтов, а рудники трансформирующие кровлю земной коры и литосферы источник георисков, требующая и позволяющая решать проблемы управления объектами горнорудных районов и защиты населения, их инфраструктуры, от негативных воздействий добывающих предприятий.

На рис. 1 показана составленная блок-схема интегро-дифференциального взаимодействия: А. дифференциальной, Б. интегральной позиции инженерно-рудничной геологии (ИРГ), которая представлена ГР –грунтоведением рудничным, ИРГД –инженерно-рудничной геодинамикой, РИРГ–региональной инженерно-рудничной геологией.

Грунтоведение рудничное (ГР), есть раздел общего грунтоведения, изучающее специфичность состава, строения, состояния и свойств рудных грунтов отличающееся разработками новых методов и технологий извлечения полезного компонента. **ГР** – изучает многокомпонентную горную породу руду и влияние ее металлов на состав, строение и свойства грунта месторождения на всех этапах ее освоения, утилизации и рекультивации [14].

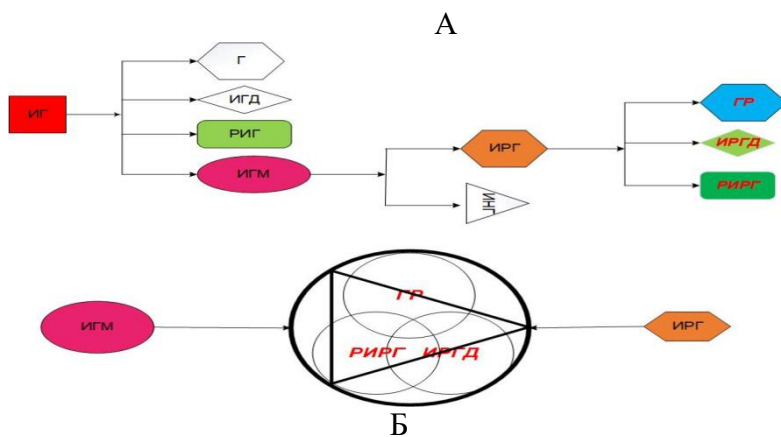


Рисунок 1 – Структурные дифференциальная (А) и интегральная (Б) блок-схемы развития новой инженерно-рудничной геологии (ИРГ) и ее самостоятельных “ветвей”: а. грунтоведение рудничное-ГР; б. инженерно-рудничная геодинамика - ИРГД; в. региональная инженерно-рудничная геология - РИРГ, и их взаимосвязи с инженерной геологией (ИГ) и инженерной геологией месторождений полезных ископаемых (ИГМПИ).

Грунты-рудные, в результате различных этапов дробления, рафинирования, обогащения и извлечения до искомого металла различной пробы, подвергаются физико-механическим, минералого-технологическим, электромагнитным, химическим, термическим воздействиям. В отличие от классического, **грунтоведение рудничное** изначально с момента поиска и разведки, по этапам добычи направлено на максимально эффективное извлечение металла и призвана решать проблемы вторичной безотходной технологий извлечений полезного компонента из отходов рудников. ГР получило развитие в научных направлениях инженерной геологии «Техническая мелиорация грунтов» Воронкевича С.Д., Ларионовой

Н.А. и «Техногенные грунты» Огородниковой Е.Н., Николаевой С.К. и др., горно-рудничном деле, металлургии и прикладных науках обогащении руд [14].

ИРГД изучает опасные процессы и явления на рудниках, где горнопроходческими взрывами и буровым технологиями разрушаются недра, приводящим к обрушения бортов карьеров, кровли шахт, обвалам, оползням, затоплениям, загрязнениям, прорывам дамб хвостохранилищ и отстойников рудничных вод, горным ударам, пожарам, взрывам газов и иных георисков [14].

РИРГ, изучает влияние множества рудников и сфер их воздействия на изменение инженерно-геологических условий регионов и их субчастей охватывающих не только приповерхностную сферу их прямого близкого воздействия, а также удаленных индуцированных георисков пронизывающих литосферу [14].

РИРГ – представляет собой региональное влияние особенностей ГР и ИРГД опасных процессов и явлений на население и территории, воздействия куммулятивного эффекта концентрации и роста плотности размещения рудников, т.е. карьеров, шахт, буровых скважин при разведке и добыче руд.

На рис. 1 - Б самостоятельные подразделения ИРГ объединены в виде круга, а также треугольника связи и пересечений им частей круга. Внешняя часть круга относится к ИГМ – инженерной геологии месторождений полезных ископаемых, внутренняя к ИРГ [14].

Геогидрология рудничная (ГГР), изучает закономерности формирования и взаимосвязи поверхностных и подземных вод зоны активного водообмена и застойного режима, сопряженных по механизму «дренажной оболочки» с ювенильными водами астеносферы и мантии Земли [14].

На рис.1. показано расположение территории Казахстана на планетарной инженерно-рудничной, литосферной карте Мира. В инженерной геологии Саваренского Ф.П. (1937, 1941), Попова И.В. (1951), Коломенского Н.В. (1956) Коломенского Н.В и Комарова И.С. (1964) и др. исследователей глубина сферы влияния рудников приповерхностная и не превышает от десятков до первых сотен метров. В инженерной геологии полезных ископаемых Ломтадзе В.Д., Иванова И.П., сферы влияния рудников обосновано завышены, а по Сергееву Е.М., Шаумян Л. В., Абатуровой И.В., Байбатша А.Б. и др. их воздействие более углублено [1-14].

С позиций ИРГ использование энергии взрыва, как наиболее распространенной технологии разрушающей массивы грунтов приводит к потере устойчивости бортов карьеров, проявлениям оползней, обвалов, обрушениям и сыпучести в горных выработках, в шахтах к горным ударам, искусственным землетрясениям проникающими сферой их техногенного воздействия до астеносферы. Доказательством углубленного поиска месторождений, в странах СНГ являются пробуренные 13 глубоких и сверхглубоких скважин: России-9 в Украине-2, Казахстане-2, которые позволили углубить сферу влияния месторождений полезных ископаемых имеющих связь с кровлей земной коры литосферы [14].

Глубокие и сверхглубокие горные выработки - скважины имели как правило инженерно-руднично-геологическую специализацию: в Казахстане Прикаспийской низменности (1962—1971) Аралсорская СГ-1 глубиной - 6,8 км; Биикжальская СГ-2, глубиной- 6,2 км для поиска нефти и газа. В Узбекистане Мурунтауская СГ-10, (1984), проектная - 7 км для поиск золота. В Азербайджане Саатлинская, (1977-1990), глубиной - 8324 м., проектная глубина - 11 км. В Украине Криворожская СГ-8, (1984-1993), глубиной - 5 382 м., проектная - 12 км, для поиск железистых кварцитов. В России Западная Сибирь, Ен-Яхтинская СГ-7, глубиной 6900 м, проектная - 7 500 м., для поиск нефти и газа; Архангельская область Колвинская (1961), глубиной - 7057 м.; Северо-Восток России, Тимано-Печорская СГ-5, (1984-1993), глубиной - 6904 м, проектная - 7 км.; Западная Сибирь, Тюменская СГ-6 (1987-1996) глубиной - 7502 м. проектная - 8 км., для поиска нефти и газа; Татарстан, Ново-Елховская (1988) глубиной - 5881 м.; Поволжье, Воротиловская скважина, (1989-1992), глубина - 5374 м., для поиска алмазов и изучение Пучеж-Катунской

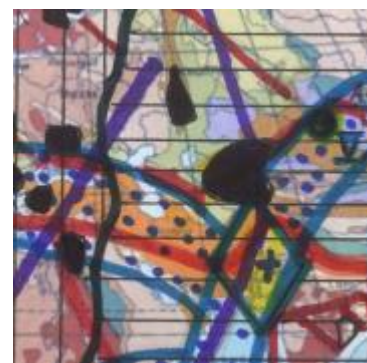
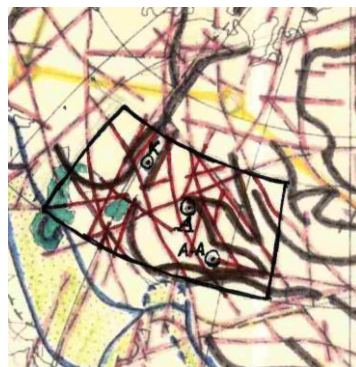
астроблемы; Кольская СГ-3, (1970-1994), глубиной - 12262 м., проектная- 15 км.; Средний Урал, Уральская СГ-4 (1985), глубиной 6100 м., проектная - 15000 м., для поиска медных руд и изучения строения Урала. Научное бурение скважин на нефть и газ 70-х годах Университи, США достигли глубин - 8686 м.; Бейден-Юнит - 9 159 м.; Берта-Роджерс - 9 583 м.; Бигхорн, Вайоминг глубина - 7583 м. Австрия Цистердорф (80-е г) глубина 8553 м.; Швеция Сильян Ринг, глубина - 6,8 км. Германия Hauptbohrung (1990-1994), глубина -9100 м., проектная— 10 км. [1-14].

По Копничеву Ю.Ф. и Соколовой И.Н. (2001) техногенным интенсивным воздействием мощными взрывами на геологическую среду в районе Семипалатинского испытательного полигона установлено явление поглощения энергии искусственных сейсмоволн: сильное на глубинах 10-20 км. на площадках Балапан и Дегелен, аномально сильное S-волн в диапазоне 100-120 км., слабое на 200 км, в зонах влияния 2-ух крупных глубинных разломов, связанное с подъемом флюидов из верхней мантии в северо-восточном Казахстане, что до сих пор не исследовано и упущено глубинной инженерной геологией [14].

Сейсмическое воздействие кинетических и ядерных и горнопромышленных взрывов на газо-водо-флюидную проницаемость рудоконтролирующих разломов, как способ поиска и зондирования месторождений полезных ископаемых, увеличивают сферу и глубину проникновения техногенного воздействия человека до мантии Земли. По Вольвовскому И.С. (1973 г. С. 27-28) при взрывах 1-3 т взрывчатого вещества, и нормальном (среднем) фоне микросейсм от 10 до 100 А° ангстрем, формируются годографы переломленных волн длиной 200-300 км, а глубина проникновения волн от взрыва достигает 40-50 км, что в скальных грунтах Балтийского щита требует не более 100-300 кг взрывчатки [14].

На рис. 2 показаны планетарные сейсмо-геодинамические условия трансформации геориска территории Казахстана: (а) в зонах планетарных сдвигов Ю-З и С-В простирающихся контролируемых 3-мя закрашенными в виде кругов Северно-Ледовитой эпицентром (оранжевый), и Тихоокеанской большой и, Бразильской малый круги антиподальными центрами (зеленые) планетоблем, воздействия различных рангов (б) границ литосферных плит и контроль (в) кольцевыми сейсмогеономическими структурами Азии. На рисунке 2-б полезные ископаемые находятся во взаимосвязи с молодыми и древними орогенными зонами, делятся на части межлитосферными границами плит различного ранга и рудоконтролирующими региональными разломами [14].

Голубые линии границы литосферных плит альпийского тектогенеза, коричневые - внутриплитного орогенеза, красные - региональные до мантийные глубинные разломы, желтые - границы граней пентагон-додекаэдра Земли, А - местоположение г. Астана, А-А – г. Алматы, К – г. Костанай на территории Казахстана. На карте (Рис.2 - в) представлен фрагмент карты типизации и прогноза месторождений полезных ископаемых Мира, где закрашены черным цветом районы максимального сосредоточения руд на территории Казахстана



а.

б.

в.

Рисунок 2 – Расположение литосферы Казахстана на планетарных картах оценки и типизации георисков Азии: (а) ноосферной инженерной геологии и катастрофологии, (б) литосферных плит и (в) концентрации месторождений полезных ископаемых в глобальных кольцевых сейсмогенных структурах Азии

На пересечении 2-ух планетарных гигантских сейсмо-геономических кольцевых структур выделенных голубыми линиями и синим крапом высекается ромбический узел, фиолетовыми линиями проведены планетарные разломы. На представленных 2-ух картах (Рис. 2 б, в) участки концентрации полезных ископаемых подвержены георискам от землетрясений, тектонических и геодинамических движений, флюидо-динамики по разломам и глубинному круговороту поли-грунтов по механизму дренажной оболочки [14].

РИРГ – изучает закономерности формирования георисков представляет собой латеральное и глубинное воздействие инженерно-руднично-геодинамических негативных воздействий от концентрации и роста плотности размещения карьеров и шахт рудников на кровлю литосферы Казахстана. РИРГ, изучает территории подразделенные на древне-докембрийские платформы, молодые-эпипалеозойские плиты, горно-складчатые сооружения допалеозойского, палеозойского и альпийского возрастов, картирования индивидуального и интегрального воздействия рудников различных типов с позиций типизации георисков трансформирующих геологическую среду. РИРГ карты позволяют в региональном отношении охарактеризовать интенсивность трансформации георисками от рудников литосферы. В Южной и Восточной части страны в пределах горных сооружений и их отрогов геориски от землетрясений трансформируют кровлю литосферы, которые имеют субширотный характер распространения интенсивности сейсмичности растущей с юга на севере. В высокогорной зоне, размещены моренно-ледниковые прорывоопасных горные озера, ниже по рельефу оползни, по руслам рек в весенний и осенний периоды формируются селевые процессы [14].

На рис. 3 представлена разработанная впервые «Региональная инженерно-руднично-геолого-геодинамическая и геономическая карта типизации классов и формаций грунтов, ареалов размещения полезных ископаемых и георисков на территории Казахстан», где: I скальные: 1. интрузивные, 2. эффузивные, 3. метаморфические, 4. карбонатные, 5. терригенные формации; II полускальные: 6. терригенно-карбонатные, 7. кайнозойские песчаные; III нескальные: 8. рыхлые (дефляция пылеватых и глинистых фракций из песков пустынь); 9. связные (просадочные лессы), 10. районы развития карста; 11. ареалы размещения месторождений полезных ископаемых; 12. геориски от: а. оползней, б. камнепадов, в. осыпей, г. селей [14].

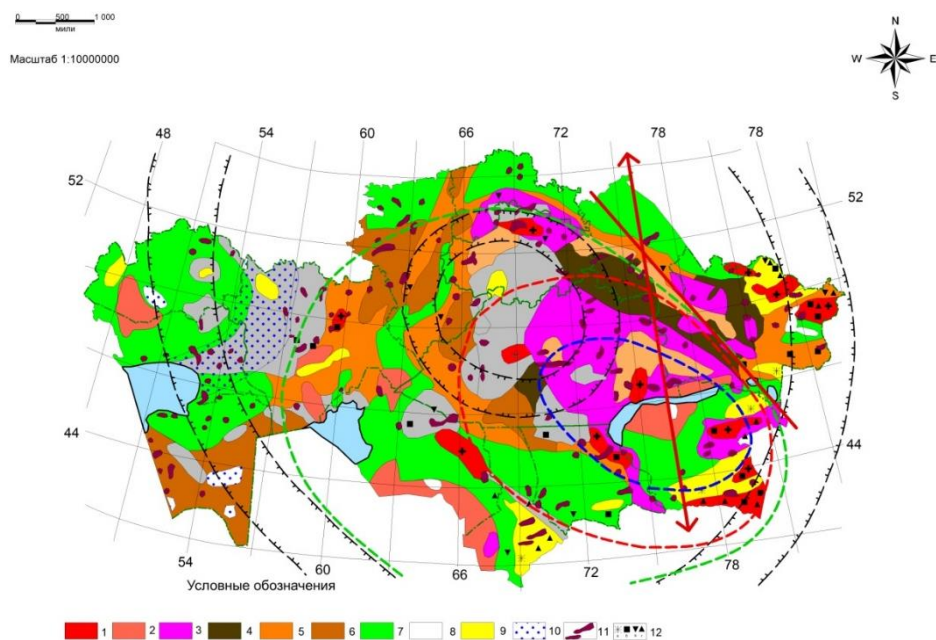


Рисунок 3 – Интегрированная региональная инженерно-руднично-геолого-геономическая карта типизации георисков в различных классах и формациях грунтов и полезных ископаемых в регионах Казахстана.

В отличие от региональной инженерной геологии, РИРГ при типизации территории основывается на негативном воздействии карьеров, шахт, горных выработок – скважин в их концентрации на литосферу Казахстана.

На рис. 4 представлена разработанная интегрированная экспликация к карте (Рис.3) позволяющая типологически районировать ИРГ обстановку исследуемой территории регионов и областей Казахстана.

ИГО	А					Б				ИГН	
ИГКГ	I					II	III			I-III	
ГТП	а		б	в							а-в
ИГФ	И	Э	Me	К	Т	ТК	ГР	ПС	ГС	ИГФ	
ИГГКГП	1	■	■	■	■	■				камнепад, карст	
	2					■				осыпи, карст	
	3						■			дефляция, засоление	
	4							■		паводки, затопление	
	5								■	просадки, оползни, сели	
Класс	С К А Л Ь Н Ы Е					Д И С П Е Р С Н Ы Е				ГЕОРИСКИ	

Рисунок 4 – Экспликация к интегрированной карте инженерно-руднично геологической обстановки и условий (ИГО-У), классов грунтов (ИГКГ), генетических типов пород (ГТП), инженерно-геологических формаций (ИГФ), инженерно-геологических групп комплекса горных пород (ИГГКГП) и инженерно-геономической типизации георисков в Казахстане

На рис. 4 экспликации к карте (Рис.3) РИРГ: ИГО .- инженерно-геологические образования (А – коренной основы, Б.- поверхностные отложения); ИГН – инженерно-геономические геориски; ИГКГ – инженерно-геологические комплексы грунтов (I – скальные, II – полускальные, III - нескальные); ИГФ – инженерно-геологические формации (И – интрузивные, Э – эффузивные, Me - метаморфические, К – карбонатные, ТК – терригенно-карбонатные, ГР – грубообломочные, ПС – песчаные, ГС – грунты связные; ИГГКГП – инженерно-геологические группы комплекса горных пород [14].

Месторождения полезных ископаемых Казахстана подразделяются на 3 категории по их сложности: 1. простые, где при разработке рудника как правило геориски минимальные и

глубина карьеров варьирует до 300 м; средней сложности, где в процессе разработки формируются геориски, осложняющие проведение горных работ при глубине карьеров более 300 м; сложные – где при разработке рудника формируются геориски, требующие защитных мероприятий, при глубине карьера более 400 м.

Прочностные свойства горных пород месторождений Казахстана обусловлены их генезисом и имеют нижеследующие физико-механические значения сопротивления на сжатие: до 330 МПа метаморфические; от 45 до 258 МПа интрузивные; от 160 до 325 гидротермальные; от 45 до 258 МПа карбонатные; от 18 до 94 МПа глинистые сланцы.

На рис. 5-А приведена в результате инженерно-геономического преобразования РИРГ карты (Рис.3) составленная впервые «Инженерно-руднично геологическая и геономическая латеральная модель закономерности распространения, типизации и прогноза георисков от негативного воздействия рудников (шахт, карьеров)», где: 1. геоном модель латеральной территориальности Казахстана с 2-мя пиками на широтах 46 и 42.50 град с.ш., 2. геоном латерального распространения георисков; 3. контуры геонома (2) с 3-мя максимальными пиками уменьшающихся в следующем порядке на рудниках представленными шахтами, карьерами, водонакопителями, хвостохранилищами на широтах 46 град. 30 мин. с.ш., 50 градуса с.ш и 41 град 35 мин. с.ш.; геономы закономерности латерального распространения площадей с различными высотами: 4. более 2 км, 5. 1-2 км, 6. 0,5 – 1 км, 7. 0 – 0,5 км, 8. менее 0,5 км, 9. геоном акваториальности; 10. инженерно-геономическая ось.

Из ИГН модели видно, что геориски от месторождений полезных ископаемых и их рудников имеют латеральные и по высотные закономерности распространения, типизация и позволяют для региональной инженерно-рудничной геологии и ИРГД получать графо-аналитические прогностические оценки в целях принятия превентивных мер.

На рисунке 5-Б приведена составленная впервые «Инженерно-руднично геологическая и геономическая вертикальная по-высотная модель закономерности распространения, типизации и прогноза георисков от негативного воздействия рудников (шахт, карьеров)».

На оси абсцисс приведены шкалы площади по-высотного распространения территорий, и по-высотного распределения количества георисков от рудников на разных высотных отметках, где: 1. геоном по-высотной территориальности, 2. геоном по-высотного распределения георисков от рудников (шахт, карьеров), 3. граница геонома (2) с пиком георисков на высоте 1,0 км; 4. геоном по-высотной концентрации месторождений полезных ископаемых с пиком на высоте 1,0 км на территории Казахстана; 5. инженерно-геономическая ось шкалы высот в км.

Инженерно-рудничная геология и ее самостоятельные ветви РГ, ИРГД, РИРГ в отличие от ИГМПИ и смежных с ним специальностей и наук, призваны в электронном цифровом формате каталогизировать в ПАСПОРТА проходки все в разное время созданные крупные и средние по объемам горные выработки и в ретроспективном отношении восстанавливать пропущенные ряды и составлять для действующих и вновь вводимых в производство рудников, по стадиям разработки, с использованием ГИС 3D индивидуальные и интегрированные геориски, с их темпами инженерно-руднично-геодинамического освоения месторождения карьерным, подземным и смешанным типами извлечения горных масс.

ИРГ и его самостоятельные ветви целенаправленны для восстановления в ГИС цифровом исполнении, весь цикл произошедшего механизма рудничного разрушения геологической среды по изменяющимся координатам по окружности их бортов, объемов сфер влияния рудника в процессе его разработки, с учетом времени проходки и последствиями разгрузки приповерхностной части кровли литосферы.

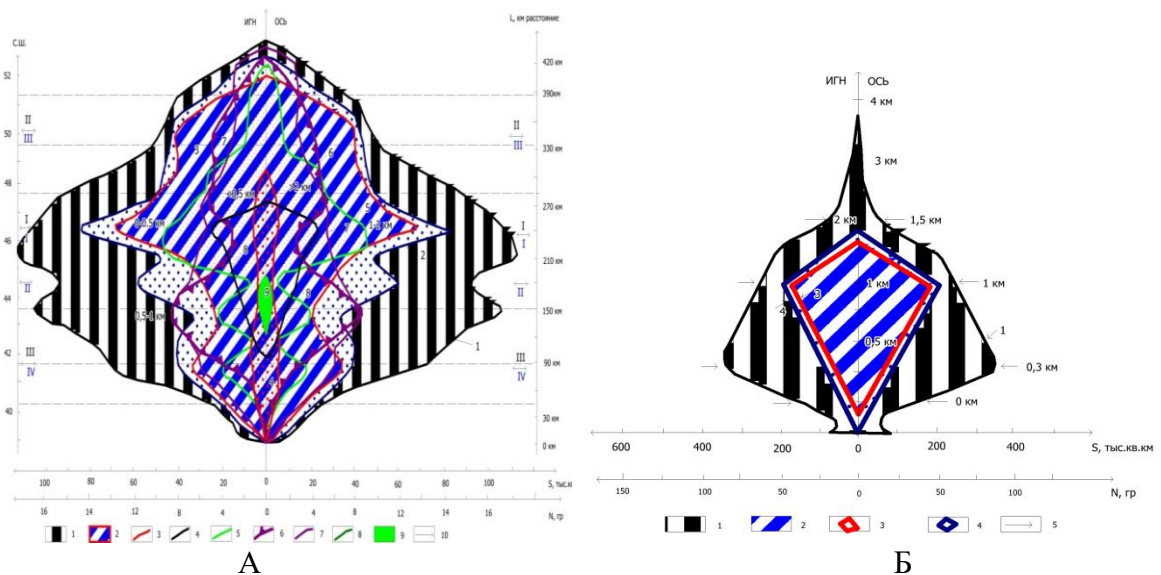


Рисунок 5 – А. ИРГ латеральная геонимическая модель закономерности распространения, типизации и прогноза георисков от шахт и карьеров воздействующих на население и кровлю земной коры литосферы Казахстана; Б. ИРГ вертикальная повысотная геонимическая модель закономерности распространения, типизации и прогноза георисков от рудников воздействующих на население и кровлю земной коры литосферы Казахстана

Построенные 3D динамические ГИС модели анимации, по каждому отдельному руднику представляют собой ценнейший материал ИРГД. Инженерно-руднично-геодинамическое разрушение недр воздействием силы механической экскавации, промышленных взрывов, ударно-вибрационных отколов грунтов от окружающих массивов и вглубь рудника, в результате горно-техногенного их изъятия преобразуются в искусственные грунты с их новой техногенной гранулометрией, с рудным и нерудным (вскрышным) составом, преобразованным состоянием и измененными физико-химическими и физико-механическими свойствами, классификации которых с позиций ГР востребованы для управления и создания основ искусственного интеллекта и коррелируют с базой данных экологической геологии и геоэкологии [13, 14].

Каждый рудник на базе созданного ГИС цифрового 3D ПАСПОРТА является результатом ИРГД и РГ, типизируется по воздействию на окружающую геологическую среду с позиций инженерной и экологической геологии, геоэкологии и ранжируется на категории уязвимости (КУ), степени риска (СР) и уровни опасности (УО), сигнал тревоги (СТ) [14].

В зависимости от масштаба воздействия рудника на кровлю литосферы, один наиболее крупный и меньшие по размерам до 2-3 рудников, представляют собой объект исследования РИРГ, которая на платформе ГИС цифровой 3D паспортизации, проводит оценку их негативного воздействия на население, окружающую геологическую среду в пределах сферы их влияния на кровлю литосферы, с выявлением закономерностей распространения, типизации и прогнозирования вероятных активизаций георисков и мер для из минимизации с целью устойчивого управления процессами трансформации геосферы [13, 14].

Научно-обоснованные первые основы инженерно-рудничной геологии и ее самостоятельных ветвей: а. грунтоведения рудничного, б. инженерно-рудничной геодинамики, в. региональной инженерно-рудничной геологии, базируются на принципах наличия металлов в рудных грунтах и различия свойств вмещающих пород и полезных ископаемых [1-14].

Выводы

1. Разработана методология и создана первая основа «инженерно-рудничной геологии» и ее самостоятельные “ветви”: а. грунтоведение рудничное, б. инженерно-рудничная геодинамика, в. региональная инженерно-рудничная геология, дополняющие и развивающие «инженерную геологию месторождений полезных ископаемых», экологическую геологию и геоэкологию, катастрофоведение, ноосферную инженерную геологию на примере рудников Казахстана.

2. Составлены впервые геоним-модели, преобразованием инженерно-руднично-геологических карт, позволяющие выявить закономерности по-высотного и по-широтного распределения, типизации и прогноза георисков для: а. Костанайской области; б. Северного Казахстана; г. Казахстана.

4. Составлены новые прикладные инженерно-руднично-геолого-геономические карты с 12-мерной экспликацией для целей типизации, прогноза, снижения и управления георисками на территории Казахстана.

6. Инженерно-рудничная геология, новый раздел инженерной геологии месторождений полезных ископаемых, позволяет снижать негативные воздействия и управлять георисками на примере рудников Казахстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айтматов И.Т. Геомеханика рудных месторождений Средней Азии. «Илим», 1987, 247 с.
2. Байбатша А.Б. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых с основами геоинформатики. Алматы: НИЦ «Гылым», 2003 - 320 с. 3.
3. Валиев Ш.Ф. Инженерно-хозяйственная трансформация кровли литосферы Таджикистана. Под ред Ш.Э. Усупаева; ТНУ. –Душанбе: Сино, 2014. – 219 с.
4. Веселов В.В., Махмутов Т.Т., Едигенов М.Б., Мирлас В.М., Дейнека В.К. Гидрогеология и охрана окружающей среды горнорудных районов Северного Казахстана. М., «Недра», 1992, 270 с.
5. Голодковская Г.А., Демидюк Л.М., Шаумян Л.В. Инженерно-геологические исследования при разведке месторождений полезных ископаемых. М., Изд-во МГУ, 1975, 188 с.
6. Едигенов М.Б. «Горнорудничная гидрогеология и геориски на месторождениях Северного Казахстана». Бишкек, ИЦ «Техник» КГТУ, 2014, 378 с.
7. Жапарханов С.Ж., Кунанбаев С.Б., Крылов В.В. Гидрогеология горнорудных объектов Казахстана. Алма-Ата, Наука, 1980, 120 с.
8. Иванов И.П. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1990 - 304 с.;
9. Климентов П.П., Овчинников А.М., Сыроватко М.В. Гидрогеология месторождений твердых полезных ископаемых. Ч.1 и 2. М., «Недра», 1966, 200 с.
10. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. Л.: Недра, 1978 - 272 с.
11. Сергеев Е.М., Комаров И.С. Инженерная геология СССР. Том.1. Русская платформа. М, Изд-во Московского университета, 1978, 528 с.
12. Тагильцев С.Н. Экологическая геология крупных горнодобывающих районов северной Евразии (теория и практика). Под ред. И.И. Косиновой — Воронеж. Изд-во, 2015. — 576 с.
13. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабошкина Т.А. и др. Экологические функции литосферы. М. Изд-во МГУ, 2000, 432 с.
14. Усупаев Ш.Э., Едигенов М.Б. Инженерно-рудничная геология – новое дифференциальное развитие инженерной геологии полезных ископаемых на примере Казахстана. Журнал Наука и инновация. Серия геологических и технических наук 2019. №2 С. 4 – 13

FUNDAMENTALS OF MINING ENGINEERING GEOLOGY AND ITS INDEPENDENT BRANCHES

¹ Sh.E., Usupaev, ² M.B. Edigenov

sh.usupaev@caiag.kg, edigenov@mail.ru

¹ Central Asian Institute for Applied Geosciences, Bishkek, Kyrgyzstan

² LLC "Research and Production Company Geoekos", Kostanay, Kazakhstan

Abstract. The article discusses the proposed idea and the developed scientific and applied basis of mine engineering geology and its independent "branches": 1) mining soil science; 2) engineering and mining geodynamics; 3) regional engineering and mining geology; for integro-differential development of engineering geology of mineral deposits on the example of the earth's crust of the lithosphere of Kazakhstan. Mine excavation of soils from the bowels has a destructive effect on the geological environment, and their technogenic forced excavations induce geo-risks from collapses of quarry walls and mined-out space of mines, cause rock bumps, induced earthquakes, explosions, fires, flooding, lead to breakthroughs of dams of radioactive and toxic tailings, burning waste heaps, transit of pollution, are associated with the migration of fluids and degassing of faults, i.e. synergy of transformation of the upper part of the earth's crust, which requires protection measures from their negative impacts on the population and territories, therefore, refers to an urgent problem of engineering geology.

Keywords: engineering geology of mineral deposits, georisk, mining engineering: geology, geodynamics, soil science, regional geology, maps, typification, transformation.

УДК 55;504.75;574

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБ ВОЗДУХА (ГАЗА) НАД СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

С.И. Фонова, А.В. Эниташвили, Я.М. Фирсов

Sveta.27@mail.ru, a.epit@mail.ru, yakovfirsov271@gmail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Воронеж, Российская Федерация

Аннотация. Выполнен отбор проб воздуха (газа) над сточными водами предприятия черной металлургической промышленности. Период исследования с 2015 г. по 2020 г. Проведен химический анализ на предмет концентрации загрязняющих веществ в воздухе, таких как бензол, ксилол, толуол, этилбензол, масло минеральное.

Ключевые слова: Металлургическая промышленность, исследование воздуха, температура, бензол, ксилол, толуол, этилбензол, масло минеральное.

Согласно данным Росстата, металлургическая промышленность занимает второе место после энергетической отрасли по степени загрязнения окружающей среды. В самой отрасли лидером выступает цветная металлургия, за ней следует чёрная.

Металлургические предприятия — это сложные производственные комплексы, состоящие из различных цехов, а зачастую и более мелких заводов. Чёрная металлургия, является мощнейшим загрязнителем окружающей среды. Все известные технологические процессы, производства чугуна, стали и их последующего передела сопровождаются образованием больших количеств отходов в виде вредных газов и пыли, шлаков, шламов, сточных вод, содержащих различные химические компоненты, скрапа, окалины, боя огнеупоров, мусора и других выбросов, которые загрязняют атмосферу, воду и поверхность земли.

Целью работы было исследовать концентрацию химических веществ в испарениях над сточными водами чёрного металлургического производства.

Задачей являлось выявление динамики изменений концентрации загрязняющих веществ в испарениях над сточными водами до их очистки, повторно использующихся в производстве.

Исследовались пробы воздуха в течение пяти лет с 2015 г. по 2020 г., с периодичностью один раз в год. Результаты измерений представлены в таблице №1. Основной характеристикой загрязненности воздуха является концентрация в нем примеси, т.е. количество того или иного вещества в единице объема воздуха при нормальных условиях, выраженное в мг/м³.

Для измерения температуры газовой пробы использовался преобразователь измерительный для датчиков температуры SITRANS T3K-PA. Преобразователь состоит из корпуса, в котором находится электронный блок с клеммными колодками для подключения первичных термопреобразователей. Измерение температуры осуществлялось путем размещения прибора над поверхностью сточных вод на расстоянии до 10 см и выдержанным по времени до одной минуты.

Для измерения объемной доли и массовой концентрации определяемых компонентов использовалось оборудование центра коллективного пользования ВГТУ «ЦКП имени проф. Ю.М. Борисова» в рамках проекта развития, на основании соглашения № 075-15-2021-662 от 28.07.2021г:

- комплексы газоаналитические СГК-10М (газоанализаторы Кедр-1А-36, (СО), Кедр-1А-57 (SO₂); газоанализаторы ЕТ-909-03 (NO); газоанализаторы ГТМК-18 (O₂));
- газоанализаторы Кедр-1 А-37, ГИАМ-14, Ultramat/Охумат 6 для определения СО в выбросах;
- системы масс-спектрометрические газоаналитические «Гранат» (система отбора пробы и пробоподготовки и газоанализатор «Гранат») для определения СО в выбросах;
- газоанализаторы Аналитик 001 для определения NO и SO₂ в выбросах;
- газоанализаторы Ultramat 23 для определения СО, МО, SO₂ и O₂ в выбросах.

Измерение объемной доли загрязняющих веществ в отходящих газах осуществлялось следующими методами:

- Газоанализаторы ГИАМ-14 (СО) — оптико-акустический;
- Газоанализаторы ЕТ-909-03 (МО) — хемиллюминесцентный;
- Газоанализаторы ГТМК-18 (O₂) — термомагнитный;
- Газоанализаторы «Гранат» (СО) — масс-спектрометрический;
- Газоанализаторы Кедр- А1 (СО, SO₂) — оптико-абсорбционный;
- Газоанализаторы Ultramat 23 (СО, МО, SO₂, O₂), Ultramat/Охумат 6 (СО) — инфракрасный;
- Газоанализаторы Аналитик 001 (МО, SO₂) — электрохимический.

Унифицированные токовые сигналы (4-20мА, 0-5мА, 0-20мА) от средств измерений давления, температуры, объемного расхода, содержания компонентов отходящих газов поступают в автономно работающие системы сбора и обработки данных (контроллеры и персональные компьютеры), обеспечивающие сбор показаний с определенной группы точек измерения информационноизмерительной системы контроля выбросов загрязняющих веществ от источников загрязнения в атмосферу.

Таблица №1 – Результаты исследования проб воздуха над сточными водами металлургического предприятия

ПОКАЗАТЕЛИ	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ПДК[5] воздуха Мах. разовая	ПДК[5] воздуха среднесуто чная
Температура воздуха, °С	73	100	100	100	101	100	-	-
Бензол, мг/м ³	2,813	0,117	0,047	0,153	0,490	0,480	0,300	0,100
Ксилол, мг/м ³	0,005	0,223	0,055	0,180	0,220	0,199	150	50
Толуол, мг/м ³	0,036	0,225	0,036	0,053	0,340	0,310	150	50
Этилбензол, мг/м ³	0,018	0,003	0,006	0,573	0,380	0,350	150	50
Масло Минеральное, мг/м ³	7,000	10,300	12,100	9,900	9,530	9,033	-	5,000

Состав газа исследовался на содержание следующих веществ: бензол, ксилол, толуол, этилбензол, масло минеральное.

Следует отметить, что исходя из полученных данных концентрация бензола в испарениях над сточными водами в 2015, 2016, 2018, 2019, 2020 годах завышена и не соответствует нормам ПДК (Мах. разовая) [5], однако, измерения проводились до очистки сточных вод, перед подачей ее на очередной производственный цикл и данные показатели измеряются для дальнейшей оценки качества очистки воздуха во время производства.

На рисунке 1 изображен график изменения концентрации бензола в газах над сточными водами за период с 2015 г. по 2020 г., на нем видно, что концентрация бензола в 2015 году превышает показатели последующих лет. В таблице 1 мы видим, что во время выполнения анализов, температура воздуха была 73 С°, в другие же годы она составляла 100 С° и более.

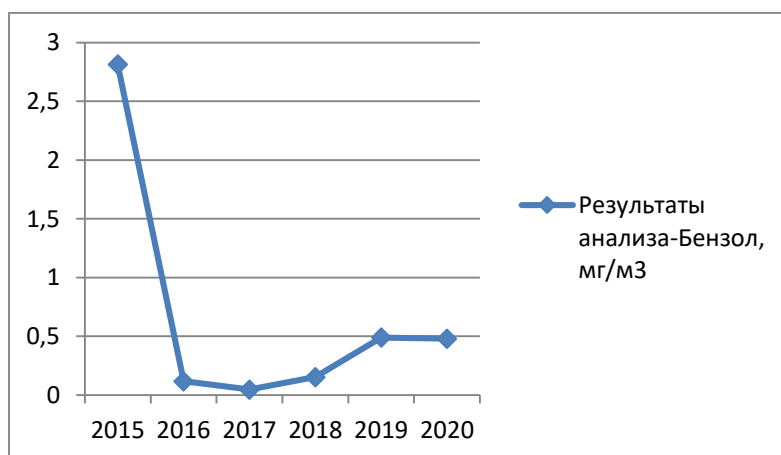


Рисунок 1 – График изменения концентрации Бензола в газах над сточными водами за период с 2015 г. по 2020 г

Постоянное присутствие бензола в испарениях производственных помещений негативно влияет на здоровье человека. Бензол может всасываться в организм при вдыхании и через кожу. Известно, что опасное загрязнение воздуха будет достигаться довольно быстро при испарении этого вещества при 20°С и выше. Вещество раздражает кожу и дыхательные

пути. Он может оказывать вредное воздействие на центральную нервную систему человека [2]. Еще одним опасным фактором бензола является его бурная реакция с окислителями и галогенами, приводя к опасности возникновения пожара и взрыва. [4]

Следующий исследуемый показатель – ксилол. Это углеводород ароматического ряда [6]. По результатам исследований концентрация вещества не превышает ПДК, его ежегодный показатель меняется, однако эти изменения незначительны. На рисунке 2 показан график изменения концентрации ксилола в газах над сточными водами за период с 2015 г. по 2020 г.

Ксилол так же вреден для организма человека. Основной путь поступления ксилолов в организм человека – ингаляционный (через лёгкие при дыхании). Также ксилолы могут проникать в организм через кожу, в том числе неповреждённую (благодаря способности растворяться в липидах, они легко проникают в кровоток через подкожную жировую клетчатку). В лёгких поглощается до 65 % ксилолов, поступающих в них с вдыхаемым воздухом (через кожу ксилолы поступают в организм только в случае непосредственного попадания на неё в жидком состоянии). Накапливаются, преимущественно, в паренхиматозных органах (печень), мышцах и жировой ткани. Большая часть ксилолов в организме подвергается биотрансформации (преимущественно в печени) в виде окисления до метилбензойных кислот и гидроксирования ароматического ядра с образованием диметилфенолов [6].

Метилбензойные кислоты реагируют с глицином (образуя метилгиппуровые кислоты) и выводятся из организма с мочой. Небольшая часть (5—6 %) выводится из организма в неизменном виде через лёгкие с выдыхаемым воздухом. При остром отравлении у человека наблюдаются возбуждение, чувство опьянения, раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, нарушения работы сердечнососудистой, пищеварительной и дыхательной систем, потеря сознания. В случае продолжительного (хронического) воздействия происходит, в первую очередь, поражение печени, кроветворной и иммунной системы [6].

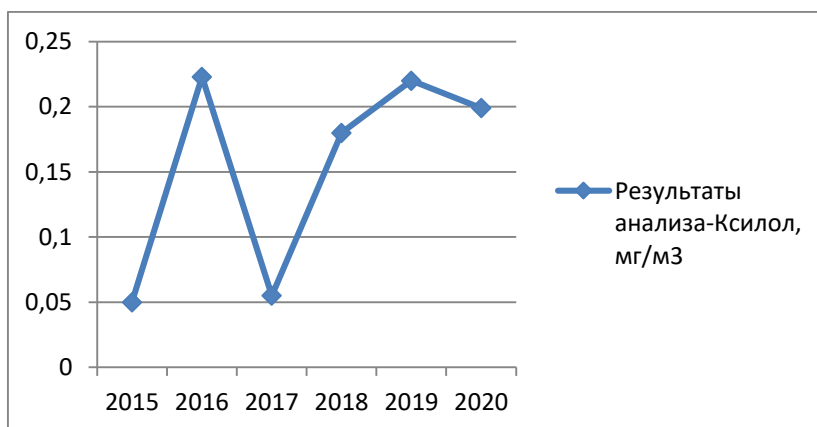


Рисунок 2 – График изменения концентрации Ксилола в газах над сточными водами за период с 2015 г. по 2020 г

Следующий исследуемый показатель - толуол. Бесцветная подвижная летучая жидкость с характерным запахом, проявляет слабое наркотическое действие. Смешивается в неограниченных количествах с углеводородами, многими спиртами, простыми и сложными эфирами, плохо растворяется в воде [1]. На рисунке 3 показан график изменения концентрации толуола в газах над сточными водами за период с 2015 г. по 2020 г.

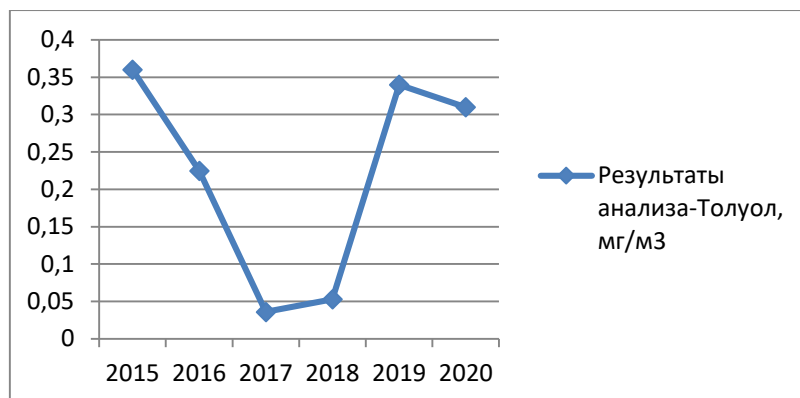


Рисунок 3 – График изменения концентрации Тoluола в газах над сточными водами за период с 2015 г. по 2020 г

Ежегодные измерения толуола не показывают превышений ПДК. Вещество может всасываться в организм при вдыхании, через кожу и через рот. Опасное загрязнение воздуха будет достигаться довольно быстро при испарении этого вещества при 20°C. Тoluол раздражает глаза и дыхательные пути. Его воздействие может вызвать депрессию центральной нервной системы. В большой дозе может вызвать сердечную дисритмию, потерю сознания и смерть [7].

Так же в испарениях присутствует органическое вещество класса углеводородов, представленное этилбензолом. Бесцветная жидкость с запахом, напоминающим бензин [8]. Согласно данным таблицы 1 ежегодные показатели не превышают нормы ПДК. Однако, результаты измерений разнообразны и представлены в графике изменения концентрации этилбензола в газах над сточными водами за период с 2015 г. по 2020 г. рисунок 4.

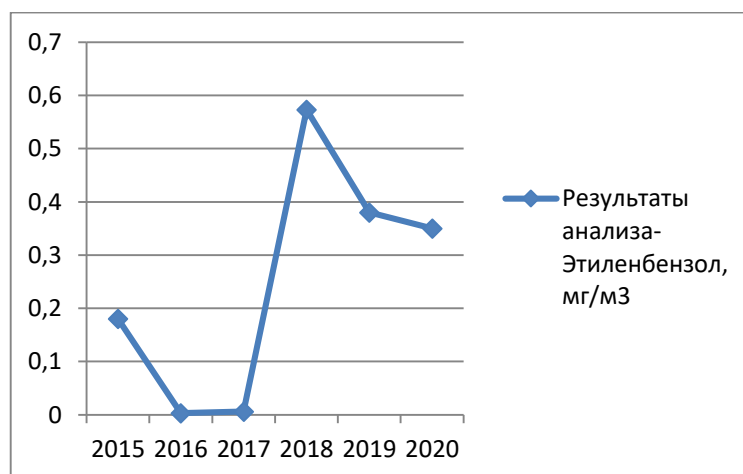


Рисунок 4 – График изменения концентрации Этиленбензола в газах над сточными водами за период с 2015 г. по 2020 г

Этилбензол является токсичным веществом, влияние которого опасно для человека. При вдыхании паров этилбензола человек начинает чувствовать сонливость, усталость, головную боль. Появляются неприятные ощущения в носу, горле и животе, слезятся глаза, затрудняется дыхание. Этилбензол пагубно воздействует на работу и координацию мышц. При длительном воздействии на организм человека этилбензол провоцирует хронические заболевания крови и печени [8].

Минеральное масло (нефтяное масло) - жидкие смеси высококипящих (высокомолекулярных) углеводородов (температура кипения 300—600 °C), главным образом алкилнафтеновых и алкилароматических, получаемые переработкой нефти [3]. Являются

важным компонентом технологического процесса в металлургическом производстве. В таблице 1 представлены результаты измерений, где мы видим, что концентрация вещества в газах над сточными водами производства до ее очистки превышает показатели ПДК. Изменения концентрации вещества по годам представлены в графике изменения концентрации масла минерального в газах над сточными водами за период с 2015 г. по 2020 г. рисунок 5.

Продукты термоокислительного разложения минеральных масел при вдыхании оказывают на людей раздражающее и общетоксическое действие, наблюдаются раздражение слизистых оболочек глаз, носоглотки и верхних дыхательных путей, общая слабость, головная боль, недомогание, а при вдыхании паров в течение 15–30 мин могут возникнуть отек легких, поражения сосудов и центральной нервной системы, воспалительные явления в легких, нарушения окислительно-восстановительных процессов.

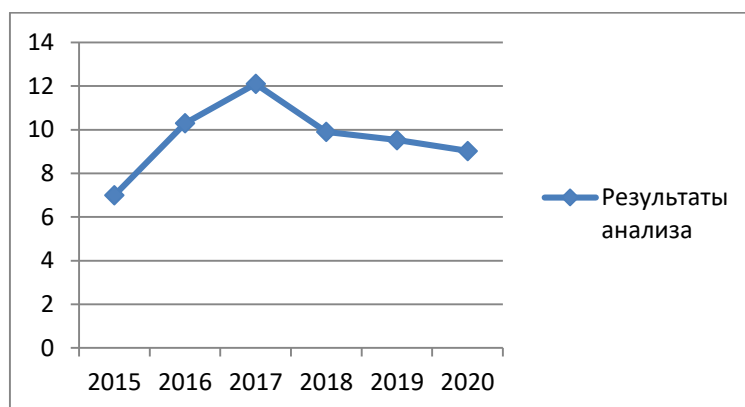


Рисунок 5 – График изменения концентрации Масла минерального в газах над сточными водами за период с 2015 г. по 2020 г

Наблюдаются также дистрофические изменения клеток сердечной мышцы, печени и других внутренних органов. Среди больных раком легких и бронхов много лиц, длительно подвергавшихся воздействию паров или туманов минеральных масел и их эмульсий [3].

Заключение

По результатам исследований, мы видим, что за пять лет показатели концентрации исследуемых веществ, таких как бензол, ксилол, толуол, этилбензол, масло минеральное в воздухе над сточными водами предприятия черной металлургии стабильны и не имеют значительных изменений. Однако, их концентрация в воздухе превышает ПДК, что является нормой, так как измерения проводились до очистки сточных вод в закрытом производственном помещении. Полученные показатели используют для сравнения и оценки эффективности очистки производственных сточных вод и воздуха. Так же измерения проводятся для контроля работы производственного оборудования и оборудования очистки воздуха и сточных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большая медицинская энциклопедия Толуол: в 30 т./ гл. ред. Б.В. Петровский. — 3 изд. — Москва : Советская энциклопедия, 1985. — Т. 25. Теннис - Углекислота. — 544 с. — 150 000 экз.
2. Большая советская энциклопедия Бензол: в 30 т./ Гл. ред. А. М. Прохоров - 3-е изд. М. : Советская энциклопедия, 1969—1978.

3. Большая Советская энциклопедия Масла нефтяные: в 30 т. / Гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М.: Советская Энциклопедия, 1974. — Т. XV. — С. 439–440. — 632 с.
4. Омеляненко, Л. М. Клиника и профилактика отравлений бензолом/Л.М. Омеляненко, Н.А. Сенкевич. - М.: 1957;
5. ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 28 января 2021 года N 2 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"
6. Роспотребнадзор № 742. Диметилбензол (смесь 2-, 3-, 4-изомеров) (ксилол смесь изомеров) // ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» / утверждены А.Ю. Поповой. — Москва, 2018. — С. 55. — 170 с. — (Санитарные правила).
7. Роспотребнадзор № 1284. Метилбензол (толуол) // ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» / утверждены А.Ю. Поповой. — Москва, 2018. — С. 91. — 170 с. — (Санитарные правила).
8. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0264.html>

STUDY OF AIR (GAS) SAMPLES OVER WASTE WATER OF A FERROUS METALLURGY ENTERPRISE

*S. I. Fonova, A.V. Epitashvili, Ya. M. Firsov
Sveta.27@mail.ru, a.epit@mail.ru, yakovfirsov271@gmail.ru
Federal State Budget- Financed Establishment
of Supreme Education
«Voronezh State Technical University»
Voronezh, the Russian Federation*

Abstract. Air (gas) sampling over the wastewater of the ferrous metallurgical industry was carried out. The study period is from 2015 to 2020. A chemical analysis was carried out for the concentration of pollutants in the air, such as benzene, xylene, toluene, ethylbenzene, mineral oil.

Keywords: Metallurgical industry, air research, temperature, benzene, xylene, toluene, ethylbenzene, mineral oil. Metallurgical industry, air research, temperature, benzene, xylene, toluene, ethylbenzene, mineral oil.

УДК 553:504.5.53(597)

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРОВИНЦИИ ДОНГ НАЙ, ВЬЕТНАМ

*Нгуен Тхань Хунг, Фан Ван Туан
Вьетнамский национальный лесной университет, г. Ханой, 10000 Вьетнам.
Email:Thanhhungln02@gmail.com*

Аннотация. Был проведен эколого-геохимический мониторинг поверхностных и подземных вод для оценки степени загрязнения их в провинции Донг Най (Вьетнам) тяжелыми металлами. Мониторинг загрязнения металлами поверхностных и подземных вод имеет смысл в контексте ухудшения здоровья человека. Тяжелые металлы опасны, потому что они имеют тенденцию накапливаться от низких концентраций до высоких концентраций, что может привести к отравлению организма.

Ключевые слова: вода, поверхностные воды, подземные воды, эколого-геохимический мониторинг, тяжелые металлы, провинция Донг Най.

Вода является важным компонентом существования флоры и фауны в биосфере. В процессе практически-хозяйственной деятельности поверхностные и подземные воды

загрязняются бытовыми отходами, промышленными и городскими сточными водами (Mahmood, 2006). Из сельскохозяйственных и промышленных отходов тяжелые металлы могут поступать в реки и озера через систему канализации (Panda et al., 2020). Загрязнение не только влияет на качество воды, но также угрожает здоровью человека и выживанию водных экосистем (Milovanovic, 2007). Некоторые металлы, такие как Cu, Fe, Mn, Ni и Zn, являются микроэлементами и полезны для жизни животных и растений. Многие другие металлы, такие как Cd, Cr, Pb и Co не оказывают благотворного влияния на животных и растения, а вредны (Aktar et al., 2010). Они не разлагаются и могут накапливаться в системе организма человека, вызывая повреждение нервной системы и внутренних органов. Накопление металлов во многих видах рыб и их телах широко освещалось Kumada et al., 1980. Эти металлы могут играть важную роль в биохимических процессах водных организмов. Однако их высокая концентрация приведет к гибели рыб и других водных организмов при увеличении времени воздействия этих металлов (Vrraich et al., 2015). Использование загрязненной воды в окрестностях больших городов для выращивания овощей является обычной практикой. Хотя этот источник воды считается богатым источником органических и питательных веществ для растений, он также содержит большое количество ионов металлов, таких как железо, марганец, медь, цинк и т. Д. Загрязненная тяжелыми металлами вода, если она используется для длительного орошения сельскохозяйственных культур, приведет к накоплению ионов металлов в почве и может быть токсичной для растений и экосистем более высокого уровня. Сообщается, что различные загрязнители, включая токсичные металлы, особенно медь и цинк, повсеместно распространены в реках и водохранилищах, наносят ущерб водным организмам [Косинова И.И., 2013].

Мониторинг загрязнения металлами поверхностных и подземных вод имеет смысл в контексте ухудшения здоровья человека. Тяжелые металлы опасны, потому что они имеют тенденцию накапливаться от низких концентраций до высоких концентраций, что может привести к отравлению организма. Многие тяжелые металлы считаются серьезными загрязнителями водных экосистем, поскольку их токсичность существует в окружающей среде и способна участвовать в пищевой цепи (Abolude et al. 2009). Таким образом, настоящее исследование является попыткой оценить степень загрязнения поверхностных и подземных вод провинции Донг Най (Вьетнам) тяжелыми металлами.

Метод исследования

В процессе эколого-гидрогеохимического мониторинга была отобрана 51 проба подземных вод и 81 проба поверхностных вод, включая 49 проб речной воды; 28 образцов озерной воды и 4 образца вод искусственных каналов. Пробы подземных и поверхностных вод были собраны в начале апреля и сентябре 2018 года. Использование индекса комплексного загрязнения (Cd) для оценки уровня загрязнения тяжелыми металлами в воде проводилось по приведенному ниже уравнению (Backman et al. 1997):

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_{fi} \quad \text{Где} \quad C_{fi} = \frac{C_i}{S_i} - 1$$

Где C_i - это измеренное значение i -го параметра, а S_i - предельно допустимая концентрация i -го параметра.

Значение C_d	Уровень загрязнения
$C_d < 1$	Не загрязнения
$1 \leq C_d \leq 3$	Умеренное загрязнение
$C_d > 3$	Высокие загрязнение

Полученные результаты.

Результаты анализа проб подземных вод в сухой сезон (апрель 2018 г.) и сезон дождей (сентябрь 2018 г.) приведены в таблице 2. По результатам анализов можно утверждать, что концентрация тяжелых металлов, включая As, Cd, Cr, Cu и Zn, во много раз ниже допустимых стандартных значений. Однако свинец имеет высокий уровень загрязнения. В точке GW-ВН-09 концентрация свинца превышает допустимый уровень в 3,9 раза. В 7 из 51 точек концентрации свинца превышают допустимые в 1-2 раза. Эти точки расположены в городе Бьен Хоа и промышленной зоне Лонг Тхань.

Таблица 2 – Результаты анализа концентрации тяжелых металлов в подземных водах

Металл	C _i (мг/л)		Средний C _i (мг/л)		ПДК (мг/л)	K _k = C _i /ПДК	
	Сухой сезон (Min-Max)	Дождей сезон (Min-Max)	Сухой сезон	Дождей сезон		Сухой сезон (Min-Max)	Дождей сезон (Min-Max)
As	0.001-0.018	0.001-0.011	0.0016	0.00129	0.05	0.02-0.36	0.02-0.22
Cd	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.003	0.167	0.167
Cr	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.2	0.2
Cu	0.004-0.011	0.004-0.02	0.0045	0.0044	1.00	0.004-0.011	0.004-0.02
Pb	0.001-0.0059	0.001-0.0018	0.0029	0.0011	0.0015	0.66-3.93	0.66-1.2
Zn	0.05-0.18	0.05-0.47	0.0538	0.0599	5.00	0.01-0.036	0.01-0.094

Таблица 2 показывает, что концентрация тяжелых металлов в подземных водах незначительна (кроме свинца), с небольшим изменением концентрации между дождливым и сухим сезонами. Средняя концентрация тяжелых металлов незначительно меняется при измеренных минимальных и максимальных значениях. Это показывает, что в районе исследования концентрации тяжелых металлов в подземных водах изменяются незначительно. Однако в подземных водах фиксируется загрязнение свинцом. Особенно высокий уровень загрязнения наблюдается в городских и промышленных зонах. Эти точки, по-видимому, приводят к загрязнению воды как в сухое, так и в дождливое время года (точка 3; 4). Это пробуренные скважины плиоценового водоносного горизонта глубиной 10-15 м. Точка мониторинга № 3 показывает, что уровень загрязнения свинцом в подземных водах очень тяжелый ($K_k = 3.93$). Это контрольная точка, расположенная рядом с заводом аккумуляторных батарей Донг Най.

Анализ результатов эколого-гидрохимического мониторинга производился с учетом ПДК, принятых во Вьетнаме. Следует подчеркнуть, что во Вьетнаме нет подразделения на ПДК для различных водных источников, они единообразны для всех. Эта ограниченная концентрация также эквивалентна максимально допустимой концентрации для металлов, токсичных для питьевой воды, предложенной Frederic R. Siegel, (2001).

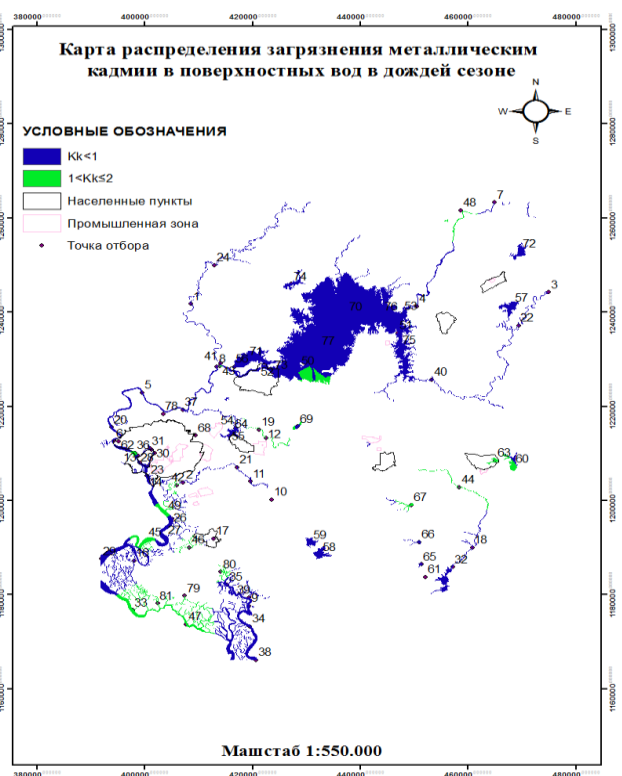
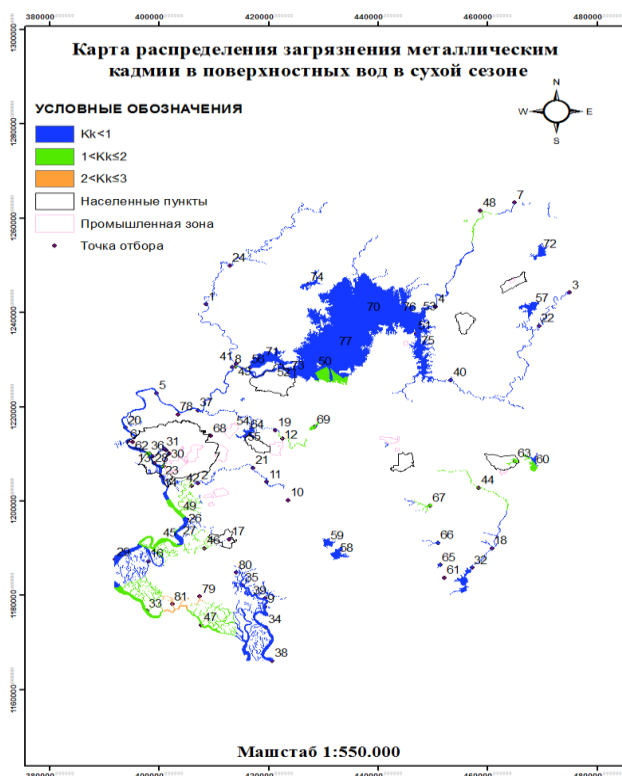
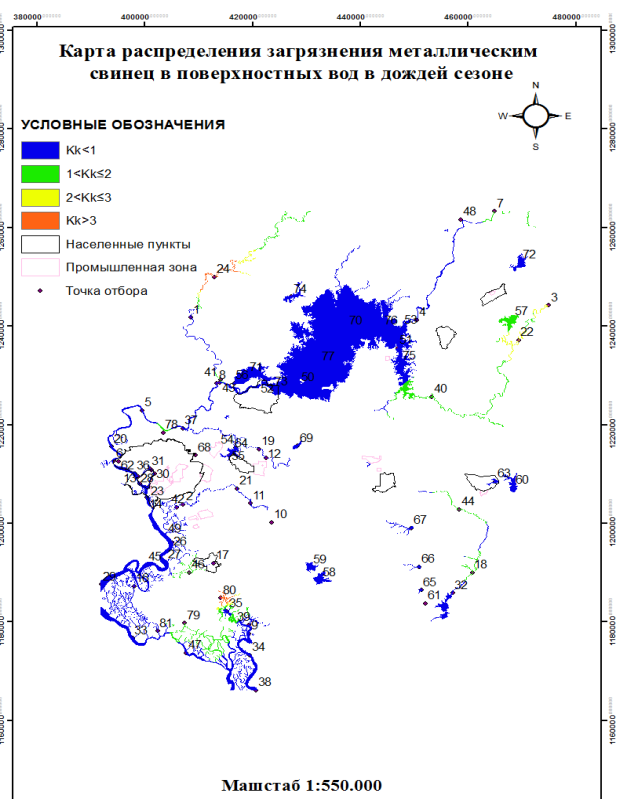
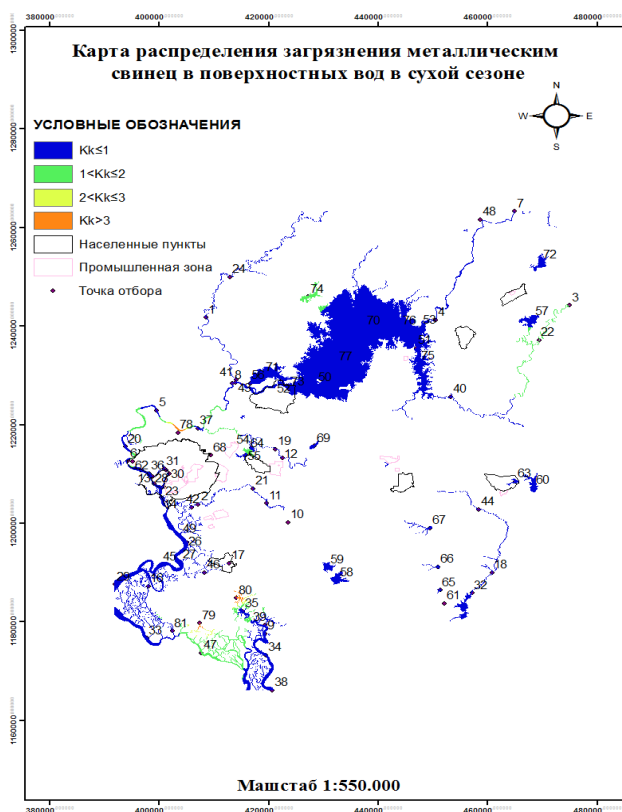
Таблица 3 – Концентрации тяжелых металлов в поверхностных водах

Металл	C _i (мг/л)		Средний C _i (мг/л)		ПДК (мг/л)	K _k = C _i /ПДК	
	Сухой сезон (Min-Max)	Дождя сезон (Min-Max)	Сухой сезон	Дождя сезон		Сухой сезон (Min-Max)	Дождя сезон (Min-Max)
As	0.001-0.0033	0.001-0.003	0.0011	0.0012	0.05	0.02-0.066	0.02-0.06
Cd	0.0017-0.0083	0.001-0.0056	0.0025	0.0024	0.003	0.238-2.767	0.238-1.867
Cr	0.001-0.096	0.001-0.03	0.0153	0.0156	0.05	0.02-1.92	0.02-1.0
Cu	0.024-0.518	0.024-0.512	0.1692	0.1711	1.00	0.024-0.518	0.024-0.518
Pb	0.001-0.0069	0.001-0.087	0.0011	0.0013	0.0015	0.667-4.60	0.6-5.8
Zn	0.05-1.096	0.05-0.29	0.0667	0.0579	5.00	0.016-0.218	0.01-0.058

Таблица 3 показывает, что концентрация тяжелых металлов As, Cu, Zn в поверхностных водах довольно мала. Концентрация металлов Cd, Cr и Pb превысила допустимый уровень. Cr превышает порог в 1,92 раза в сухой сезон; Cd превышает ПДК в 2,76 в сухой сезон и в 1,87 раза в сезон дождей; Pb превышает в 4,6 раза в сухой сезон и в 5,8 раза в сезон дождей. Это показывает, что уровень загрязнения тяжелыми металлами в поверхностных водах довольно высок, особенно загрязнение свинцом.

Согласно карте 1, концентрация тяжелых металлов в поверхностных водах все еще находятся в пределах допустимых концентраций. В непосредственной близости с промышленным парком Вау Хео (точка 12 зафиксированы высокие концентрации металлов Pb (0,009 мг/л) и Cd (0,0044 мг/л); точка 19 имеет концентрацию Pb 0,01 мг/л ; Zn 0,05 мг/л; Cd 0,0025 мг/л). Территория вблизи промышленной зоны Винь Куу характеризуется концентрациями Cr 0,03 мг/л; Zn 0,05 мг/л; Cd 0,003 мг/л; Южный район включает точки 79 и 81, в которых происходит сброс неочищенных сточных вод из промышленного парка Нхон Трач. Это наиболее крупный индустриальный парк в провинции Донг Най (площадь около 2300 га). Концентрация Cd в этих двух местах превышает допустимый порог в 1,66 раза (точка 81) и в 1,34 раза (точка 79). Между тем, в других регионах концентрация металлов все еще находится в допустимых пределах. Это доказывает, что вода в зоне вокруг промышленных зон содержит больше тяжелых металлов, чем другие зоны. В сезон дождей (рис. 2) места загрязнения также имеют сходство с засушливым сезоном.

На основании приведенного выше анализа видно, что содержание тяжелых металлов в воде в сезон дождей ниже, чем в сухой сезон.



Вывод

Подземные воды имеют более низкий уровень загрязнения, чем поверхностные воды. Большинство точек отбора проб дают хорошие результаты, подземные воды не были загрязнены тяжелыми металлами.

В сухой сезон был обнаружен один образец со средним уровнем загрязнения тяжелыми металлами в поверхностных вод (точка 80, $Cd = 1,36$). Поверхностные воды в

районах вблизи промышленных зон Бау Ксео и Нхон Трач имеют более высокое содержание ионов металлов, чем в других областях в районе исследований.

Хотя загрязнение металлическими Рb и Cd в поверхностных водах в исследуемом районе незначительное, существует также необходимость реализации эколого-химического и эколого-гидрогеохимического типов мониторинга двух промышленных зон для предотвращения загрязнения окружающей среда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косинова И.И. (2013). Особенности формирования донных отложений искусственных водоемов и методика их эколого-геологической оценки. Воронежский государственный университет и др.; под редакцией И.И. Косиновой. С.126-130.
2. Косинова, И. И., Ильяш, В. В., & Ильяш, Д. В. (2013). Литологический фактор как одна из причин неравномерности развития циркументов на территории Воронежской антеклизы. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, (1), 214-218.
3. Adakole, J. A., & Abolude, D. S. (2009). Studies on effluent characteristics of a metal finishing company, Zaria–Nigeria. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 1(2), 54-57.
4. Aktar, M. W., Paramasivam, M., Ganguly, M., Purkait, S., & Sengupta, D. (2010). Assessment and occurrence of various heavy metals in surface water of Ganga river around Kolkata: a study for toxicity and ecological impact. *Environmental monitoring and assessment*, 160(1), 207-213.
5. Brraich, O. S., & Jangu, S. (2015). Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring in the water of Harike Wetland (Ramsar Site), India. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5(2), 1-6.
6. Kumada, M. (1980). Nickel and palladium complex catalyzed cross-coupling reactions of organometallic reagents with organic halides. *Pure Appl. Chem*, 52(3), 669-679.
7. Mahmood, T., & Elliott, A. (2006). A review of secondary sludge reduction technologies for the pulp and paper industry. *Water research*, 40(11), 2093-2112.
8. Milovanovic, M. (2007). Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. *Desalination*, 213(1-3), 159-173.
9. Panda, B., Chidambaram, S., Thilagavathi, R., Ganesh, N., Prasanna, M. V., & Vasudevan, U. (2020). Source governed trace metal anomalies in groundwater of foothill aquifer and its health effect. *Applied Water Science*, 10(7), 1-10.
10. Siegel, F. R., Kravitz, J. H., & Galasso, J. J. (2001). Arsenic and mercury contamination in 31 cores taken in 1965, St. Anna Trough, Kara Sea, Arctic Ocean. *Environmental Geology*, 40(4-5), 528-542.

ASSESSMENT OF HEAVY METAL POLLUTION OF SURFACE AND UNDERGROUND WATERS OF DONG NAI PROVINCE, VIETNAM

Nguyen Thanh Hung, Phan Van Tuan

Vietnam National Forest University, Hanoi, 10000 Vietnam.

Email: Thanhhungln02@gmail.com

Annotation. Ecological and geochemical monitoring of surface and underground waters was carried out to assess the degree of contamination of them in the province of Dong Nai (Vietnam) with heavy metals. Monitoring of metal contamination of surface and underground waters makes sense in the context of deterioration of human health. Heavy metals are dangerous because they tend to accumulate from low concentrations to high concentrations, which can lead to poisoning of the body.

Keywords: water, surface water, underground water, ecological and geochemical monitoring, heavy metals, Dong Nai Province.

УДК 504; 504.75

КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОСЛЕДНЕГО ДЕСЯТИЛЕТИЯ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

В.В. Шанина, viosha@mail.ru

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Аннотация. На нашей планете все время наблюдаются опасные природные процессы и явления, осложняющие инженерно-геологические изыскания, удорожающие строительство и требующие организации защиты населения и сооружений. Наибольшее количество наблюдавшихся в мире в 2011 - 2020 годах природных катастроф связано с гидрометеорологическими процессами и явлениями (ураганы, торнадо, циклоны, наводнения). За рассматриваемые десять лет (2011 - 2020 года) произошло более 200 крупных природных катастроф, повлекших многочисленные жертвы и (или) материальный ущерб.

Ключевые слова: катастрофические геологические процессы, экологические последствия, землетрясения, извержения вулканов, оползни, обвалы, сели.

На нашей планете все время наблюдаются опасные природные процессы и явления, зачастую имеющие катастрофический характер и приводящие к большому количеству жертв. Наибольшее количество наблюдавшихся в мире в 2011 - 2020 годах природных катастроф связано с гидрометеорологическими процессами и явлениями (ураганы, торнадо, циклоны, паводки, наводнения). Горные территории дополнительно страдают от опасных гравитационных процессов, в основном спровоцированных, активизированных затяжными осадками. За рассматриваемые в данной работе десять лет можно проследить приуроченность катастрофических геологических событий к различным регионам, наиболее часто от них страдают Китай и страны Юго-Восточной Азии. Опасные природные процессы и явления приводят к человеческим жертвам и экономическому ущербу, поэтому важно их изучать, прогнозировать и создавать надежные защитные сооружения.

За рассматриваемые десять лет (2011 - 2020 года) произошло более 200 крупных природных катастроф, повлекших многочисленные жертвы и (или) материальный ущерб. Наибольшее количество катастрофических геологических событий с многочисленными жертвами в течение последнего десятилетия связано с землетрясениями (рис.). На территории России землетрясения чаще всего происходят в регионах: Кавказ, Алтай, Камчатка. Но ощущаются порой даже в Москве, как произошло в мае 2013 года.

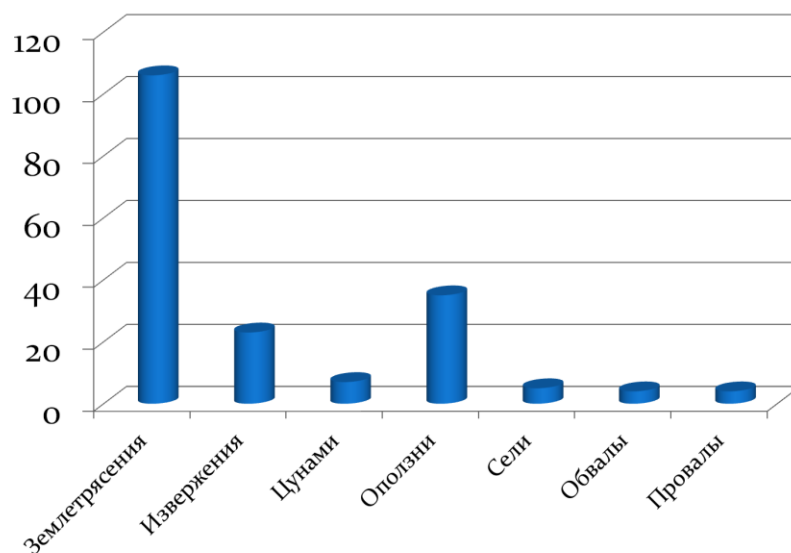


Рисунок 1 – Катастрофические геологические события, повлекшие наибольшее количество жертв за последние 10 лет

Рассмотрим подробнее землетрясения 2011-2020 гг., повлекшие наибольшее количество жертв:

11 марта 2011 г. в Японии произошло землетрясение, магнитуда которого составила 8,9–9,0 баллов. Эпицентр находился в 373 км северо-восточнее г. Токио, очаг залегал на глубине 24 км. Затем последовало более 20 подземных толчков, следом за которыми на берег обрушилась мощная волна цунами высотой более 10 м. Больше всего от стихии пострадали города Камаиси в префектуре Ивате и Сендай в префектуре Мияги на северо-восточном побережье острова Хонсю. 15 896 погибших, 6157 раненых, 2536 пропавших без вести. Свои дома пришлось покинуть почти 387 000 японцев. За последующие 10 дней у побережья страны произошло более 260 более слабых подземных толчков. Ущерб, причиненный экономике Японии составил 309 млрд. долл. На японских АЭС Фукусима-1 и Фукусима-2 из-за выхода из строя систем охлаждения был введен режим ЧС, власти эвакуировали местных жителей в радиусе 20, позже 30 км [1].

25 апреля 2015 г. в Непале в районе Горкха произошло землетрясение магнитудой 7,9. Эпицентр располагался в 77 км к северо-западу от Катманду, очаг залегал на глубине 10-15 км. Последовали многочисленные афтершоки (58 с магнитудой 4,0-6,6) с распределением до 130 км к востоку от эпицентра. Погибли 8400 человек, 17500 были ранены. По информации Организации Объединенных Наций, 8 миллионов человек пострадали. По данным Национального центра по чрезвычайным ситуациям, разрушено полностью свыше 500 тысяч зданий и частично - 269 тысяч строений. Землетрясение спровоцировало сход лавин в Гималаях. На южном склоне горы Эверест, расположенном примерно в 160 км к востоку-северо-востоку от эпицентра, лавина уничтожила базовый лагерь альпинистов, погибли 65 человек и 61 были ранены (одна из самых массовых трагедий в истории альпинизма). Землетрясение ощущалось в Индии, Китае и Бангладеше (погибли 34, 11 и 2 человека). Землетрясение стало сильнейшим в Непале за последние 80 лет. Материальный ущерб превысил 10 млрд. долларов США [4].

28 сентября 2018 г. на индонезийском острове Сулавеси произошло землетрясение магнитудой 7,4, за которым последовало более 360 афтершоков и семиметровое цунами. Эпицентр располагался в центральном районе острова — Дунгала. В городе Палу и окрестностях наблюдались оползни и разжижение грунта. Погибли 2 091 человек. Число пропавших без вести в окрестностях города Палу составляет около 700. За медицинской помощью обратилась тысяча жителей. Разрушено свыше 65,7 тыс. домов. Гуманитарная

помощь потребовалась двум с половиной миллионам индонезийцев. В стране ввели режим чрезвычайной ситуации. Экономический ущерб оценивается в 658 млн. долларов США [6].

Извержения вулканов на нашей планете происходят регулярно, за последние 10 лет большинство извержений не привели к человеческим жертвам, но есть и исключения. Рассмотрим их подробнее:

27 сентября 2014 г. в японской префектуре Нагано началось извержение вулкана Онтакэ (высота 3067 метров). В период с 11 до 17 по местному времени было зафиксировано 313 вулканических землетрясений, 240 из которых произошли в первые два часа извержения. Над кратером поднялась эруптивная пепловая колонна высотой десять километров. Южный склон вулкана покрылся пеплом толщиной более 15 сантиметров. Выпадение вулканического пепла также зафиксировали в городе Кофу (префектура Яманаси), расположенном в 100 км к юго-востоку от вулкана. В момент извержения вулкана на его склонах находились около 200 человек. Погибли 56 человек, семеро числятся пропавшими без вести. Вулканологи считают, что причиной стала большая плотность падения вулканических бомб с высокой скоростью — около 300 км/час. Это самое большое число жертв в результате извержения вулкана за всю послевоенную историю страны. Из-за высокой концентрации пепла и вулканических бомб более 70 человек серьезно пострадали [3].

3 июня 2018 г. в Гватемале произошло извержение вулкана Фуэго (высота 3 763 м), расположенного около города Антигуа, в 40 км к юго-западу от столицы страны. Эруптивная колонна достигла высоты 10 км. По восточному склону вулкана сошли пирокластические потоки. В результате многие жители окрестных деревень, работавшие на своих полях, не успели эвакуироваться. Пострадали департаменты Чимальтенанго, Эскуинтла и Сакатепекес. На населенный пункт Сан-Мигель-Лос-Лотес сошел грязевой поток с вулканическим материалом. Погибли 114 человек, 300 пострадали, 3 265 жителей обратились за помощью, более 1,7 млн. оказались в зоне действия извержения. Более 3 тыс. человек были эвакуированы, 653 остановились во временных убежищах [5].

9 декабря 2019 г. на новозеландском острове Уайт-Айленд (White Island), расположенном в заливе Пленти, в 270 км к югу от г. Окленд, произошло извержение стратовулкана Whakaari / White Island. Эруптивная колонна достигла высоты 3,5 км. Уровень вулканической опасности был повышен до четвертого (опасность извержения в непосредственной близости от вулкана), а код авиационной безопасности изменен на оранжевый. Погибло и пропало без вести 16 человек, 30 — госпитализировали [8].

Гравитационные склоновые процессы широко распространены на территории нашей планеты, происходят регулярно, особенно в период интенсивных осадков. Из данных экзогенных процессов наиболее часто приводят к человеческим жертвам и катастрофическим экологическим последствиям оползни. Рассмотрим наиболее крупные из них за последние десять лет (2011-2020 гг):

29 марта 2013 г. в уезде Мэджоунгар столичного городского округа в Тибетском автономном районе на высоте 4,6 тыс. м. над уровнем моря сошел оползень. Длина оползня составила 3 километра, объем сошедшей грязекаменной массы — около 2 миллионов кубических метров. Погибли 66 сотрудников Китайской корпорации золота, еще 17 числятся пропавшими без вести [2].

18 мая 2015 г. в департаменте Антьокия в муниципалитете Салгар на северо-западе Колумбии сошел оползень, спровоцированный мощными ливнями. Оползень произошел утром, когда почти все жители еще спали. 61 человек погибли, 37 пострадали. Несколько семей было эвакуировано. Частично или полностью разрушенными оказались более 30 домов [4].

23 июля 2019 г. в уезде Шуйчэн городского округа Люпаньшуй в китайской юго-западной провинции Гуйчжоу сошел оползень. Погибло 38 человек, еще 13 числятся пропавшими без вести, 11 получило травмы разной степени сложности. Пострадало 23

домохозяйства, при этом более 20 построек, включая жилые дома, оказалось полностью погребено под оползневыми отложениями [7].

Современная динамика абиотических сфер Земли (атмосферы, гидросферы, литосферы) и ее экологические последствия, опасные природные процессы и явления, наблюдавшиеся в 2011 - 2020 годах и вызвавшие катастрофические последствия, говорят об увеличивающейся опасности проявлений техногенно-трансформированных экологических функций оболочек Земли. Отмечается устойчивая тенденция увеличения материальных потерь и уязвимости общества из-за усиливающегося воздействия опасных природных процессов и явлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шанина В. В. Обзор опасных природных явлений за первый квартал 2011 года // Геориск. — 2011. — № 1. — С. 4–7.
2. Шанина В. В. Обзор опасных природных явлений за первый квартал 2013 года // Геориск. — 2013. — № 1. — С. 4–9.
3. Шанина В. В. Обзор опасных природных явлений за третий квартал 2014 года // Геориск. — 2014. — № 3. — С. 4–9.
4. Шанина В. В. Обзор опасных природных явлений за второй квартал 2015 года // Геориск. — 2015. — № 2. — С. 6–9.
5. Шанина В. В. Обзор опасных природных явлений за апрель — июнь 2018 года // Геориск. — 2018. — Т. 12, № 2. — С. 86–90.
6. Шанина В. В. Обзор опасных природных явлений за июль — декабрь 2018 года // Геориск. — 2018. — Т. 12, № 4. — С. 134–147.
7. Шанина В. В. Обзор опасных природных явлений за июль — сентябрь 2019 года // Геориск. — 2019. — Т. 13, № 3. — С. 6–13.
8. Шанина В. В. Обзор опасных природных явлений за октябрь — декабрь 2019 года // Геориск. — 2019. — Т. 13, № 4. — С. 66–71.

CATASTROPHIC GEOLOGICAL PROCESSES OF THE LAST DECADE AND THEIR ECOLOGICAL CONSEQUENCES

V.V. Shanina, viosha@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. On our planet, dangerous natural processes and phenomena are constantly observed, complicating engineering and geological surveys, increasing the cost of construction and requiring the organization of protection of the population and structures. The largest number of natural disasters observed in the world in 2011 - 2020 is associated with hydrometeorological processes and phenomena (hurricanes, tornadoes, cyclones, floods). Over the ten years under consideration (2011 - 2020), there have been more than 200 major natural disasters that have resulted in numerous casualties and (or) material damage.

Keywords: catastrophic geological processes, environmental consequences, earthquakes, volcanic eruptions, landslides, mudflows.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ ЗОНЫ АЭРАЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО
ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА**

*О.В. Шершнёв, gomelgeo@yandex.ru, А.И. Павловский, aipavlovsky@mail, А.Ф. Акулевич,
aakulevich@gsu.by*

*Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, г. Гомель, Республика
Беларусь*

Аннотация. Зона аэрации является естественной защитой грунтовых вод от загрязнения с поверхности земли. Изучена пространственная дифференциация мощности и геологического строения зоны аэрации в зоне влияния Гомельского химического завода. Установлены факторы, влияющие на формирование мощности зоны аэрации. Выполнен анализ распространения загрязняющих компонентов по профилю зоны аэрации. Установлено отсутствие выраженной закономерности в их распределении, что требует детализации исследований по изучению водно-физических свойств горных пород в зоне аэрации.

Ключевые слова: зона аэрации, горные породы, грунтовые воды, отходы производства, загрязняющие компоненты.

Особенности строения и мощность зоны аэрации могут оказывать влияние на миграцию загрязняющих веществ, тем самым, определяя защищенность грунтовых вод от загрязнения с поверхности. Часть солей задерживается в зоне аэрации (сорбируется на породах или отлагается в порах горных пород и почв).

На территории производственной деятельности Гомельского химического завода (ГХЗ) размещены отходы производства на площади более 90 га. Они представлены отвалами фосфогипса, которые являются одним из главных источников формирования загрязнения подземных вод.

Для оценки техногенного влияния на подземные воды в пределах производственной территории ГХЗ необходима детализация геолого-гидрогеологических условий, в том числе верхней части геологического разреза.

Объектом исследования является зона аэрации в пределах санитарно-защитной зоны ГХЗ. Геологическое и гидрогеологическое строение территории были изучены по данным инженерно-геологических изысканий, режимной и локальной сети мониторинга подземных вод ГХЗ за период 2017–2020 гг. Анализ распределения загрязняющих веществ в зоне аэрации на прилегающих к отвалам фосфогипса землях был проведен в 2019 г. посредством изучения водных вытяжек на пяти ключевых участках, расположенных на различном удалении от отвалов фосфогипса в непосредственной близости от скважин локальной сети мониторинга грунтовых вод. Отбор образцов осуществлялся в пределах трех подзон: почвенной (0,2 м), вадозной (0,6–1,6 м) и капиллярной (1,3–3,3 м). Нейтральная водная вытяжка приготовлена в соответствии с требованиями СТБ 17.13.05-36-2015 [1]. В качестве анализируемых показателей приняты основные компоненты-загрязнители подземной гидросферы в зоне влияния ГХЗ (сульфат-ион, фосфат-ион, аммоний-ион).

Строение зоны аэрации. Зона аэрации района Гомельского химического завода расположена в пределах двух крупных геоморфологических элементов – водноледниковой равнины сформировавшейся в спреднеплейстоценовое время после отступления днепровского ледника и второй аллювиальной террасы р. Сож сформировавшейся в верхнеплейстоценовое время.

Мощность зоны аэрации в пределах санитарно-защитной зоны ГХЗ изменяется от 0 до нескольких метров. Как она правило не превышает 3–5 м, а на большей части составляет менее 1 м (рис. 1). При этом на отдельных площадях, например, в южной части промышленной площадки уровень грунтовых вод находится выше поверхности земли, и зона

аэрации отсутствует. Пробуренные ОАО «Гомельгеосервис» в 1990-е гг. скважины на отвале фосфогипса не вскрыли грунтовые воды до глубины 12 м. Между отвалами фосфогипса мощность зоны аэрации определяется наличием дрен, замкнутых понижений, высотой отдельных площадок и склоновых накоплений фосфогипса.

Мощность зоны аэрации не постоянная во времени и в пространстве и зависит от колебания уровня грунтовых вод, а в геологическом отношении – от генезиса, возраста и состава покровных отложений. За период 2017–2020 гг. амплитуда колебания мощности зоны аэрации по данным локальной сети мониторинга изменялась в широких пределах от 0,1 м до 1,04 м.

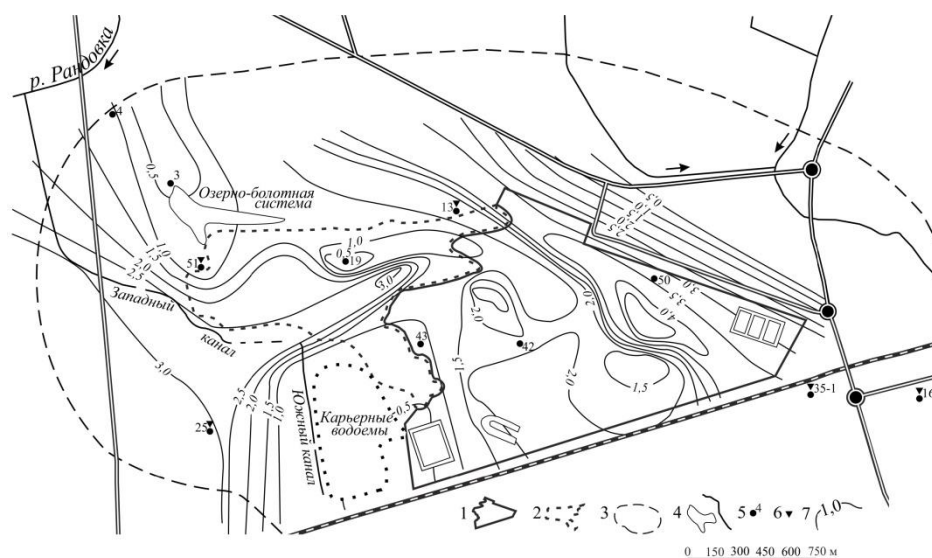


Рисунок 1 – Мощность зоны аэрации в пределах санитарно-защитной зоны ГХЗ (по данным локальной и режимной сети мониторинга подземных вод): 1 – площадка ОАО «ГХЗ», 2 – контуры размещения отходов производства, 3 – границы санитарно-защитной зоны, 4 – водоемы и водотоки, 5 – скважины локальной и режимной сети мониторинга, 6 – точки отбора проб из зоны аэрации, 7 – изолинии мощности зоны аэрации.

Изменение мощности зоны аэрации связано, прежде всего с сезонными факторами. В пределах санитарно-защитной зоны ГХЗ по распространению зоны аэрации выделены три типа участков.

Первый тип занимает наибольшую площадь и характеризуется постоянным наличием зоны аэрации при высоких и низких уровнях грунтовых вод.

Второй тип представлен участками постоянного отсутствия зоны аэрации, когда грунтовые воды смыкаются с поверхностными: это русла рр. Рандовки и Мильчанской канавы, пруды-усреднители, выпуски технических вод в Мильчанскую канаву, отдельные участки Западного и Южного каналов, примыкающие к отвалу фосфогипса, отдельные карьерные водоемы, расположенные между отвалом фосфогипса и железной дорогой Гомель-Речица.

Третий тип включает участки, затопляемые на длительное время и на которых на период затопления зона аэрации исчезает. К ним относятся: площади в пределах заболоченных территорий, отдельные участки Западного и Южного каналов удаленные от отвала, участки отдельных пересыхающих карьерных водоемов, расположенных между отвалом фосфогипса и железной дорогой Гомель-Речица, отдельные пониженные участки между высокими отвалами, территория, примыкающая к отвалу фосфогипса с севера, территория между промплощадкой и железной дорогой Гомель-Речица и др.

Строение зоны аэрации представлено различными генетическими типами геологических образований. Среди них выделяются: отложения днепровской морены (супеси

и суглинки), водноледниковые отложения времени отступления днепровского ледника (пески мелкие, пески пылеватые, супеси), аллювиальные отложения второй надпойменной террасы р. Сож (пески мелкие и пылеватые), эоловыми отложения верхлеплейстоцен-голоценового времени (пески мелкие), аллювиальные отложения пойм рр. Мильча и Рандовка (пески мелкие и пылеватые), аллювиальные старичные отложения (пески мелкие гумуссированные, ил), болотные отложения (заторфованный грунт с сильно разложившейся органикой), техногенные насыпные и намывные отложения (фосфогипс, строительные отходы, насыпной песчаный грунт, песчано-глинистый грунт строительных планировок и обратных засыпок). В разрезе зона аэрации может быть представлена однослойной толщей одного генетического типа, двухслойной толщей одного или двух генетических типов и трехслойной толщей двух или трех генетических типов (рис. 2).

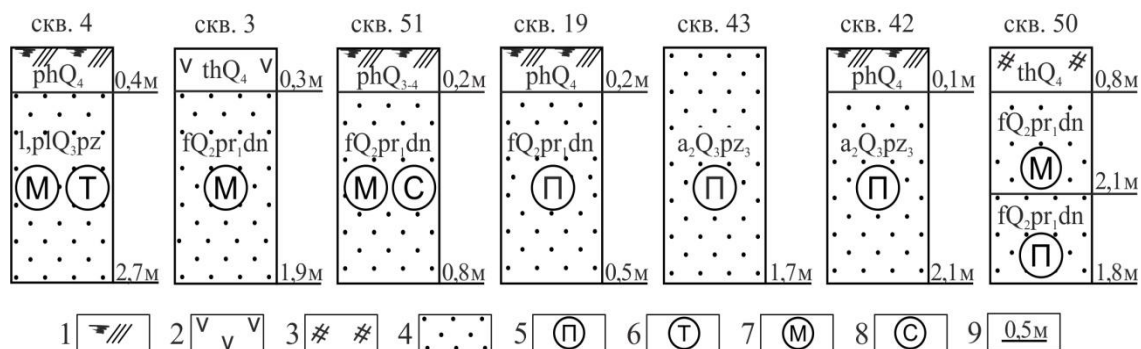


Рисунок 2 – Типовые геолого-литологические колонки зоны аэрации территории исследования: 1 – почвенно-растительный слой, 2 – торф, 3 – насыпной грунт, 4 – песок; зерновой состав песка: 5 – пылеватый, 6 – тонкий, 7 – мелкий, 8 – средний; 9 – мощность отложений.

*Примечание. Положение скважин см. на рис. 1.

Распределение загрязняющих компонентов в зоне аэрации. Концентрации сульфат-иона в зоне аэрации во всех исследуемых точках существенно ниже по сравнению с грунтовыми водами (рис. 3). Наиболее высокая концентрация сульфат-иона характерна для зоны аэрации в точке наблюдения, расположенной у скважины 51 в западной части отвалов фосфогипса. На остальных участках концентрации сульфат-иона в той или иной степени близки между собой.

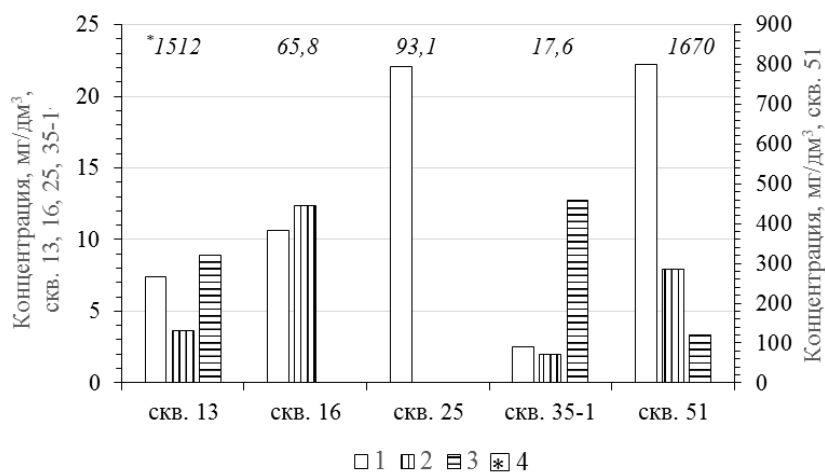


Рисунок 3 – Распределение концентраций сульфат-иона в зоне аэрации на территории исследования: подзоны: 1 – почвенная, 2 – вадозная, 3 – капиллярная; 4 – концентрация компонента в грунтовых водах.

Распределение концентраций сульфат-иона в разрезе зоны аэрации на всех исследуемых участках не имеет четко выраженной однонаправленной закономерности. Наблюдается либо сокращение концентрации химического компонента от почвенной подзоны к вадозной и последующее возрастание в капиллярной подзоне (скв. 13, 35-1), либо последовательное снижение концентраций вниз по разрезу зоны аэрации (скв. 51).

Концентрации фосфат-иона (в пересчете на P) в зоне аэрации во всех исследуемых точках, за исключением скв. 51 значительно выше, чем в грунтовых водах (рис. 4).

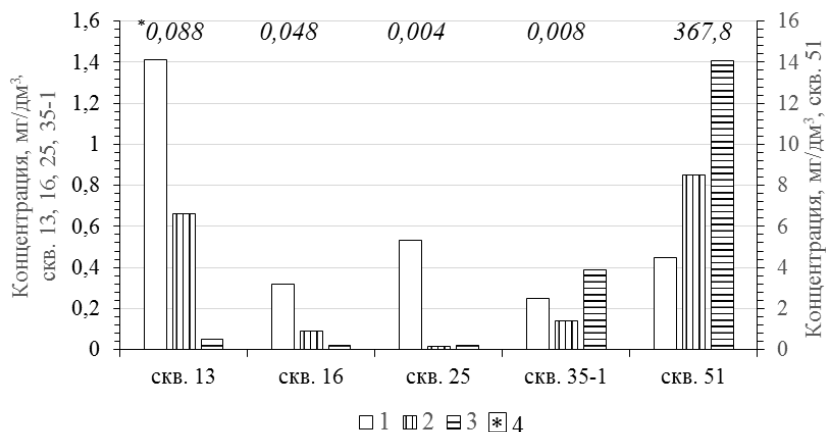


Рисунок 4 – Распределение концентраций фосфат-иона (в пересчете на P) в зоне аэрации на территории исследования: подзоны: 1 – почвенная, 2 – вадозная, 3 – капиллярная; 4 – концентрация компонента в грунтовых водах.

Наблюдается несколько случаев изменения концентрации фосфат-иона по вертикальному профилю зоны аэрации: 1 – постепенное сокращение концентраций (скв. 13, 16), 2 – постепенное возрастание концентраций (скв. 51), 3 – сокращение концентрации химического компонента от почвенной подзоны к вадозной и последующее возрастание концентрации в капиллярной подзоне (скв. 25, 35-1).

Концентрации аммоний-иона (в пересчете на N) в зоне аэрации ниже, чем в грунтовых водах лишь в точках в районах скв. 13, 51 (рис. 5).

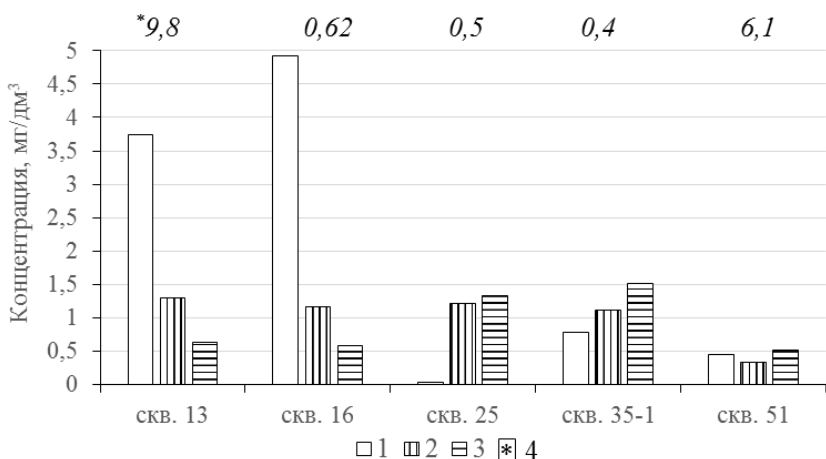


Рисунок 5 – Распределение концентраций аммоний-иона (в пересчете на N) в зоне аэрации на территории исследования: подзоны: 1 – почвенная, 2 – вадозная, 3 – капиллярная; 4 – концентрация компонента в грунтовых водах.

Наблюдается несколько случаев изменения концентрации аммоний-иона по вертикальному профилю зоны аэрации: 1 – постепенное сокращение концентраций (скв. 13,

16), 2 – постепенное возрастание концентраций (скв. 25, 35-1), 3 – сокращение концентрации химического компонента от почвенной подзоны к вадозной и последующее возрастание концентрации в капиллярной подзоне (скв. 51).

В распределении концентраций анализируемых компонентов в зоне аэрации нет единой выраженной закономерности. Наблюдается разнонаправленный характер изменения концентраций с глубиной, представленный сокращением/возрастанием компонентов вниз по разрезу зоны аэрации, либо сокращением концентрации химического компонента от почвенной подзоны к вадозной и последующим возрастанием в капиллярной подзоне. Подобное распределение концентраций требует дальнейшего более глубокого определения и анализа естественного сложения, гранулометрического и минералогического состава пород зоны аэрации, естественной и гигроскопической влажности, техногенного воздействия на различном удалении от источника загрязнения.

По результатам проведенного исследования в пределах санитарно-защитной зоны ГХЗ установлены три вида участков с различной мощностью, строением зоны аэрации и площадью распространения. Зоны аэрации преимущественно сложена песками различного гранулометрического состава (пылеватыми, мелко- и среднезернистыми), реже супесями и суглинками аллювиального, ледникового и водноледникового генезиса. На локальных территориях с поверхности распространены техногенные грунты. Мощность зоны аэрации на большей части исследуемой территории не превышает 1,0 м.

Наибольшие концентрации компонентов-загрязнителей сульфат-иона и фосфат-иона наблюдаются в зоне аэрации на западном участке в непосредственной близости от размещения отвалов фосфогипса. В распределении концентраций анализируемых элементов в зоне аэрации нет единой выраженной закономерности. Наблюдается разнонаправленный характер изменения концентраций с глубиной, что требует детализации исследований по изучению водно-физических свойств горных пород в зоне аэрации.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20 -55 - 00010/20 от 30.04.20 и БРФФИ X20P - 284 от 04.05.2020

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТБ 17.13.05-36-2015 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной почвенной вытяжки

STUDY OF THE STRUCTURE OF THE AERATION ZONE AND THE DISTRIBUTION OF POLLUTING COMPONENTS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE GOMEL CHEMICAL PLANT

O.V. Shershnyov, gomelgeo@yandex.ru, A.I. Pavlovskii aipavlovsky@mail.ru,

A.F. Akulevich, aakulevich@gsu.by

Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Republic of Belarus

Abstract. The aeration zone is a natural protection of groundwater from pollution from the earth's surface. The spatial differentiation of the thickness and geological structure of the aeration zone in the zone of influence of the Gomel Chemical Plant has been studied. The factors influencing the formation of the thickness the aeration zone have been established. The analysis of the distribution of contaminating components along the profile of the aeration zone has been carried out. The absence of a clear regularity in their distribution has been established, which requires detailed research on the study of the water-physical properties of rocks in the aeration zone.

Keywords: aeration zone, rocks, groundwater, industrial waste, polluting components.

ОСОБЕННОСТИ СТОКА НЕФТЕПРОДУКТОВ ПО ГОРОДСКИМ ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫМ КОМПЛЕКСАМ (НА ПРИМЕРЕ САРАТОВА)

А.С. Шешнёв, Д.С. Маджид, sheshnev@inbox.ru

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», г. Саратов, Россия

Аннотация. Овражно-балочная сеть на территории города Саратова выполняет функции отведения поверхностного стока разного происхождения. Одним из распространенных загрязнителей в городской среде являются нефтепродукты. В результате работ 2019–2021 годов выявлены закономерности содержания нефтепродуктов в воде и донных наносах в крупных оврагах с постоянными водотоками на территории города Саратова.

Ключевые слова: городской поверхностный сток, урбанизированные территории, овражно-балочные системы, Волгоградское водохранилище, Саратов.

Овражно-балочная сеть на территории города Саратова выполняет функции отведения поверхностного стока. Кроме того, в нее направляются дренажные воды и сточные воды некоторых предприятий. На некоторых водосборах присутствуют постоянно действующие несанкционированные источники в виде стоков со стороны частного сектора. Нередки случаи прямого сброса загрязненных жидких и твердых отходов в долинные комплексы.

Поверхностный сток выступает важным механизмом рассеяния загрязнителей [3, 4], в том числе нефтепродуктов (НП). Основной источник поступления НП с водосбора – поверхностный смыв с автодорог горюче-смазочных материалов. Поступающие с территории Саратова в акваторию Волгоградского водохранилища содержащие нефть воды и взвешенные и влекомые наносы ухудшают экологические условия существования гидробионтов и сказываются на осуществлении рекреационной деятельности населения и других сферах.

Цель исследования – анализ содержания НП в водном стоке и донных наносах городских оврагов балок Саратова. Во всех овражно-балочных комплексах присутствуют постоянные водотоки. В течение 2019 гг. исследовано содержание НП в водном стоке, в 2020–2021 гг. – в донных наносах.

Водный сток исследован в периоды весеннего максимума (апрель) и летнего минимума стока (август) 2019 г. Отбор проб выполнен в устьях водотоков десяти овражно-балочных комплексов, из которых два заключены в ливневые коллекторы (овраги Белоглинский и Глебучев). Аналитические исследования проб вод проведены в испытательной лаборатории Института химии и лаборатории геоэкологии геологического факультета Саратовского государственного университета методом хроматографии.

Отбор проб донных наносов выполнялся в устьевых створах 11 ручьев овражно-балочных комплексов двукратно – во время летнего минимума (август 2020 г.) и весеннего максимума стока (апрель 2021 г.) с глубин 0–1 см. В этом слое отражаются сезонные изменения химического состава отложений. Содержание НП определено в лаборатории геоэкологии Саратовского университета, исходя из расчета их массовой доли гравиметрическим методом.

Водосборные площади Назаровки, Токмаковского, Залетаевского, Мутного ключа, Крутенького оврагов расположены в южной части в промышленных зонах, находятся под воздействием стоков крупных нефтехимических, химических, машиностроительных предприятий и частного сектора. В южной части Саратова в промышленном районе в течение десятилетий отмечается загрязнение подземных вод НП, вплоть до разгрузки нефтесодержащих подземных вод в районе нефтеперерабатывающего завода.

Овраги Белоглинский и Глебучев расположены в центральной части города, их долины сильно техногенно трансформированы и засыпаны разнообразными отходами, по тальвегу проложены бетонные коллекторы, которые практически повсеместно погребены под слоем насыпных грунтов.

На водосборах всех остальных оврагов, расположенных севернее, находятся дачные участки коттеджная застройка, из специфических объектов воздействия отмечается: для оврагов Маханый, Сеча и Безымянный – Соколовогорское нефтяное месторождение, эксплуатируемое с конца 1940-х годов; в Маханном овраге расположена неиспользуемая ныне крупная свалка.

Объекты исследования вод и донных наносов несколько меняются, поскольку в центральной части Саратова два крупных оврага (Глебучев и Белоглинский) закрыты в коллекторы и по смотровым колодцам возможен только отбор вод.

По результатам количественного химического анализа проб вод, в шести водотоках НП не выявлены в оба сезона (Назаровка, Крутенький, Белоглинский, Сеча, Безымянный, Алексеевский). В двух пробах НП обнаружены лишь весной (Токмаковский – 1,5 мг/л, Залетаевский – 3,5 мг/л), в двух других – только летом (Мутный ключ – 1,4 мг/л, Глебучев – 0,22 мг/л). Выявленные содержания превышают нормативы качества вод для Волгоградского водохранилища как объекта водоснабжения, рекреационной и рыбохозяйственной деятельности [1]. Вероятно, НП не являются постоянным загрязнителем, и их поступление носит спорадический характер.

Приволжским УГМС при проведении экологического мониторинга рекомендуется следующая классификация степени загрязнения донных отложений НП: «чистые» – до 100 мг/кг; «слабо загрязненные» – от 100 до 200 мг/кг; «среднезагрязненные» – от 200 до 600 мг/кг; «грязные» – от 600 до 1000 мг/кг; «очень грязные» – более 1000 мг/кг [2].

Согласно критериям Приволжского УГМС, в летний период к категории слабого загрязнения – две пробы (Дудаковский, Безымянный), среднего загрязнения – две пробы (Алексеевский, Маханый) и к очень грязным – семь проб (Назаровка, Токмаковский, Залетаевский, Мутный ключ, Крутенький, Сеча, Висячий). Содержание НП в наносах в овраге Мутный ключ в 83,2 раза превышает нижний порог категории «очень грязных» отложений (рис.).

В весенний период к слабозагрязненным относятся донные наносы Безымянного оврага, среднезагрязненным – две пробы (Висячий, Алексеевский), грязным – одна проба (Дудаковский), очень грязным – семь проб (Назаровка, Токмаковский, Залетаевский, Мутный ключ, Крутенький, Маханый, Сеча).

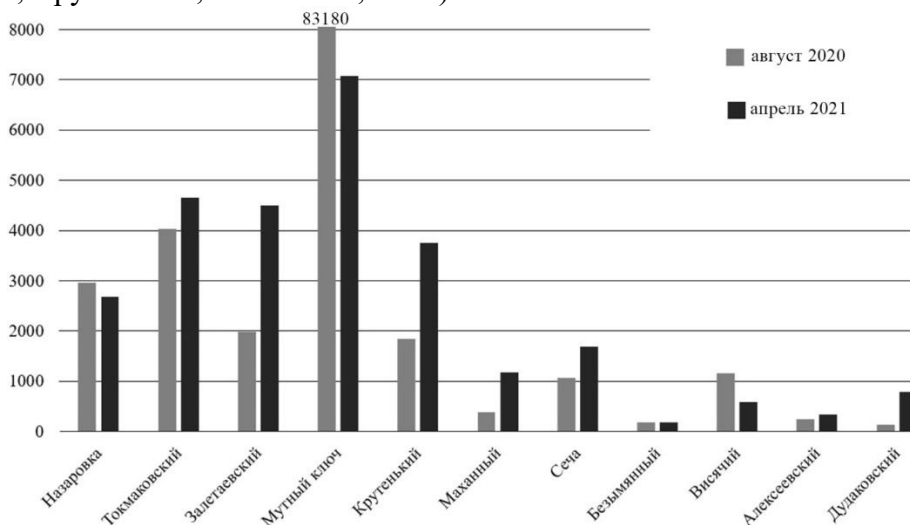


Рисунок 1 – Содержание нефтепродуктов в донных наносах овражно-балочных комплексов на территории города Саратова, мг/кг

Из 11 сравнительных пар донных наносов снижение концентрации НП в весенний период по сравнению с летним наблюдается в трех, повышение – в семи случаях. В наносах оврага Безымянный содержание НП не изменилось. Вероятно, повышение содержания НП весной связано со удалением с водосборов во время снеготаяния загрязнителей, накопившихся за зимний период.

В приповерхностном слое донных отложений наиболее интенсивно НП накапливаются в промышленных районах с концентрацией нефтехимического и машиностроительного производства. Схожая картина характерна и для проявления НП в воде водотоков овражно-балочных комплексов.

В настоящее время специальных мониторинговых исследований качества стока ручьев в городских овражно-балочных комплексах не проводится ни в рамках государственного экологического мониторинга, ни при проведении санитарно-гигиенического мониторинга. Учитывая, что водотоки имеют постоянный характер, влияют на качество вод в акватории Волгоградского водохранилища, необходима модернизация системы отведения ливневых стоков с городской территории и их очистка, как того требуют современные санитарные, градостроительные и экологические нормы.

Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (проект МК-33.2020.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шешнёв А.С. Сезонная динамика химического состава вод овражно-балочных систем городских территорий (на примере Саратова) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 7. – С. 7–14.

2. Экологический бюллетень. Самарская область. 2019 год. – Самара: ФГБУ «Приволжское УГМС», 2020. – 48 с.

3. Rădulescu D., Racovițeanu G., Swamikannu X. Comparison of urban residential storm water runoff quality in Bucharest, Romania with international data // EENVIRO 2018 – Sustainable Solutions for Energy and Environment. – 2019. – Vol. 85. – Art. 07019. – P. 1–9.

4. Egodawatta P., Miguntanna N.S., Goonetilleke A. Impact of roof surface runoff on urban water quality // Water Science and Technology. – 2012. – Vol. 66 (7). – P. 1527–1533.

FEATURES OF THE FLOW OF OIL PRODUCTS IN URBAN GULLY COMPLEXES (BY THE EXAMPLE OF SARATOV)

*A.S. Sheshnev, D.S. Majeed, sheshnev@inbox.ru
Saratov State University, Saratov, Russia*

Abstract. The erosion network on the territory of the city of Saratov performs the functions of diverting surface runoff of various origins. One of the most common pollutants in the urban environment is petroleum products. As a result of work in 2019–2021, the regularities of the content of oil products in water and bottom sediments in large ravines with constant watercourses in the city of Saratov were revealed.

Keywords: urban surface flow, urbanized areas, gully systems, Volgograd Reservoir, Saratov.

Глава 5

Молодые в науке



УДК 551.435.1 (571.55)

ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ХАМАР-ДАБАНА (НА ПРИМЕРЕ ПРИТОКОВ Р. ИРКУТ)

О.В. Безгодова, ola.bezgodova.23@yandex.ru

Институт Географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрен анализ эколого-геоморфологических обстановок малых речных бассейнов хр. Хамар-Дабан на примере притоков р. Иркут. Собраны морфометрические показатели для характеристики особенностей рельефа речных бассейнов по цифровой модели рельефа ALOS DSM, проанализированы разновременные космические снимки Landsat. Полевые исследования позволили дополнить информацию о развитых неблагоприятных и опасных геоморфологических процессах, в результате чего на исследуемой территории бассейнов выявлены флювиальные, криогенные, криогенно-склоновые и эрозионно-склоновые процессы. Наибольшую опасность для природных и антропогенных комплексов несут флювиальные и эрозионно-склоновые процессы в виде боковой и овражной эрозии.

Ключевые слова: малые речные бассейны, морфометрический анализ, Хамар-Дабан, цифровая модель рельефа, эколого-геоморфологические обстановки.

Эколого-геоморфологические обстановки, позволяющие судить о степени пригодности исследуемой территории для жизни населения и ведения хозяйства, характеризуют особенности рельефа и рельефообразующих процессов, которые прямо или косвенно влияют на условия жизни человека и компоненты природной среды [5]. Малые реки по своему количеству и суммарной протяжённости во многом превосходят средние и большие реки, их бассейны часто используются для нужд сельского хозяйства и промышленности. Малые речные бассейны северного макросклона хр. Хамар-Дабан, являющиеся притоками р. Иркут, в настоящее время всё больше испытывают нагрузку со стороны антропогенных факторов, а особенности и контрастность физико-географических условий территории создают сложный комплекс факторов, влияющих на набор существующих неблагоприятных и опасных экзогенных процессов.

Поэтому необходимо рассмотреть взаимодействие рельефа с природными компонентами, т.е. установить корреляционные связи и определить, оказывают или не оказывают они влияние на деятельность человека по его жизнеобеспечению [2]. Знание закономерностей развития верхних элементов речной сети как наиболее динамичных и чутко реагирующих на различные изменения со стороны природных и антропогенных факторов необходимо для рационального использования земель. В настоящее время исследованию малых рек уделяется всё большее внимание [1,3,6].

Цель данной работы – оценка эколого-геоморфологических обстановок малых речных бассейнов хр. Хамар-Дабан на примере притоков р. Иркут. Низовья малых рек наиболее освоены в хозяйственном отношении, здесь отмечается повышенная плотность населения с различными хозяйственными видами деятельности: от сельского хозяйства (пашни,

сенокосы и т.д.) до промышленности (добыча песка, заготовка древесины) и рекреации (лечебно-оздоровительный, религиозный виды туризма). Интерес к исследованию данной территории повышается в связи с уникальностью морфологического, геоморфологического строения малых речных бассейнов, а также малой картографической изученностью региона.

Бассейны малых рек хр. Хамар-Дабан принадлежат территории западной ветви котловин Байкальской рифтовой зоны и занимают площадь 2755 км². Средняя протяжённость изучаемых малых рек (из 23 рек) – 22,7 км с максимумом у р. Харагун – 54,4 км, с минимумом у ручья Будунский – 6,9 км. Средний показатель падения малых рек равен 1074 м, средняя площади бассейнов – 119,8 км², а густота эрозионной сети – 0,57 км/км². В питании рек преобладают дождевые и снеговые осадки, при этом весеннее половодье менее выражено, чем летние (июль-август) дождевые паводки. Ледостав наблюдается в октябре – начале ноября, ледоход приходится на конец апреля – начало мая.

В геологическом строении территории изучаемых бассейнов выделяется три части: саянский комплекс верхнепротерозойских интрузий в среднегорной части хр. Хамар-Дабан, неогеновые вулканогенные образования и среднеплейстоценовый-голоценовый комплекс четвертичной системы при выходе рек в котловинные условия. Более 89 % территории покрыто лесной растительностью. Изучаемые бассейны испытывают антропогенное вмешательство в виде вырубок под сенокосы, пастбища и пашни, мелиорации, добычи гравия и песка. На территории расположены населённые пункты Монды, Туран, Кырен, Зактуй, Жемчуг, Горы, Шулута, Тибельти и Быстрая.

В исследованиях автором применялись такие методы исследований, как описательный, полевой, математический, картографический, геоморфологический, дистанционного зондирования космических снимков и геоинформационного картографирования. Исследование эколого-геоморфологических обстановок бассейнов малых рек в пределах хр. Хамар-Дабан проводятся впервые. В программной среде ГИС проводился анализ разновременных космических снимков Landsat 7-8 за май, июль, август 2013-2020 гг. (QGIS 3.4), а также оценка морфометрических показателей по цифровой модели рельефа ALOS DSM с помощью модуля «Morphometry» в программе SAGA GIS 7.8. Полевые исследования проводились автором в 2019-2020 гг.

Анализ цифровой модели рельефа показал, что абсолютные высоты бассейнов малых рек варьируют от 655 до 2338 м, средняя высота – 1451 м, среднее квадратическое отклонение – 475 м, при этом в высотной структуре по площади заметно выделяется ступень среднегорья 1300–1900 м, занимая около половины площади территории (46,79 %). Это, в свою очередь, обуславливает распространение на этом высотном уровне криогенных и криогенно-склоновых процессов. Криогенные процессы представлены морозным выветриванием и морозобойным растрескиванием в подгольцовой и гольцовой зонах, формированием бугров пучения на выровненных и насыщенных грунтовыми водами поверхностях. Криогенно-склоновые процессы проявляются в виде вязкопластичного течения грунта на склонах с редким покрытием лесной растительностью и на незадернованных пространствах (дефлюкция). Основная опасность для антропогенных и природных комплексов состоит в нарушении целостности их компонентов, но при этом небольшая интенсивность данных процессов не ведёт к возникновению опасных и неблагоприятных геоморфологических явлений. К тому же, значительную роль в преобразовании природных и антропогенных комплексов играет вечная мерзлота на выположенных склонах Хамар-Дабана, регулируя поверхностный сток воды и являясь причиной ограничения хозяйственной деятельности человека (например, сложности при строительстве дорожного полотна, бугры пучения в районе села Зактуй и др.).

Базовые уровни речной сети бассейнов малых рек Хамар-Дабана тяготеют к абсолютным высотам 855–900 м (22,6 %), а также в равной доле к диапазонам 900–1100, 1100–1300 и 1300–1500 м по 17 % площади каждый, к которым приурочено расчленённое среднегорье, что является свидетельством сохранившейся на этом уровне ступени древнего пенеплена [4]. До высот 900 м расположены основные площади сельскохозяйственных

угодий, а также различные объекты инфраструктуры (коммуникации, автомобильная дорога федерального значения А-333, жилые постройки). Здесь на незадернованных поверхностях развиваются склоновые водно-эрозионные процессы, представленные струйчатым смывом, ручейковой и овражной эрозией. В районе сёл Зактуй, Кырен, Торы, Монды встречаются овраги длиной до 20-25 м с шириной до 4-6 м. Сформированная овражно-балочная сеть поставляет рыхлые наносы в изучаемые бассейны малых рек, а местами овраги используют для сброса бытовых вод и в качестве свалок, что крайне негативно сказывается на экологическом балансе территории. К тому же оврагообразование приносит урон сельскому хозяйству, уменьшает пригодные для пашни и других видов деятельности площади земель.

Крутизна и экспозиция склонов являются одними из важнейших морфометрических характеристик речных бассейнов, определяя интенсивность работы водосборов. В пределах изучаемой территории большинство склонов относится к диапазонам $0-5^\circ$ (17,2 % – очень пологие) и $5-9^\circ$ (16,3 % – средней крутизны) со средним значением – $15,1^\circ$. На крутые склоны ($15-35^\circ$), которые предполагают широкое распространение гравитационных процессов (осыпи, обвалы, лавины и т.д.), а также способствуют перераспределению стока временных и постоянных водотоков приходится 42,4 % площади склонов, но, тем не менее, древесная растительность препятствует интенсивному развитию данных процессов. К тому же, гравитационно-склоновые процессы распространены далеко от антропогенных комплексов, проявляя себя в преобразовании только природных компонентов, а также способствуя транзиту вещества в бассейны малых рек. Преобладание склонов северной экспозиции в пределах изучаемых бассейнов означает меньшее поступление солнечной радиации на поверхность, мало интенсивное таяние снега и испарение влаги, снижение интенсивности гравитационных и эрозионных процессов.

Эрозионные процессы дополнительно оценивались с помощью показателей индекса потенциала плоскостной эрозии (Length Steepness Factor, LSF) и топографического индекса влажности (Topographic Wetness Index, TWI), которые необходимы для оценки поверхностного стока, степени увлажнения почвы и перемещения обломочного материала в пределах бассейнов малых рек. LS-фактор учитывает уклоны земной поверхности и площади водосборного бассейна и чем больше значение этого показателя, тем больше способность водного потока вызывать эрозию, что важно для сельскохозяйственных участков вблизи населённых пунктов в целях оценки эрозионной сети бассейна, землепользования, охраны земель и водных объектов. Для исследуемых бассейнов малых рек средний показатель LS-фактора равен 5,55 (высокая категория [7]). Более 74,9 % территории бассейна относится к высоким показателям LS-фактора (более 1,5), где максимумы приурочены к наиболее крутым склонам хр. Хамар-Дабан. Низкие показатели эрозионного потенциала рельефа выявлены на плоских поверхностях, пологих склонах и в низовьях рек, что связано с небольшими уклонами земной поверхности и залесённостью.

Показатель топографического индекса влажности (TWI) говорит о потенциальной влажности водосбора и является отношением дренажной площади бассейна к тангенсу крутизны склона. Высокие показатели индекса указывают на области аккумуляции влаги в грунтах и почве, что помогает проще идентифицировать эрозионно-склоновые и флювиальные процессы. По категориям [7] значения TWI распределяются следующим образом: низкие (до 4,6) – 1,7 %, средние (4,8–7,6) – 67,1 %, высокие (более 7,6) – 31 %. Средний показатель индекса топографической влажности равен 7,65 (табл.2). Наиболее увлажнённые участки приурочены к руслам временных и постоянных водотоков, предгорной наклонной равнине в восточной части исследуемой территории и плоским выровненным поверхностям среднегорья в западной части хр. Хамар-Дабан. Низкие значения показателя TWI указывают на сниженное содержание влаги в почвах и грунтах, а также на большую глубину залегания грунтовых вод в местах распространения положительных форм рельефа с высокими показателями крутизны склонов.

Все вышерассмотренные морфометрические показатели напрямую влияют на развитие флювиальных процессов, линейно развитых в пределах русел малых рек. В горной

области хр. Хамар-Дабан это процессы глубинной эрозии, усиленные тектоническим поднятием сводов хребта; боковая эрозия на выходе малых рек в днища котловин, вызывающая осыпание и обваливание берегов. На территории Тункинской котловины по берегам рек Харагун, Харибяты и Кырен наблюдаются серии обвальных блоков, особенно в пределах населённых пунктов Кырен, Харибяты, Жемчуг и Тибельти. Негативное воздействие данной эколого-геоморфологической обстановки проявляется в виде разрушения берегов на территории хозяйственных участков, грунтовых и лесных дорог местного пользования, а также заиления и подпруживания русел малых рек. В низовьях рек Харагун, Харибяты, Туран распространены процессы заболачивания, особенно усиливающиеся в период летних паводков в июле-августе. Наибольшую опасность это несет для сельскохозяйственных угодий, а также для объектов инфраструктуры сёл Туран и Харибяты. В окрестностях последнего построена сеть мелиоративных каналов для осушения участков поймы р. Харибяты.

Выводы. Анализ основных морфометрических показателей бассейнов малых рек, в совокупности с методами полевых и дистанционных исследований позволил сделать вывод о структуре развитых на территории бассейнов экзогенных процессов рельефообразования. Ведущая роль в преобразовании рельефа исследуемых бассейнов принадлежит флювиальным, криогенно-склоновым, криогенным и эрозионно-склоновым процессам. Природные и антропогенные комплексы подвергаются нарушению со стороны эрозионных процессов (овражная, ручейковая эрозии) на незадернованных и преобразованных в ходе хозяйственной деятельности участках (сёла Кырен, Жемчуг, Зактуй, Торы), дефлюкции на крутых склонах хр. Хамар-Дабан, боковой эрозии и разрушения берегов рек (реки Туран, Кырен, Зактуй, Харагун, Тибельти и др.), заболачивания (сёла Туран, Харибяты). В целом, анализ эколого-геоморфологических обстановок бассейнов малых рек хр. Хамар-Дабан показал, что территория испытывает среднеинтенсивные неблагоприятные и опасные геоморфологические процессы, где особое внимание стоит обратить на флювиальные и эрозионно-склоновые процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

8. Безгодова О.В. Природные и антропогенные факторы формирования русел малых рек Тункинской котловины (Республика Бурятия) // Геосферные исследования, № 4. – 2019. – С. 6–14. DOI: 10.17223/25421379/13/1
9. Безгодова О.В. Эколого-геоморфологические обстановки бассейна реки Кынгарга (Республика Бурятия) / Актуальные проблемы природопользования и природообустройства // Сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – С. 59–61.
10. Варенов А. Л., Ботавин Д. В., Завадский А. С. Русловые процессы на малых реках староосвоенной территории (на примере рек бассейна р. Кудьмы, Приволжская возвышенность) // Эрозионные и русловые процессы. Географ.ф-т МГУ Москва. Вып.6. – 2015. – С. 131–160.
11. Ламакин В.В. Неотектоника Байкальской впадины. – М.: Наука, – 1968. – 222 с.
12. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / Э.А. Лихачёва, Д.А. Тимофеев. М.: Медиа-ПРЕСС, 2002. 640 с.
13. Ротмистров В.Л. Малые реки Ярославского Поволжья. Ярославль: Издание ВВО РЭА. – 2004. – С. 8–9.
14. Cushman S.A. (2008) Parsimony in landscape metrics: Strength, universality, and consistency / S.A. Cushman, K. McGarigal, M.C. Neel // Ecological Indicators. Vol. 8. pp. 691–703.

ECOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL SITUATIONS OF THE SMALL RIVER BASINS OF THE KHAMAR-DABAN (ON THE EXAMPLE OF THE IRKUT RIVER TRIBUTARIES)

O.V. Bezgodova, ola.bezgodova.23@yandex.ru

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

Abstract. The article is devoted to the analysis of the ecological and geomorphological situations of small river basins of the Khamar-Daban ridge on the example of the Irkut river tributaries. Morphometric indicators were collected to characterize the features of the river basins relief with using the digital elevation model ALOS. The Landsat satellite images were analyzed at different times. Field studies made it possible to supplement information on developed unfavorable and dangerous geomorphological processes, as a result of which fluvial, cryogenic, cryogenic-slope and erosion-slope processes were revealed in the studied territory of the basins. The greatest danger to natural and anthropogenic complexes are carried by fluvial and erosion-slope processes in the form of lateral and gully erosion.

Keywords: digital elevation model, ecological and geomorphological situations, Khamar-Daban, morphometric analysis, small river basins.

УДК 550.3+574+624.131

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИАРАЛЬСКОГО РЕГИОНА ТУРКМЕНИСТАНА

*А.Ч. Гараханов¹, М.Ч. Гапуров², А. Ходжаев², кандидат физико-математических наук,
e-mail: khojaev-a-isast@mail.ru*

*1 - Международный университет нефти и газа им. Ягшыгелди Какаева,
город Ашхабад, Туркменистан;*

*2 - Институт Сейсмологии и физики атмосферы Академии наук Туркменистана,
город Ашхабад, Туркменистан.*

Аннотация. Дашогузский велаят Туркменистана входит в состав экологически неблагоприятного региона Приаралья, так как регион расположен в 170 км на юг от бывшего Аральского моря. В статье приводятся результаты оценки существующей экологической обстановки и определены факторы, влияющие на её изменение. С целью достоверного изучения и управления экологической ситуацией в дальнейшем показана необходимость создания мониторинга для анализа информации об агромелиоративном воздействии и осуществления контроля, за изменением окружающей среды в рассматриваемом регионе.

Ключевые слова: агромелиорация, геологическая среда, геосистема, загрязняющие элементы, зона аэрации, окружающая среда, орошаемая площадь, подземные воды, регион, техногенез, экология.

Областью геологической деятельности человека является геологическая среда – верхняя часть земной коры и внешние оболочки Земли. Геологическая среда формируется в результате сложного и долгого взаимодействия внешних оболочек Земли под влиянием эндогенных и экзогенных сил. Совокупность всех видов воздействия человека на геологическую среду называется техногенезом. Этими воздействиями прежде всего являются инженерно-строительные, сельскохозяйственные, промышленные, гидротехнические и другие отрасли. Техногенное воздействие человека всегда направлено на определенный участок земной коры и вызывает последствия, обусловленные, с одной стороны, свойствами и процессами данной части геологической среды и, с другой, характером и интенсивностью воздействия на него.

Характер техногенного воздействия зависит от характера освоения и конструктивных особенностей сооружения. В соответствии с этим, в качестве признаков типизации

выбираются: вид строительства, тип сооружения и технология эксплуатации. Данные признаки определяют масштаб изменений геологической среды (региональный или локальный) и их характер (площадные, точечные или линейные) [4]. Наибольшие региональные изменения вызывают мелиоративные мероприятия: возникают процессы подтопления и вторичного засоления земель, что повсеместно приводит к активизации просадочного процесса; с водохранилищами и участками крупных магистральных водоводов связано затопление крупных понижений в рельефе и, как следствие, формирование обширной зоны подпора подземных вод и подтопления, например, озеро Сарыкамыш, расположенное на севере в Дашогузском велаяте [1].

Экологическая катастрофа Аральского моря яркий пример техногенного воздействия человека на природу, приведший к необратимым последствиям. Две самые большие среднеазиатские реки Сырдарья и Амударья из века в век восполняли воды Арала, испаряющиеся под жарким солнцем. Причины возникновения проблем Аральского водоёма в первую очередь связаны с практически полностью прекратившимися поставками воды из этих рек-доноров. Эти воды разбирались для орошения сельскохозяйственных земель и Арал в таких условиях начал мелеть. В 1995-1996 гг. в Аральское море не поступило ни капли воды. В результате акватория моря уменьшилась до сотни километров. Вместо бывшего моря образовалась пустыня (песок и соль). В 1996 году одно из крупнейших озер планеты потеряло 75% своего объема, в результате обнажилось дно, покрытое слоем соли. Ветер поднимает эту соль, а также пыль в воздух. С 1977 по 2014 годы Арал прошел преобразование из крупного полноводного моря в мелкие вытянутые озера.

Дашогузский велаят входит в состав экологически бедственного региона Приаралья, так как регион расположен в 170 км на юг от бывшего Аральского моря. Ежегодно на территорию велаята со стороны Арала переносится пыль с примесями соли, на площадь 1 м² в среднем приходится 185,29 гр, из них 11,46 гр. нерастворимой соли. Подсчитано, что на территорию Туркменского Приаралья выпадает 600 тыс.тонн твердых аэрозольных частиц (солей) в год, из них 430 тыс.тонн – на орошаемую и 17 тыс.тонн – на пустынную зоны.

Кроме перечисленных причин, являющихся доминирующими, на активизацию процессов вторичного засоления земель оказывают негативное влияние природные факторы – это аридный климат, литологический состав пород зоны аэрации и слабая дренированность территории. При осаждении пыли с примесями соли, на поверхностную часть зоны аэрации, происходит интенсивное соленакопление (первичное засоление) и загрязнение микрокомпонентами (свинец, цинк, фосфор, бериллий, кобальт, литий, медь, молибден, хром, никель, ванадий, стронций, марганец, олово, которые относятся к 1, 2 и 3 классу опасности). С выпадением атмосферных осадков, поливами орошаемых земель и выращиванием сельскохозяйственных культур накопившиеся соль и микрокомпоненты в верхней части зоны аэрации фильтруются в глубь пород, концентрируются и сохраняются в зоне аэрации. Мигрирующие элементы переносятся в грунтовые воды и коллекторно-дренажной сетью отводятся в озеро Сарыкамыш и в сторону озера Алтын кель. В Дашогузском оазисе неудовлетворительная пропускная способность коллекторно-дренажной сети привела к подъему уровня грунтовых вод, т.е. староорошаемые территории велаята находятся на стадии подтопления. Подземные воды, поднимаясь по капиллярам, испаряются, обогащая породы и формируют на поверхности почв (вторичное засоление).

Значительно изменены лессовые породы в зонах подтопления, где они потеряли одно из своих главных свойств – просадочность. На орошаемых землях просадочные процессы максимально развиты и сопровождаются формированием провальных воронок и трещин проседания. Сбросы дренажных вод с Предгорной равнины Копетдага в Каракумы отравляют биоценозы пустыни, влекут за собой загрязнение подземных вод и поверхностных водотоков на значительной территории. Интенсивное освоение территории страны на современном этапе хозяйствования привело к глубоким изменениям геологической среды, которые проявляются на локальном и региональном уровне и зависят от характера и вида техногенного воздействия. Отдельные районы уже сейчас испытывают на себе результаты

начавшихся необратимых изменений. Например, это в первую очередь Приаральская зона, куда входит Дашогузский велаят. В связи с проблемой усыхания Арала продолжают процессы иссушения и засоления земель, деградация экологической обстановки, значительное ухудшение качества питьевой воды, в связи с этим в этом регионе сложилась крайне неблагоприятная эпидемиологическая обстановка [1].

В геологической деятельности подземные воды производят более разрушительное действие, чем созидательное. Так, разрушительная деятельность проявляется в растворении и выщелачивании. Растворение и выщелачивание возрастают с увеличением температуры, давления и содержания в воде кислот и щелочей. В первую очередь разрушительному действию подземных и поверхностных вод подвергаются галогенные породы, хлоридные, сульфатные, карбонатные, а также сульфидные залежи [3].

Грунтовые воды, по причине относительно лёгкой доступности, имеют большое значение для народного хозяйства как источники водоснабжения промышленных предприятий, городов, посёлков, населенных пунктов в сельской местности и т. д. Грунтовые воды характеризуются постоянным притоком, накапливаются как в рыхлых пористых, так и в твердых горных породах [3]. Глубина залегания уровня грунтовых вод (УГВ) зависит от характера рельефа и хозяйственной деятельности человека, интенсивность которой последние десятилетия значительно возросла. На территории Туркменистана глубина залегания УГВ изменяется от 0 до 100 и более метров. Подземные воды с небольшой глубиной залегания распространены на орошаемых массивах, которые приурочены к основным водным артериям страны. Так, вдоль русла Каракум реки воды залегают на глубинах от 1 до 3-5 метров. По мере удаления к горам Копетдага и в пески Каракумы величины глубин залегания УГВ возрастают. В долине реки Амударьи глубина залегания подземных вод на левом берегу колеблется от 2 до 3 метров, на правом берегу реки и в центральной части Дашогузского оазиса до 5 метров. В юго-восточном и северо-западном направлениях от дельты Амударьи глубина УГВ растёт, достигая 100 и более метров [1].

Другим компонентом природной среды, ощутившим негативное влияние Аральского кризиса, являются поверхностные и подземные воды. Они не только источник водоснабжения, но и один из главнейших природных элементов, чутко реагирующих на изменения в окружающей геологической среде. Геологическая среда во множестве случаев препятствует проникновению загрязняющих веществ с поверхности, что и определяет природную защищенность подземных вод.

Защищенность подземных вод – это комплексный показатель способности верхней части геологической среды к сохранению состояния подземной гидросферы. Оценка защищенности способствует выявлению степени устойчивости подземных вод: чем лучше защищенность, тем выше устойчивость и экологический потенциал [6].

В настоящее время в мире агрометеорологическое воздействие является одним из глобальных факторов, наиболее часто оказывающих негативное влияние на эколого-гидрогеологическую обстановку крупных регионов. В частности, он является главным фактором и для Дашогузского региона. В первую очередь защищенность определяется перекрытостью водоносного горизонта слабопроницаемыми отложениями, препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды. В связи с этим, для поддержания устойчивого равновесия региональной геоэкологической системы и обоснования системы принятия решений по развитию территории Дашогузского велаята бесспорно актуально исследование защищенности от загрязнения первого от поверхности водоносного горизонта.

Грунтовые воды будут защищены, если время обезвреживания загрязняющих веществ меньше времени их фильтрации (до УГВ). Для определения времени фильтрации (t) необходимо знать коэффициенты фильтрации (k) пород зоны аэрации. Многие исследователи в качестве основного признака защищенности используют принадлежность разных видов подземных вод к конкретным зонам, например, к зоне аэрации [2].

Зона аэрации – верхняя часть земной коры, расположенная выше УГВ. Чем ниже фильтрационные свойства пород зоны аэрации и чем больше ее мощность (m), тем надежнее защищены водоносные горизонты ($t = m/k$) [5]. Сложность в том, что замеры коэффициентов фильтрации выполняются редко, а региональное их распределение крайне недостаточно для прогнозов. Кроме того, в разрезе одной скважины породы одного литологического состава могут давать коэффициенты фильтрации, различающиеся на порядок и более.

Коэффициенты фильтрации легких пород в Дашогузском регионе составляют более 0,5 м/сут, а средних и тяжелых породах 0,5-0,05 м/сут. Глины и тяжелые суглинки определяются как не фильтрующие. Мощность зоны аэрации в Дашогузском велаяте различна и зависит от типа пород, рельефа, климатических условий. В тех местах, где зона аэрации отсутствует, УГВ подходит к поверхности и образуются подтопленные поверхности. Подъем уровня изменяет влажностной режим грунтов зоны аэрации, физико-механические и другие свойства грунтов и химический состав подземных вод. Наиболее активно подтопление развивается на территориях, сложенных лёссовыми породами, так как здесь к слабой водопроницаемости добавляется анизотропия K_f . Соотношение вертикального и горизонтального K_f составляет более 5-и. Это вызывает необходимость строительства дренажной системы.

Эти сведения представляют собой набор данных точечных наблюдений за пространственно-непрерывным объектом, которым на исследуемой территории являются грунтовые воды. Территория северной части Дашогузского велаята характеризуется прямой гидравлической связью поверхностных и подземных вод. Здесь наблюдается регулярная смена направлений влагопереноса через зону аэрации. Грунтовый поток характеризуется относительно стабильным режимом и среднегодовым положением УГВ, достаточно устойчивыми амплитудами внутригодовых колебаний. В пределах территории центра велаята движение воды в зоне аэрации является нисходящим, по схеме капиллярно-гравитационного потока и отличается переменным внутригодовым режимом уровня и подземным стоком. Территория юга велаята характеризуется нисходящим движением воды в зоне аэрации по схеме инфильтрационно-гравитационного потока, нестационарным режимом грунтовых вод в зоне современного орошения.

Анализируя карту строения зоны аэрации, можно видеть, что большая часть орошаемых территорий принадлежит району северной части, за исключением западной части региона. При этом сама толща зоны аэрации характеризуется, в основном, как хорошо проницаемая или среднепроницаемая. В районе древних русел Лоудана, Дарьялыка и Даудана зона аэрации хорошо проницаемая. В Конеургенчском и им.С.Туркменбаши этрапах (районах) хорошо проницаемая толща оконтуривает водораздельный участок между Приаральской современной дельтовой равниной и Присарыкамышской [1].

На юге региона в Гёроглыньском этрапе зона аэрации практически вся сложена хорошо проницаемыми отложениями. Такое же строение имеет зона аэрации на всей территории Акдепинского этрапа, расположенного в междуречье Дарьялыка и коллектора Озерный, южная часть Конеургенчского этрапа вдоль Дарьялыка и большая часть Болдумсазского и Губадагского этрапов. Наиболее значительные площади, где зона аэрации представлена породами средней проницаемости, появляется с приближением к плато Устюрт. Здесь распространены, в основном, среднепроницаемые породы, местами перекрытые с поверхности суглинками.

В межполивной период, сразу после прекращения поливов земель, в верхней части зоны аэрации до глубины 3,0 м может наблюдаться движение потока влаги снизу вверх за счет внутриводного испарения. Та же часть воды, которая опустилась ниже 3,0 м, будет продолжать движение вниз к УГВ. Также необходимо отметить, что для района характерен постепенный ежегодный подъем УГВ, что приводит к смещению его границ и расширению площадей с мощностью зоны аэрации менее 3,0 м [1].

Южный район занимает земли южнее коллектора Озерный, пустынные территории на западе междуречья Дарьялык и Озерный. Его граница практически совпадает с границей

современного орошения, за исключением участка на северо-западе, примыкающего к плато Устюрт. Зона аэрации этого района с поверхности, в основном, покрыта суглинками и глинами. Площади со слабой проницаемостью зоны аэрации тяготеют к бортам плато Устюрт и его останцев и расположены, в основном, на юге региона в пустынных его частях и локальными зонами на западе. Этот район характеризуется глубоким залеганием и относительно стабильным положением УГВ и вертикальным движением влаги через зону аэрации. В связи с тем, что район расположен вне площадей орошения особо загрязнения с поверхности здесь не ожидается.

В Дашогузском велаяте наибольшему агрометеорологическому и бытовому воздействию подвергаются три этрапа: им. С.А. Ниязова, им. Гурбансолтан эдже и Гёроглы. В них же и наблюдается наиболее высокая степень хозяйственно-бытовых отходов [1].

На территории этих этрапов при глубине залегания уровня грунтовых вод мене 3,0 м выделяются три незащищенных участка, которые характеризуются наиболее высокой потенциальной экологической напряженностью для грунтовых вод. Они расположены южнее Гурбансолтан эдже, севернее Гёроглы и западнее Дашогуза. Описанные территории названных этрапов по степени защищенности грунтовых вод характеризуются как слабозащищенные. Это значит, что загрязнители могут задерживаться в зоне аэрации за счёт уменьшения скорости влагопереноса через суглинистые породы, но в основном они все же будут накапливаться в грунтовых водах, особенно в местах их интенсивного поступления.

Кроме этого важная роль должна принадлежать разработке научных принципов размещения системы комплексных наблюдений и методов обработки наблюдений с использованием техники и инновационных технологий. Изучение защищенности компонентов окружающей среды от загрязнения и устойчивости к антропогенному воздействию служит одним из инструментов регулирования отношений между компонентами геосистем и необходимым элементом геоэкологического анализа региональных проблем.

Детальная оценка защищенности подземных вод с учетом особенности влагопереноса в зоне аэрации и характера взаимодействия загрязнения с породами и подземными водами требует, как правило, создания гидрогеохимической модели процессов проникновения загрязнения в водоносный горизонт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байрамова И.А. Подземные воды Туркменистана. – Ашхабад: ТГСП, 2012. – 206 с.
2. Гольдберг В.М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. – М.: Недра, 1984. – 259 с.
3. Ершов В. В. Основы геологии / В.В.Ершов, А.А.Новиков, Г.Б.Попова. – М.: Недра, 1994. – 357 с.
4. Методическое руководство по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений. Сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. – М.: ГКЗ, 1998. – С. 209-245.
5. Орадовская А.Е., Лапшин Н.Н. Санитарная охрана водозаборов подземных вод. – М: Недра, 1987. – 215 с.
6. Питьева К.Е. Гидрогеохимические аспекты охраны окружающей среды.– М.: Наука, 1984.

ECOLOGICAL ANALYSIS OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF THE ARAL SEA REGION OF TURKMENISTAN

A.Ch. Garahanov¹, M.Ch. Gapurov², A. Hojaev², candidate of physics-mathematical sciences,
e-mail: khojaev-a-isast@mail.ru

1 - Yagshygeldi Kakayev International University of Oil and Gas, Ashgabat city, Turkmenistan;

2 - Institute of Seismology and Atmospheric Physics of the Academy of Sciences of
Turkmenistan,
Ashgabat city, Turkmenistan.

Abstract. The Dashoguz welayat of Turkmenistan is part of the ecologically unfavorable region of the Aral Sea, since the region is located 170 km south of the former Aral Sea. The article presents the results of the assessment of the existing environmental situation and identifies the factors influencing its change. In order to reliably study and manage the environmental situation in the future, it is shown that it is necessary to create monitoring for analyzing information about the agro-reclamation impact and monitoring environmental changes in the region under consideration.

Keywords: aeration zone, agromelioration, ecology, environment, geocosystem, geological environment, groundwater, irrigated area, polluting elements, region, technogenesis.

УДК 621.039.58

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПРОТОНОВ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ РАБОТАЮЩЕГО ВОДО-ВОДЯНОГО РЕАКТОРА НА ПРИМЕРЕ ИР-100

A.B. Gerezhun¹, M.A. Frolova¹, P.A. Ponomarenko¹, S.S. Bezotosnyy²
anastasia.gerezhun@yandex.ru, 79787391497@ya.ru²

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь,
Российская Федерация

²Открытое акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт эксплуатации атомных электростанций» (ОАО "ВНИИАЭС"), г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрены источники образования протонов в активной зоне работающего водо-водяного реактора. Протоны образуются только в работающем реакторе, то есть, в режиме работы реактора на мощности. Так как протон является ядром водорода, то попадая в кристаллическую решетку оболочки тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ), после потери скорости он притягивает один электрон и превращается в атом водорода. Проникновение протонов и последующее накопление атомов водорода в оболочке ТВЭЛ называется ядерным наводороживанием.

Оболочки ТВЭЛОВ являются основным барьером, препятствующим попаданию в теплоноситель радиоактивных продуктов деления, нарабатываемых в ядерном топливе в процессе эксплуатации реактора. Наводороживание оболочек ТВЭЛОВ является причиной их охрупчивания и последующего разрушения по механизму замедленного гидридного растрескивания, вплоть до их разгерметизации. В этой связи возникла необходимость выявления и изучения источников образования протонов в реакторе, чему и посвящена настоящая статья.

Ключевые слова: реактор, активная зона, нейтрон, протон, электрон, энергия, реакция, ядро, источник, кристаллическая решетка.

Активная зона работающего реактора является сильным источником тепловых нейтронов ($E_{\text{нт}} = 0,005 \div 0,5$ эВ; $\varphi_{\text{нт}} = 4,2 \cdot 10^{12}$ н·см⁻²·с⁻¹), надтепловых нейтронов ($E_{\text{нт}} = 0,05$ эВ \div 1 кэВ), резонансных нейтронов для легких ядер (1 \div 100 кэВ), нейтронов

спектра деления ($0,1 \div 15$ МэВ; $\varphi^{E > 3 \text{ МэВ}} = 7,8 \cdot 10^{11} \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$). [3] Часто все нейтроны этого энергетического спектра называют «реакторные нейтроны» ($E_{\text{рн}} = 0,005 \text{ эВ} \div 15 \text{ МэВ}$).

Ядра химических элементов и их изотопов под действием реакторных нейтронов претерпевают ядерные превращения, результатом которых являются новые радионуклиды и свободные частицы различной энергии (гамма-кванты, реакция n, γ ; нейтроны с меньшей энергией, реакция n, n' ; реакция $n, 2n$; реакция $n, 3n$; протоны (1p), реакция n, p ; реакция $n, 2p$; дейтроны (2d), реакция n, d ; тритоны (3t), реакция n, t ; альфа-частицы, реакция n, α ; реакция $n, n\alpha$; ядра гелия-3, реакция $n, ^3\text{He}$). [2]

Протоны, дейтроны и тритоны являются ядрами изотопов водорода – протия, дейтерия и трития. Если эти частицы попадают в металлы и их сплавы, в которых много свободных электронов (e^-), они (частицы) тормозятся в кристаллической решетке металла (сплава), присоединяют к себе один электрон и превращаются в свободный атом водорода, находящийся в кристаллической решетке металла (сплава). Этот процесс называется ядерным наводороживанием металла. Наводороживание металлов (сплавов) очень часто увеличивает их предел прочности, но почти всегда снижает предел пластичности [1], что весьма нежелательно и даже опасно для металлов, из которых изготавливаются оболочки тепловыделяющих элементов, так как ведет к разгерметизации и разуплотнению последних. Это в свою очередь снижает возможность задерживать внутри твэла высокорadioактивные продукты деления, препятствуя их попаданию в окружающую среду.

Пример: при делении ядра ^{235}U под действием нейтрона образовалось два осколка деления (^{91}Sr и ^{143}Xe) и два нейтрона деления (2 нд). Объем атома ^{235}U составляет $V_{\text{U-5}} = 1,1 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$. $V_{\text{Sr-91}} = 3,01 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$. $V_{\text{Xe-148}} = 1,95 \cdot 10^{-20} \text{ см}^3$.

Отсюда видно, что объем двух осколков деления, без учета образовавшихся 2 нд, больше объема исходного атома ^{235}U . Следовательно, по мере выработки ядерного топлива его объем увеличивается. Для компенсации увеличения объема облученной топливной композиции должна растягиваться оболочка твэл, но по мере ее наводороживания она теряет пластичность. В этом случае в оболочке возможно появление трещин, через которые высокорadioактивные продукты деления попадут в теплоноситель и повысят его удельную активность. При достижении удельной активности теплоносителя $10^{-2} \text{ Ки} \cdot \text{кг}^{-1}$ эксплуатация ядерной энергетической установки запрещается. [4]

В настоящее время для снижения роста объема топливной композиции последняя используется в виде керамики. Однако даже в этом случае наводороживание металла оболочек твэл, а, следовательно, потеря ими пластичности явление нежелательное и даже вредное. Для борьбы с этим явлением необходимо изучить пути наводороживания оболочек или изучить источники образования протонов в активной зоне реактора. Настоящая статья и посвящается анализу источников протонов в активной зоне работающего реактора (на примере исследовательского ядерного реактора ИР-100). [5]

В состав активной зоны ИР-100 входят твэлы, выполненные из алюминиевого сплава АД1 и замедлитель-теплоноситель – обессоленная вода (H_2O).

Молекула воды состоит из двух атомов природного водорода (H_2) и кислорода (O_2).

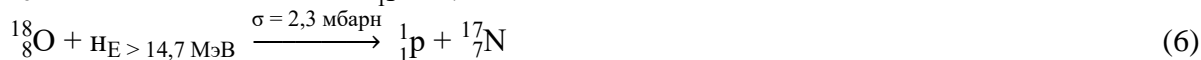
Природный H_2 состоит из протия (^1H) 99,985 % и дейтерия (^2H) 0,015 %.

Природный O_2 состоит из ^{16}O (99,86 %), ^{17}O (0,037 %) и ^{18}O (0,204 %).

Нейтрон деления, сталкиваясь с ядром водорода молекулы воды, генерирует протон отдачи. Это первый источник протонов, которые имея различную энергию находятся в воде работающего реактора.

Все три изотопа кислорода в нейтронно-ядерных реакциях являются источниками протонов. Эти реакции имеют вид:





Подобные реакции с кислородом будут проходить при наличии изотопов O_2 любого химического соединения, подверженного облучению нейтронами, например, топливной композиции, которая размещена в твэле, состоящем из алюминиевой оболочки и представленной металлокерамическим сердечником из UO_2 с 10 % обогащением. Контактный слой между оболочкой и металлокерамическим сердечником выполнен из магния (Mg).

Природный алюминий состоит из одного изотопа ${}^{27}_{13}\text{Al}$. Ядро этого изотопа алюминия в реакциях с нейтронами также дает протоны.

Реакции имеют вид:



Природный магний состоит из ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ (78,7 %), ${}^{25}_{12}\text{Mg}$ (10,13 %) и ${}^{26}_{12}\text{Mg}$ (11,17 %). Ядра всех трех изотопов магния в реакциях с нейтронами дают ядра протия и трития. Эти реакции имеют вид:



Следовательно, источниками протонов (ядер водорода) в активной зоне работающего реактора являются: вода, служащая замедлителем и теплоносителем, оболочка твэл, выполненная из алюминия и топливная композиция UO_2 с контактными слоями из магния.

Ядра водорода, рожденные в воде при замедлении нейтронов деления как протоны отдачи, и рожденные в реакциях с кислородом (1 – 7) могут проникать в алюминиевую оболочку и наводороживать ее с наружной стороны. Протоны, рожденные в алюминии (8 – 9), будут наводороживать оболочку по всей ее толщине. Протоны, рожденные в реакциях с ядрами изотопов кислорода в соединении UO_2 и рожденные в реакциях с ядрами магния (10 – 15), будут наводороживать алюминиевую оболочку твэл с внутренней стороны, т.е. со стороны металлокерамического сердечника ядерного топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние облучения на материалы и элементы электронных схем. М., Атомиздат, 1967 г.
2. И.В. Меднис. Справочные таблицы для нейтроноактивационного анализа. Рига, «Зинатне», 1974 г., 412 с.
3. Справочник по ядерной физике. М., Физматгиз, 1963 г., 632 с.
4. Ф.Я. Овчинников, Л.И. Голубев, В.Д. Добрынин, В.И. Клочков, В.В. Семенов, В.М. Цыбенко. Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических ядерных реакторов. М., Атомиздат, 1977 г., 280 с.
5. Ю.М. Булкин, А.Д. Жирнов, Г.Н. Жемчужников, Л.В. Константинов, В.А. Николаев, И.А. Стенпок, Н.С. Лобанов, Н.А. Хрястов, А.Г. Филиппов. Исследовательский и учебный реактор ИР-100. Атомная энергия, ноябрь 1966

ANALYSIS OF PROTON SOURCES IN THE CORE OF AN OPERATING PRESSURIZED WATER REACTOR ON THE EXAMPLE OF IR-100

A.V. Gerezhun¹, S.S. Bezotosny², P.A. Ponomarenko¹, M.A. Frolova¹

AVGerezhun@sevsu.ru¹, 79787391497@ya.ru²

¹Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Sevastopol State University", Sevastopol, Russian Federation

²Open Joint Stock Company All-Russian Scientific Research Institute for Operation of Nuclear Power Plants (JSC VNIIAES), Moscow, Russian Federation

Abstract. The article discusses the sources of proton formation in the core of an operating pressurized water reactor. Protons are produced only in an operating reactor, that is, in the mode of operation of the reactor at power. Since the proton is the nucleus of hydrogen, then falling into the crystal lattice of the shell of a fuel element (fuel element), after a loss of speed, it attracts one electron and turns into a hydrogen atom. The penetration of protons and the subsequent accumulation of hydrogen atoms in the fuel element cladding is called hydrogenation.

The cladding of the fuel elements is the main barrier preventing the ingress of radioactive fission products produced in nuclear fuel during the operation of the reactor into the coolant. Hydrogenation of fuel element cladding is the cause of their embrittlement and subsequent destruction by the mechanism of delayed hydride cracking, up to their depressurization. In this regard, it became necessary to identify and study the sources of proton production in the reactor, which is the subject of this article.

Keywords: reactor, core, neutron, proton, electron, energy, reaction, nucleus, source, crystal cell.

УДК 55

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НАДЫМСКОГО РАЙОНА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПРОЦЕССЕ ИХ ТЕХНОГЕННОГО ОСВОЕНИЯ

М.В. Горбунова, М.А. Харькина

Московский Государственный Университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Аннотация. Трансформация эколого-геологических систем Надымского района Западной Сибири в процессе активного освоения охарактеризована на основе космических методов исследования. Показаны изменения, происходящие в растительных сообществах в результате техногенной нагрузки на исследуемые участки. Установлено, что запасы биомассы вторичных лесов техногенно-преобразованных территорий значительно ниже, чем первичных ненарушенных сообществ.

Ключевые слова: эколого-геологическая система, космические методы исследования, биомасса, трансформация эколого-геологических систем, техногенная нагрузка, лесные сообщества, ландшафтная зона.

Северные территории нашей страны с глубокой древности манили к себе пытливые умы первооткрывателей. В XXI веке эти тенденции только усиливаются: возрастает стратегический потенциал севера, а необходимость в значительных объемах горючих ископаемых заставляет нас продвигаться все ближе к шельфу океана. Активная человеческая деятельность меняет все на своем пути, но готовы ли северные территории к подобному преобразению? Можем ли мы с точностью спрогнозировать ответ эколого-геологической системы на то или иное техногенное воздействие?..

Исследуемая область лежит в пределах Надымского района Западной Сибири. По территории пролегает большое количество рабочих веток газопровода и вспомогательной инфраструктуры, что делает данный участок поистине уникальным с точки зрения фиксации изменений внутри эколого-геологических систем в результате их многолетней техногенной трансформации [1,2].

Изучение участка и его особенностей началось еще в 1970-х, в это время была осуществлена первая инженерно-геокриологическая съемка полосы трассы проектируемого газопровода Надым – Пунга [1]. В то же время силами института ВСЕГИНГЕО в 30 км к юго-востоку от г. Надым был организован одноименный геокриологический стационар, назначением которого стали мониторинговые наблюдения за состоянием многолетнемерзлых пород, а с середины 90-х годов исследования продолжились сотрудниками ИКЗ ТюмНЦ СО РАН. Несмотря на значительную геологическую и геокриологическую изученность данной территории, экологически значимым вопросам уделялось достаточно малое внимание, что закономерно обуславливает актуальность данных исследований.

Достоверную картину исследуемой местности в процессе ее активного освоения предлагается оценить с помощью космических снимков. После первичного техногенного воздействия на сцене снимка Landsat-5 от 1985 года наблюдается пестрое разделение на эколого-геологические системы в силу геоморфологических и биотических особенностей исследуемой территории. Для дальнейшего программного детектирования изменений в эколого-геологических системах² было выбрано три типовых участка (рис.1).

Участок 1 (в красных границах) – безлесные мерзлотные торфяники с многочисленными термокарстовыми озерами и болотами к юго-востоку от г.Надым [3]. В пределах данной эколого-геологической системы располагается геокриологический стационар, ветки газопровода и сопутствующие насыпные дорожные покрытия.

² Эколого-геологическая система представляет собой определенный объем литосферы с функционирующей в нем и на его поверхности биотой, включая человека и социум [Трофимов В. Т., 2010].

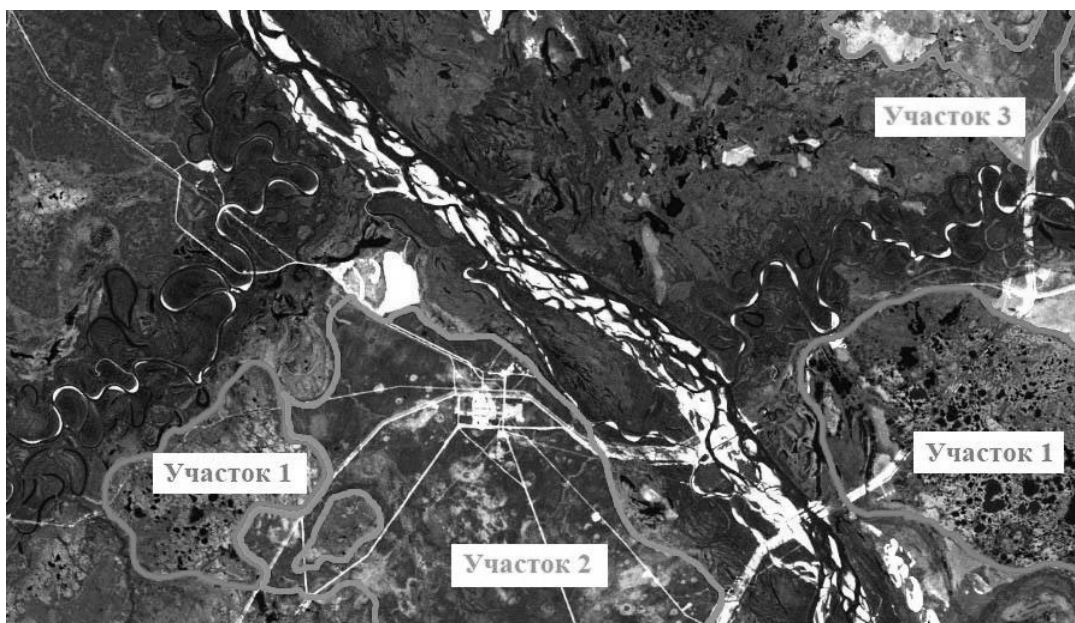


Рисунок 1 – Территория исследований в окрестностях стационара Надым на фрагменте снимка Landsat-5

Участок 2 (в оранжевых границах) – сочетание елово-лиственничных моховых и мохово-лишайниковых лесов с редкими массивами торфяников и болот [3]. В пределах данной эколого-геологической системы отмечаются наибольшие техногенные преобразования. Помимо многочисленных газопроводных веток и дорог на данном участке находится Надымское линейно-производственное управление магистральных газопроводов (ЛПУ).

Участок 3 (в желтых границах) – гари с вторичными березовыми лесами и ерниковые тундры с лишайниковым покровом [3]. В пределах данной эколого-геологической системы в 1982 году был основан поселок Правохеттинский, приуроченный к компрессорной станции №3 на 198 километре газопровода Уренгой — Ужгород. Отметим, что значительный процент горелых участков связан именно с активным хозяйственным освоением под нужды строящегося населенного пункта [5,6].

Методы исследования основаны на программном анализе разновременных космических снимков со спутников Landsat. В целях исследования трансформации данных участков как эколого-геологических систем, космические снимки должны обладать такими необходимыми свойствами как большая обзорность, высокое пространственное разрешение и необходимое количество спектральных каналов. Помимо прочего, снимки должны быть сделаны спутником в летний период, при этом для данной территории Западной Сибири лучше всего подойдут снимки середины июля – конца августа. Это связывается с возможностью использования данных методов оценки только во время сезона вегетации (когда растительность имеет наибольшую продуктивность) [4]. В работе использовались космические снимки изучаемого района со спутников Landsat за период с 1985 по 2020 год включительно. Данные спутниковой съемки предоставляются Геологической службой США (USGS) [7]. Процедуры обработки и изучения изображений производились в демонстрационной версии программного комплекса Scanex Image Processor [8].

В пределах трех исследуемых участков использовался метод построения картограмм изображений в комбинации ближних инфракрасных и синего каналов съемки, что дало возможность фиксации смены растительных сообществ. В данной комбинации каналов здоровая растительность отображается в оттенках красного и оранжевого цвета, урбанизированные территории – серых и зелено-голубых тонах. Ярко голубой цвет может детектировать нарушенный растительный покров, а красноватые тона – восстановление

растительности [9]. Использование инфракрасных каналов в данном случае также позволяет добиться хорошей различимости возраста растительности. Согласно полученным снимкам в 4-5-1 каналах съемки Landsat была установлена закономерная смена растительных сообществ в результате техногенной нагрузки на исследуемые участки: на насыпях веток газопровода отмечается нетипичная растительность, детектируемая на космических снимках; между дорогами и ветками газопровода отмечается большое количество полей ягеля и иных лишайниковых и др. Отметим, что сочетание данного метода с анализом отраженных температур поверхности позволило с однозначной точностью детектировать участки гарей (на них фиксировались повышенные температурные значения) и области, занятые вторичной растительностью (по изменению цветовой гаммы и температурного поля). Полученные данные также подтвердились изменением индекса NDVI.

В целях оценки изменения количества фотосинтетически активной биомассы исследуемых участков также использовался метод программного расчета значений индекса NDVI³ (нормализованный относительный индекс растительности) [10]. Итогом построения стали картограммы NDVI по годам и соответствующая им таблица изменений значений индекса NDVI (табл. 1).

Построенные картограммы позволяют визуально детектировать изменения в растительном покрове исследуемых эколого-геологических систем. Анализ показывает, что основное техногенное преобразование территории произошло в период с 1972 (когда, согласно архивным данным, были проложены первые ветки газопровода) по 1985 года. Начиная с 1985 года значения индексов NDVI постепенно возрастают до средних значений, что говорит о постепенном восстановлении территории и смене нарушенных растительных сообществ на вторичные (табл.1).

Таблица 1 – Изменение индекса NDVI по годам

Год исследований	Значение индекса NDVI		
	Участок 1	Участок 2	Участок 3
1985	0,24	0,28	0,17
1989	0,27	0,29	0,21
1993	0,31	0,30	0,22
1997	0,32	0,31	0,05
2001	0,33	0,32	0,10
2006	0,29	0,27	0,11
2010	0,34	0,30	0,12
2014	0,37	0,34	0,15
2018	0,40	0,34	0,18
2020	0,40	0,35	0,20

Примечание: желтым цветом указаны аномальные падения значений индекса NDVI, связанные с нарушением растительного покрова в связи с проведением на данной территории капитального ремонта (замена фрагментов газовых труб). Оранжевый цвет отражает падение значений индекса NDVI в связи с усилившимся техногенным воздействием и ростом площадей гарей на данной территории.

³ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный относительный индекс растительности - количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Вычисляется по следующей формуле: $NDVI = (NIR - RED)/(NIR+RED)$, где: NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED - отражение в красной области спектра.

По материалам анализа программного расчета установлено, что исследуемые участки 1 и 2 к 2018–2020 годам пришли в состояние равновесия с окружающей средой, так как значения индекса здесь перестали видоизменяться. При этом падение значений индекса в данных областях в 2006 году обусловлены нарушением растительного покрова в связи с проведением на данной территории за год до этого капитального ремонта, связанного с заменой некоторых фрагментов газовых труб. Помимо прочего, сопоставление данных картограмм NDVI с исходными ландшафтными единицами Западной Сибири позволяет установить, что запасы биомассы вторичных лесов исследуемых участков значительно ниже (NDVI в среднем около 0,35–0,40) чем первичных ненарушенных сообществ (NDVI в среднем около 0,63) [10].

Территория участка 3 характеризуется весьма малым приростом значений индекса NDVI. Падение значений в 1997 напрямую связано с усилившимся техногенным воздействием на данную область и, как следствие, со значительно увеличившимися площадями гарей. В последующие года значительных возгораний более не наблюдалось, что также подтверждается постепенным приростом значений индекса. Несмотря на это, запасы биомассы вторичных растительных сообществ также значительно ниже, чем первичных ненарушенных.

Таким образом, в ходе проведенных исследований было установлено пестрое разделение исследуемой области Западной Сибири на техногенно-нарушенные эколого-геологические системы после значительного освоения территории. При дальнейшем техногенезе во времени отмечаются изменения в биотической части эколого-геологических систем: появляются более приспособленные к новым условиям нетипичные виды растительности, увеличиваются области спорадического распространения лишайниковых полей, появляются вторичные леса. Для восстановления растительного покрова на техногенно-преобразованных территориях Надымского района Западной Сибири требуется не менее 35 лет (с 1985 по 2020 г). При этом запасы биомассы вторичных лесов исследуемых участков будут значительно ниже, чем первичных ненарушенных сообществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции / Отв. ред. Н.Г. Москаленко. Коллектив авторов — Институт криосферы Земли, 2006. — 357 с.
2. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа – Омск: Омская картографическая фабрика, – 2004. – 304 с.
3. Ландшафты криолитозоны Западно-Сибирской газоносной провинции/ Отв. ред. Е. С. Мельников / Е. С. Мельников, Л. Н. Тагунова, Н. А. Лазарева и др. - Новосибирск: Издательство «Наука», Сибирское отделение, 1983. – 165 с.
4. Одум Ю.Г. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
5. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Ноосфера, 2006. 720 с.
6. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология. М.: Геоинформмарк, 2002. 415 с.
7. U.S. Geological Survey: <https://www.usgs.gov/>
8. Характеристика и возможности программы ScanEx Image Processor: <http://www.scanex.ru/>
9. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+ / ГИС-Лаб - <https://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>
10. NDVI, теория и практика / ГИС-Лаб - <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>

TRANSFORMATION OF ECO-GEOLOGICAL SYSTEMS IN THE NADYM REGION OF WESTERN SIBERIA DURING ITS TECHNOGENIC DEVELOPMENT

*M.V. Gorbunova, M.A. Kharkina
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

Abstract. The transformation of the ecological-geological systems of the Nadym region of Western Siberia in the process of active development is characterized based on space research methods. Changes occurring in plant communities as a result of technogenic load on the studied areas are shown. It was found that the biomass reserves of secondary forests of technogenically transformed territories are significantly lower than those of primary undisturbed communities.

Keywords: eco-geological system, space research methods, biomass, transformation of eco-geological systems, technogenic load, forest communities, landscape zone.

УДК 624.131.37

ВЫСОКОДОСТОВЕРНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ ГАЗОВ В ГРУНТАХ

А.В. Дубачева¹, И.И. Косинова¹, Ж.Ю. Кочетова², dubachev.a@mail.ru

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

² ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия

Аннотация. Предложен надежный и экономичный способ определения коэффициента диффузии паров легколетучих жидкостей через слой грунта. Экспериментальная установка для его осуществления включает полый цилиндр из инертного материала, заполняемый слоем исследуемого грунта. В нижнюю часть герметично закрывающейся крышки цилиндра помещается легколетучая жидкость; в верхней части установлен масс-чувствительный датчик, реагирующий на молекулы диффундирующих через слой грунта паров легколетучей жидкости. Проведено исследование влияния влажности супеси на скорость диффузии паров бензина; рассчитаны коэффициенты диффузии паров бензина частицами сухого грунта.

Ключевые слова: диффузия газов в грунтах, загрязнение грунтов, подземные утечки топлива, пьезосенсор.

Распределение и превращение загрязняющих поллютантов в грунтах зависят от факторов: природы грунтов, их плотности, размера зерен, наличия неоднородностей, влажности, температуры окружающей среды, доступа кислорода, присутствия микроорганизмов, а также от природы и количества самих загрязняющих веществ. В литературе представлено множество математических моделей для описания движения газов в грунтах как пористых средах. Однако они требуют большого числа параметров для проведения сложных расчетов, а упрощенные модели не дают объективного решения [5]. Современные способы экспериментального исследования диффузии газов через грунты трудоемки и требуют сложного лабораторного оборудования, как показано в работе [6].

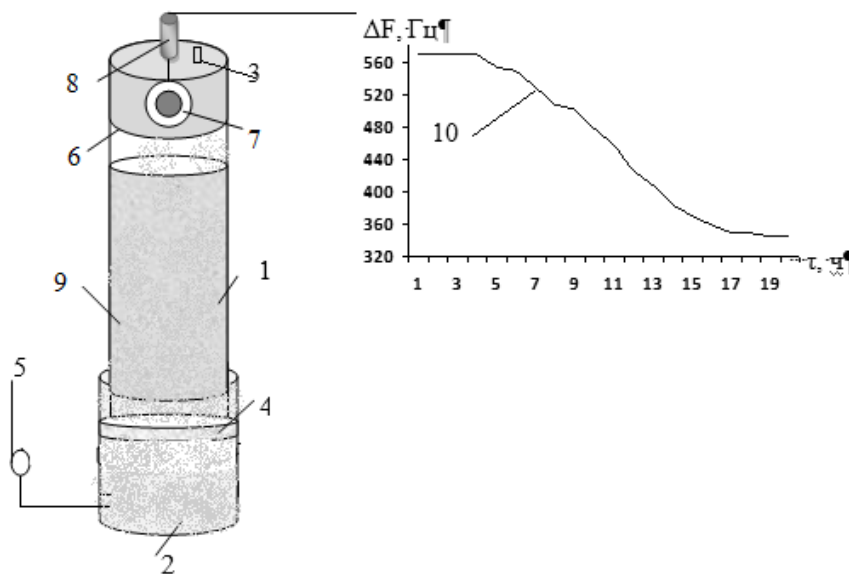
Газонасыщенность грунтов показывает общее содержание газов в единице их массы или объема. Это одна из важнейших характеристик грунтов, учитываемая при инженерно-экологических изысканиях на территориях планируемого строительства [2]; прогнозировании выброса биогаза на свалках твердых бытовых отходов [1]; оконтуривании подземных топливных линз, скапливающихся на территориях топливозащитных [3]. Актуальной экологической проблемой является скопление подземных линз из чистого топлива. Для прогнозирования масштабов подземных утечек, установления времени от начала аварии, оконтуривания загрязненных участков необходимо знать закономерности диффузии паров топлив через грунты с различными физико-химическими и морфологическими свойствами.

Цель исследований – разработка экономичного способа для исследования диффузии газов в грунтах с различными физико-химическими характеристиками.

Экспериментальная установка представлена на рисунке 1. Она состоит из герметично закрывающегося цилиндра, на дно которого помещается летучая жидкость. Внизу цилиндра закреплена перфорированная решетка из нержавеющей стали, на которую высыпают слой грунта высотой $h=0,3-0,5$ м так, чтобы он не соприкасался с испаряющейся жидкостью. В верхней части установки над слоем грунта помещен пьезосенсорный датчик, реагирующий на появление паров жидкости, прошедших через слой грунта. В основе действия датчика лежит принцип пьезокварцевого микровзвешивания. Чувствительный элемент – пьезокварцевая пластина АТ-среза с напыленным на две ее поверхности электродами – имеет собственную частоту колебаний F_0 (Гц). Приращение массы на пластине при сорбции паров анализируемых веществ (m , мкг) приводит к уменьшению собственной частоты колебаний кварца на величину $\Delta F = F_0 - F$, где F – частота колебаний пластины при адсорбции на ее поверхности молекул газа. Изменение частоты колебаний датчика с массой адсорбированных паров анализируемого соединения связано уравнением Зауэрбрея [5]:

$$\Delta F = -km, \quad (1)$$

где k – константа, зависящая от эксплуатационных свойств пьезокварцевой пластины (базовой частоты колебаний, геометрии и размера, материала напыленных электродов).



1 – цилиндр (можно использовать пробоотборник), 2 – камера с насыщенными парами, 3 – отвод газа, 4 – перфорированная решетка, 5 – термометр, 6 – съемная крышка с держателем для пьезокварца; 7 – пьезокварц, 8 – корпус анализатора газов, 9 – слой грунта, 10 – хроночастотограмма диффузии паров через слой грунта
Рис. 1. Установка для исследования диффузии газов через слой грунта

Метод пьезокварцевого микровзвешивания характеризуется высокой массчувствительностью ($\Delta m/\Delta F = 10^{-12}$ г/Гц). Его главным недостатком является низкая селективность. Для повышения селективности и сорбционной емкости микровесов на основании экспериментальных данных выбирают различные сорбционные покрытия электродов. Для детектирования агрессивных паров легких нефтепродуктов ранее было предложено использовать покрытие на основе многослойных углеродных нанотрубок, характеризующихся высокой устойчивостью, разветвленной удельной поверхностью [4].

Исследовали диффузию паров бензина через слой супеси с различной весовой влажностью $W = 0-15$ %, которую рассчитывали как отношение массы воды в грунте к массе влажного грунта. Количество воды определяли методом высушивания 20 г грунта до постоянной массы в нагретом до 105 °С сушильном шкафу. Супесь с известной влажностью помещали в цилиндр, закрывали снизу крышкой с налитым на ее дно бензином. Верхнюю часть установки герметично закрывали крышкой с впаянным в нее пьезосенсорным

датчиком. В начальный момент времени фиксировали частоту (F_0) колебания модифицированного углеродными нанотрубками пьезосенсора ненагруженного парами адсорбата. Далее частоту (F) колебаний измеряли с интервалом времени $\Delta\tau = 0,5$ ч и строили хроночастотограммы, как показано на рисунке 1.

Диффузия паров бензина через сухой однородный грунт 18 ч происходит равномерно и описывается уравнением: $F = -25,046 \tau + 382,04$ ($R^2 = 0,99$). Затем изменение частоты колебаний пьезокварца постепенно замедляется, и через $\Delta\tau_{\text{равн}} = 26$ ч от начала проведения эксперимента наступает насыщение супеси парами бензина по всей высоте цилиндра, то есть в системе устанавливается равновесие. При этом средняя скорость насыщения слоя грунта парами легких нефтепродуктов $\Delta F/\Delta\tau_{\text{равн}} = 1033/26 = 39,7$ Гц/ч.

Коэффициент диффузии бензина в слое сухой супеси рассчитывали по уравнению:

$$D = \frac{\Delta m}{\Delta\tau \cdot h} = 78 \cdot 10^{-9} \text{ г/(ч}\cdot\text{м)}. \quad (2)$$

С увеличением размеров пор грунта и снижением его адсорбционной способности коэффициент диффузии увеличивается. При полном насыщении цилиндра с грунтом исследуемым газом возможно рассчитать коэффициент его адсорбции. Для этого необходимо взвесить цилиндр с грунтом до и после проведения испытания и рассчитать массу адсорбируемого газа слоем грунта высотой h .

При незначительном повышении влажности грунта до 1,5 % характер диффузии паров топлива через него практически не изменяется. Однако, выход паров бензина, прошедших через слой супеси, наблюдается только через 1,5 ч, что говорит о взаимодействии молекул легких углеводородов с пленкой воды, образующейся на частицах грунта. Диффузия паров бензина в этом случае, также как и для сухого грунта, протекает практически равномерно и описывается уравнением: $F = -23,864 \tau + 390,53$ ($R^2=0,93$).

При значительном повышении влажности грунта характер хроночастотограмм имеет иной вид: после интенсивной сорбции воды на многослойных углеродных нанотрубках через 1,5 ч в околосенсорном пространстве устанавливается равновесие, обусловленное испарением воды из верхнего слоя исследуемого грунта. Еще через 0,5 ч наблюдается незначительное и неравномерное уменьшение частоты колебаний пьезосенсора, обусловленное появлением в околосенсорном пространстве углеводородов. Процессы диффузии паров топлива через слои грунтов с влажностью $W = 9,1$ и 15 % описываются уравнениями: $F = -8,35 \tau + 596,4$ ($R^2=0,57$) и $F = -4,61 \tau + 561,2$ ($R^2=0,36$) соответственно.

Значительное отклонение частоты колебаний пьезосенсора при диффузии паров бензина через слои супеси с повышенной влажностью от прямолинейной зависимости объясняется тем, что с увеличением количества воды в порах растет и количество заземленных газов, которые могут занимать значительные участки внутри грунтов или находиться только в небольших количествах в тончайших микропорах. Давление в пузырьках заземленного газа зависит от поверхностного натяжения воды при ее контакте с ними (рисунок 2).

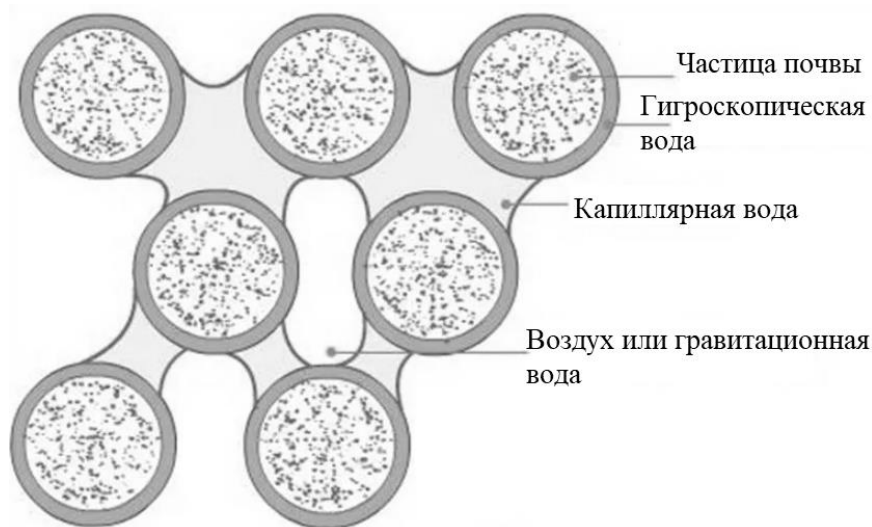


Рисунок 2 – Форма воды в почве

По мере испарения легких углеводородов бензина в нижней части цилиндра и их диффузии по высоте грунта, давление в системе растет, а пузырьки защемленных газов уменьшают свой объем – сжимаются. При определенном соотношении диаметра пузырьков и давления на них защемленные газы могут перейти в свободное состояние, что сопровождается их резким прорывом из пор грунта и сбросом порового давления. Поэтому частота колебаний пьезосенсора над слоем супеси в результате сорбции легких углеводородов уменьшается не линейно (как в случае с сухим грунтом), а скачкообразно.

Угол наклона хроночастотограмм сорбции паров бензина соответствует скорости диффузии паров топлива ($v_{\text{диф}}$), которая снижается с повышением влажности супеси по логарифмической зависимости: $v_{\text{диф}} = -7,99 \ln (W) + 27,45$ ($R^2 = 0,92$). Эта зависимость позволяет прогнозировать скорость насыщения толщи грунта с различной влажностью (рисунок 3).

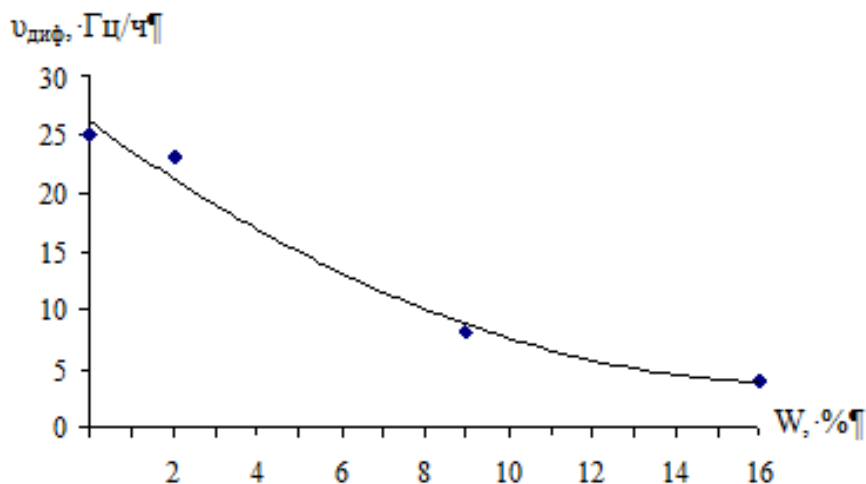


Рисунок 3 – Скорость диффузии паров топлива через слой супеси с различной влажностью

Таким образом, оценено газонасыщение слоя супеси парами легкого нефтепродукта, представлена зависимость скорости диффузии топлива через слои грунтов от их массовой влажности. Для сухой супеси рассчитан коэффициент диффузии бензина, который, в первую очередь, зависит от объема свободного порового пространства исследуемого грунта и его адсорбционной способности. Предложен подход к расчету коэффициента адсорбции газов и паров частицами различных типов грунтов.

Показана перспективность исследования газонасыщения грунтов и точного определения коэффициента диффузии с применением пьезосенсорного датчика. Чувствительность метода пьезокварцевого микровзвешивания и его точность (относительная погрешность не превышает 4 %), экономичность и мобильность экспериментальной установки позволяют проводить точную оценку газонасыщенности реальных грунтов в полевых условиях, на разной глубине, без проведения сложных математических расчетов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20 -55 - 00010/20 от 30.04.20 и БРФФИ X20P - 284 от 04.05.2020

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалов, В.И. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. Определение количества биогаза, образующегося на полигоне твердых отходов потребления [Электронный ресурс] / В.И. Беспалов, А.Г. Адамян // Интернет-журнал «Науковедение». – 2013. – № 3. – Режим доступа: URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/02trgsu313.pdf>. – Дата обращения 25.03.2021.

2. Косинова, И.И. Роль инженерно-экологических изысканий в проектировании объектов ведущих уровней опасности [Текст] / И.И. Косинова, А.А. Курышев, В.А. Бударина // Инженерно-экологические изыскания – нормативно-правовая база, современные методы и оборудование: сб. материалов Общероссийской научно-практической конференции. – М.: «Геомаркетинг», 2020. – С. 110 – 115.

3. Кочетова, Ж.Ю. Топливные линзы и способ их оконтуривания [Текст] / Ж.Ю. Кочетова, С.В. Внукова, О.В. Базарский // Булатовские чтения. – 2019. – Т.4. – С. 71–73.

4. Кочетова, Ж.Ю. Пьезосорбционный экспресс-анализ загрязнения почв бензином [Текст] / Ж.Ю. Кочетова, С.В. Внукова, А.В. Дубачева, Т.А. Кучменко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72). - № 3. – С. 291 – 302.

5. Матвеев, Ю.Н. Математическое моделирование процессов распространения загрязняющего вещества в почвогрунтах и атмосфере при его аварийном разливе [Электронный ресурс] / Ю.Н. Матвеев, Б.И. Масленников, Е.А. Карельская, Н.А. Стукалова // Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – № 5. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/65TVN516.pdf>. – Дата обращения: 29.03.2021.

6. Смагин А.В. Газовая фаза почв. М.: Изд-во МГУ, 2005. – 301 с.

THE EXACT METHOD OF DETERMINING THE COEFFICIENT OF DIFFUSION OF GASES IN SOILS

A.V. Dubacheva¹, I.I. Kosinova¹, Zh. Yu. Kochetova², zk_vva@mail.ru

¹ Voronezh State University, Voronezh, Rossiya

² Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh, Rossiya Voronezh State University, Voronezh, Rossiya

Abstract. A reliable and economical method for determining the diffusion coefficient of vapors of volatile liquids through the soil layer is proposed. The experimental installation for its implementation includes a hollow cylinder made of an inert material filled with a layer of the studied soil. A highly volatile liquid is placed in the lower part of the hermetically sealed cylinder lid; a mass-sensitive sensor is installed in the upper part, which reacts to molecules of vapors of a highly volatile liquid diffusing through the soil layer. The influence of sandy loam moisture on the rate of diffusion of gasoline vapors was studied; the coefficients of diffusion of gasoline vapors by soil particles were calculated.

Keywords: gas diffusion in soils, soil contamination, underground fuel leaks, piezosensor.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УЧАСТКА САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

В.С.Королев¹, И.Ю.Григорьева², В.А.Королев³

e-mail: ¹vlad_korolev1999@mail.ru, ²ikagrig@inbox.ru, ³va-korolev@bk.ru

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, Москва, Россия

Аннотация. Частым сопутствующим процессом добычи и транспортировки нефти является загрязнение окружающей природной среды и последующая ее деградация. Для ликвидации нефтяных загрязнений проводятся рекультивационные работы. Однако закономерности техногенной трансформации эколого-геологических систем (ЭГС), функционируемых на нефтяных месторождениях, в нашем случае – Самотлорском, остаются пока слабо изученными.

Ключевые слова: нефть, загрязнение, деградация, рекультивация нефтезагрязненных территорий, эколого-геологические системы, Самотлорское месторождение.

В последнее время в результате добычи и транспортировки нефти и нефтепродуктов сильно увеличилась площадь территорий, загрязненных углеводородами. Значительные по площади загрязнения и высокая степень проявления изменений в состоянии экосистем в основном связаны с крупными месторождениями, разработка которых ведется уже на протяжении нескольких десятков лет (Тимофеев, Клепиков, 2015). Самотлорское нефтяное месторождение, являющееся одним из крупнейших в России, открытое в 1965 году, в настоящее время находится на четвертой (поздней) стадии разработки и для его территории рекультивация нефтезагрязненных участков является актуальной.

Целью исследования ставился сравнительный анализ состояния трёх типов моно-ЭГС на части территории Самотлорского нефтяного месторождения: *природной, нефтезагрязненной и восстановленной (рекультивированной)*.

В *задачи* исследования входили следующие позиции: дать характеристику эколого-геологических условий Самотлорского нефтяного месторождения; выполнить критический анализ современных представлений о трансформации ЭГС на территориях нефтяных месторождений; охарактеризовать структуру и особенности выявленных моно-ЭГС трёх типов и выполнить их сравнительный анализ.

Методика работы включала два уровня: эмпирический, опирающийся на полевые и лабораторные исследования, и теоретический, включающий сравнительный анализ, статистический анализ и обобщения (Королев, 2020а). При изучении трех выделенных моно-ЭГС были охарактеризованы важнейшие их составляющие: абиотические компоненты (литотоп, гидротоп), а также биотические и биокостные компоненты (эдафотоп, микробиоценоз, фитоценоз и зооценоз). Сравнение трёх рассматриваемых ЭГС с выявлением наиболее значимых отличий проводилось нами по каждому компоненту на основе качественных (вербальных) оценок или количественных – критериев сравнения (K_c) и коэффициента Жаккара (K_s). Кроме того, были выявлены дополнительные отличительные закономерности трех сравниваемых ЭГС на основе описательной статистики данных (Королев, 2020б).

Безразмерный критерий сравнения (K_c) рассчитывался по следующей формуле:

$$K_c = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1}$$

где Z_1 и Z_2 – численное значение какого-либо параметра в первой (например, *природной*) ЭГС и его аналогичное значение во второй, *измененной* или *рекультивированной* ЭГС,

соответственно. Этот критерий отражает относительное отклонение значения анализируемого параметра в двух сравниваемых ЭГС по отношению к природной ЭГС, и он может быть как > 0 , так и < 0 . В первом случае это говорит о том, что в сравниваемой ЭГС занижено значение данного параметра, во втором – наоборот, завышено по сравнению с природной ЭГС. Если же коэффициент равен нулю, то значение анализируемого параметра в первой и второй ЭГС одинаково. Таким образом, наилучшее совпадение параметров ЭГС достигается при $K_c \rightarrow 0$ (Королев, 2020б).

Для сравнения фитоценозов и зооценозов использовался коэффициент Жаккара (K_s), который рассчитывался по следующей формуле:

$$K_s = \frac{C}{A + B - C}$$

где C – число видов, общих для двух сравниваемых группировок; A – число видов в первой группировке; B – то же, во второй. Полное совпадение оценивается как 1, абсолютное различие – 0.

Природная моно-ЭГС на изучаемом участке представляла собой сосново-кустарничко-сфагново-травянистые равнинные болота с максимальным биоразнообразием. Литотоп данной ЭГС был представлен олиготрофным торфяным массивом.

Нефтезагрязненная моно-ЭГС представляла собой сфагново-пушице-осоковые равнинные болота с угнетенным биоразнообразием и нефтяным загрязнением в виде разливов жидкой нефти и высоковязких забитумизированных слоев торфа. Литотоп этой ЭГС был представлен аналогичным предыдущему олиготрофным торфом, однако верхняя часть которого была сильно загрязнена нефтью.

Восстановленная моно-ЭГС представляла собой сфагново-пушице-осоко-ржановсяные равнинные болота. Их биоразнообразие приближено к естественному. Литотоп данной ЭГС был также представлен олиготрофным торфяным массивом, однако в торфе фиксировалось незначительное содержание остаточных количеств нефтепродуктов.

Сравнение составляющих в выделенных ЭГС проводилось сначала для абиотических компонентов, а затем для биотических.

При рассмотрении абиотических компонентов моно-ЭГС были получены следующие значения коэффициентов, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная таблица показателей K_c абиотических параметров литотопа и гидротопа ЭГС

№	Сравниваемые показатели:		Сравниваемые моно-ЭГС	
			Природная/Нарушенная ЭГС-2	Природная/Восстановленная ЭГС-3
	Параметр	Измеряемый коэффициент	Значение	Значение
Литотоп [торф верховой (олиготрофный)]				
1	Плотность	K_c	-0,12	-0,04
2	Плотность твердой фазы		0,01	0,00
3	Плотность скелета		-0,89	0,00
4	Влажность		0,45	0,03
5	Полная влагоёмкость		0,47	0,00
6	Степень влажности		-0,02	0,03
7	Пористость		0,01	0,00
8	Коэф. пористости		0,51	0,00
9	Зольность		-7,33	-0,33
10	Степень разложения		0,09	0,00

11	Содержание нефти		-99,00	-27,33
12	Содержание хлора		-7,90	-3,31
13	pH		0,33	-0,17
Гидротоп [гидрокарбонатно (хлоридно) кальциево-магниевые воды]				
14	Минерализация грунтовых вод	K_c	-1,3	-0,7

Из таблицы 1 следует, что значения K_c , характеризующие содержание хлора, различаются на несколько единиц, причем для нарушенной ЭГС различие более существенное, чем при сравнении с восстановленной ЭГС. Влажность нарушенной ЭГС из-за влияния нефти на поровое пространство занижена. Минерализация сравниваемых ЭГС, по отношению к природной завышена по показателям K_c . Резкие различия отмечены в полученных данных по зольности: K_c при сравнении природной и нарушенной ЭГС завышен, однако здесь это связано с влиянием нефти, о чем говорилось выше. Остальные параметры по значениям K_c несущественно отличаются от 0.

Критериями сравнения абиотических компонентов для трёх ЭГС служили различные показатели – коэффициент Жаккара K_s и K_c , представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная таблица показателей K_c и K_s биотических параметров биотопа ЭГС

№	Сравниваемые показатели:		Сравниваемые моно-ЭГС	
			Природная/Нарушенная ЭГС-2	Природная/Восстановленная ЭГС-3
	Параметр	Оцениваемый коэффициент	Значение	Значение
Микробиоценоз				
1	Биоразнообразие микроорганизмов	K_c	0,2	0,0
2	КОЕ микроорганизмов		0,3	0,1
3	ОЧМ микроорганизмов (по среднему)		1,0	-1,0
4	Биоразнообразие бактерий		0,2	0,0
5	ОЧМ бактерий (по среднему)		-0,5	-3,0
6	Биоразнообразие низших грибов		0,2	0,0
7	ОЧМ низших грибов (по среднему)		-0,5	-5,0
Фитоценоз				
9	Биоразнообразие мхов и лишайников	K_s	0,3	1,0
10	Их проективное покрытие	K_c	0,8	0,5
1	Биоразнообразие	K_s	0,5	0,8

1	трав			
1 2	Их проективное покрытие	K_c	0,3	-2,0
1 3	Биоразнообразие кустарников	K_s	0,4	0,8
1 4	Их проективное покрытие	K_c	1,0	0,8
1 5	Биоразнообразие деревьев	K_s	0,0	0,0
1 6	Их проективное покрытие	K_c	1,0	1,0
Зооценоз				
1 7	Биоразнообразие червей	K_s	0,0	1,0
1 8	Биоразнообразие насекомых и паукообразных	K_s	0,5	0,6
1 9	Биоразнообразие пресмыкающихся	K_s	0,3	1,0
2 0	Биоразнообразие земноводных	K_s	0,0	0,3
2 1	Биоразнообразие птиц	K_s	0,4	1,0
2 2	Биоразнообразие млекопитающих	K_s	0,0	0,5

Примечание: КОЕ – колоне-образующие единицы; ОЧМ – обща численность микроорганизмов.

Из таблицы 2, следует, что большое содержание нефти (у нарушенной ЭГС) отрицательно влияет только на микроорганизмы, что касается бактерий и низших грибов, то их численность даже несколько возрастает. Однако относительно небольшое содержание нефтепродуктов, за счет дополнительного источника органики, положительно влияет на весь микробоценоз, увеличивая популяции в разы.

Сравнительный анализ ЭГС-2 и ЭГС-3 для фито- и зооценозов показывает, что и при нефтяном загрязнении, и при рекультивации участков биоразнообразие в экосистемах уменьшается. Везде отмечаются пониженные значения K_s относительно природных ЭГС. Увеличивается только проективное покрытие трав в восстановленных ЭГС, что связано с особенностями рекультивационных работ. При этом важно заметить, что при оценке биоразнообразия коэффициент K_s не поднимается выше 0,5 (природные/нарушенные ЭГС), в то время как при сравнении природных и восстановленных ЭГС значения стремятся к 1, периодически достигая это значение. Данные таблицы 2 представлены в виде гистограмм накопительной статистики на рис 1 и 2.

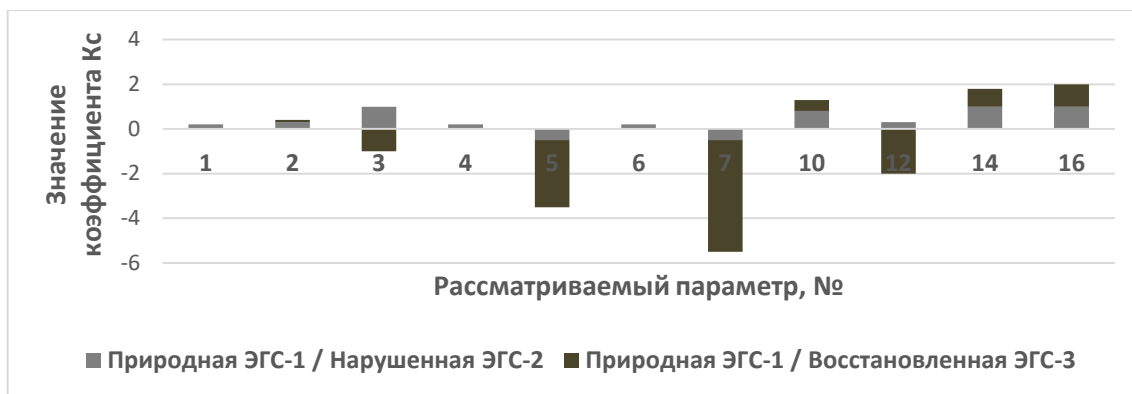


Рисунок 1 – Гистограмма с накоплением коэффициента K_c по параметрам биотической составляющей ЭГС

Из рис. 1 следует, что в отличие от абиотических параметров литотопа, биотические компоненты ЭГС наиболее различны для микробиоценоза, причем для восстановленной моно-ЭГС это выражается более существенно. Рис. 2 подтверждает сказанное выше о практически полном соответствии восстановленной ЭГС природной. Нарушенная моно-ЭГС для различных параметров может соответствовать природной моно-ЭГС не более, чем на 50%.

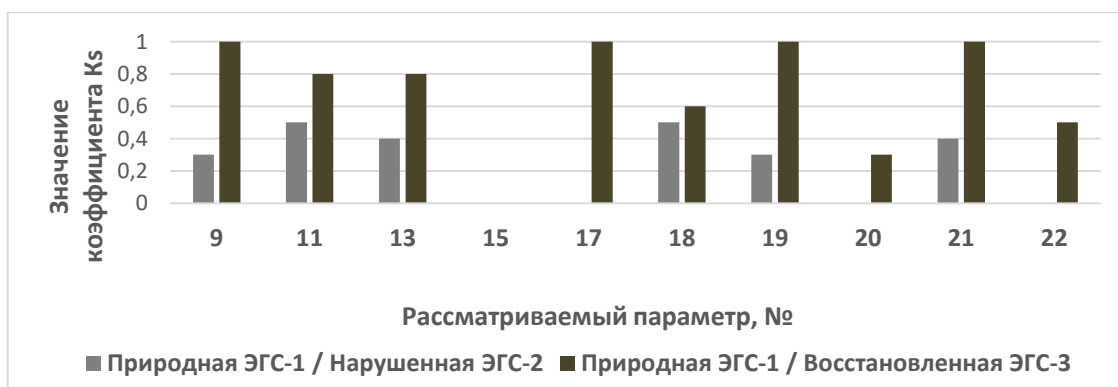


Рисунок 2 – Гистограмма с накоплением коэффициента K_c по параметрам биотической составляющей ЭГС

Таким образом, различие параметров абиотических компонентов сравниваемых моно-ЭГС трёх типов связано с количественным содержанием нефти, которое в первую очередь влияет на содержание хлора, рН, минерализацию грунтовых вод, зольность и влажность. Наличие нефти в небольших количествах положительно влияет на численность микробиоценоза. Сравнение биотических компонентов природных ЭГС с нарушенными и восстановленными показало, что биота в нарушенных ЭГС сильно угнетена, а в восстановленных соответствует естественной ЭГС примерно на 70%. Наибольшие различия параметров нарушенной ЭГС. Нарушенная моно-ЭГС соответствует природной не более чем на 50%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

2. Королев В.А. Применение метода аналогий при создании искусственных грунтов-аналогов. – Инженерная геология, 2020б. Том XV, № 3, с. 6–16, <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2020-15-3-6-16>.

COMPARATIVE ANALYSIS OF ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL SYSTEMS OF THE SAMOTLORSKOYE DEPOSIT (WESTERN SIBERIA)

3. Тимофеев И.В., Клепиков В.С., Добыча И.И., Григорьев И.И., Королев В.А. Особенности и проблемы на примере Самотлорского месторождения / Журнал «Геопрофиз», том 6. – М.: ИГиЛ РАН, 2015. – 20 с. – [e-mail: Vlad.Korolev1999@mail.ru](mailto:Vlad.Korolev1999@mail.ru), ikagrig@inbox.ru, va-korolev@bk.ru

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Department of Engineering and Environmental Geology, Moscow, Russia

Abstract. A frequent concomitant process of oil production and transportation is pollution of the natural environment and its subsequent degradation. Reclamation works are carried out to eliminate oil pollution. However, the regularities of the technogenic transformation of ecological and geological systems (EGS) operating in the oil fields, in our case – Samotlorskoye, remain poorly studied so far.

Key words: oil, pollution, degradation, reclamation of oil-polluted territories, ecological and geological systems, Samotlorskoye field.

УДК 911.52

ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯНАО

*М.А. Митрофанова, marfa-mta@mail.ru; И.И. Косинова, д.г.-м.н.
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия*

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются особенности ландшафтной структуры участков изысканий крупных нефтегазовых месторождений ЯНАО. Также рассматривается подход к зонированию территории по ландшафтным разностям.

Ключевые слова: месторождение, ландшафт, природно-территориальный комплекс, рельеф, растительный покров, почвенный комплекс.

Территория Ямало-Ненецкого автономного округа (далее – ЯНАО) на сегодняшний день является одним из основных регионов газо- и нефтедобычи в Российской Федерации. Для разработки проектов обустройства месторождений требуется проведение комплекса инженерных изысканий, в том числе инженерно-экологических. Нами проанализированы материалы инженерно-экологических изысканий по объектам обустройства таких крупных месторождений ЯНАО как: Уренгойское, Мало-Ямальское, Ямбургское, Песцовое, Ен-Яхинское. Наибольший интерес привлекают особенности ландшафтной структуры обследованных территорий, так как ландшафт отражает совокупность особенностей всех компонентов окружающей среды и взаимосвязей между ними. Трансформация одного из компонентов среды может приводить к изменению ландшафта в целом.

В качестве единицы ландшафтов в ходе проведения инженерно-экологических изысканий на рассматриваемых территориях был принят природно-территориальный комплекс (далее – ПТК). За основу выделения на местности ПТК принималась форма рельефа (таблица 1).

Таблица 1 – Основные формы рельефа, принятые за основу деления ПТК

на участках исследований Ен-Яхинского месторождения	на участках исследований Песцового и Уренгойского месторождений	на участках исследований Мало-Ямальского месторождения	на участках исследований Ямбургского месторождения
микробугристо-западинная поверхность междуречья	мелкокочковатая поверхность водораздельной равнины	мелкобугристая поверхность водораздельной равнины	микро-бугристая поверхность междуречья
микробугристая поверхность междуречья	мелкокочковатая поверхность бугров пучения	кочковатая, бугристая поверхность водораздельной равнины	микро-бугристая заболоченная поверхность междуречья
долинные комплексы крупных рек	мелкокочковатая поверхность котловин хасырея	ровные заозерные поверхности водораздельной равнины	долинный комплекс крупных рек, средних и мелких водотоков
различные антропогенно преобразованные формы	ровные поверхности пойм рек малого порядка	мелкобугристые поверхности склонов	антропогенно преобразованный комплекс долин крупных рек
	пологоволнистые поверхности пойм рек малого и крупного порядка	узкими V-образными логами; плоскими поверхностями пойм малых и средних рек, озер	микробугристая антропогенно измененная поверхность междуречья
	выровненные антропогенно преобразованные поверхности водораздельной равнины	антропогенно нарушенными участками водораздельных равнин	слабонаклонная антропогенно измененная поверхность междуречья

Следующим элементом ПТК выступают так называемые территориальные единицы растительного покрова, основными из которых для изыскиваемых площадей месторождений ЯНАО выступают: ерниковая кустарничково-лишайниковая тундра; ерниковая травяно-кустарничковая лишайниковая тундра; лиственничное с примесью березы ерниковое злаково-зеленомошное редколесье; ерниковая осоково-кустарничковая лишайниково-моховая тундра; ерниковая злаково-голубичная зеленомошная тундра; лиственничные лишайниковые редколесья; ерниковая багульниковая мохово-лишайниковая тундра; осоково-моховая кочковатая тундра; лиственничные и березово-лиственничные ерниково-лишайниковые редколесья; сфагновые и гипновые болота; лиственнично-березовые ерниковые осоково-пушицевые заболоченные и ерnikово-лишайниково-моховые редколесья; багульниковая зеленомошно-лишайниковая тундра с пушицево-осоковыми зеленомошными сообществами; пушицево-, осоково- и травяно-осоко-гипновые болота; ивняково-ерниковые заросли, луговые и болотные сообщества; осоково-разнотравные луга и пионерные разнотравно-злаковые группировки с ивняками и ольховниками, а также сообщества и фитоценотические группировки антропогенно преобразованных биотопов.

Еще одним важным компонентом ПТК являются почвенные комплексы, которые зачастую представлены торфяными почвами (торфяно-олиготрофные, торфяно-эутрофные),

альфегумусовыми почвами (подбуры, подбуры глеевые, торфяно-подбуры глеевые, подзолы, подзолы глеевые, торфяно-подзолы глеевые), глеевыми почвами (глееземы, торфяно-глееземы), реже стратоземами, аллювиальными почвами, слаборазвитыми почвами.

Самостоятельный тип тундровых почв впервые выделили В.В. Докучаев и Н.М. Сибирцев. Почвы и почвенный покров тундр изучали многие исследователи (Ю.А. Ливеровский, Е.Н. Иванова, О.А. Полынцева, Н.А. Караваяева, В.О. Таргульян, И.В. Игнатенко, Л.Г. Еловская, В.Д. Васильевская и др.). Зональным типом почв тундровой зоны, формирующихся на суглинистых и глинистых породах, являются тундровые глеевые почвы, или тундровые глееземы. Установление существования особого тундрово-глеевого почвообразования в Субарктике принадлежит Ю.А. Ливеровскому. Почвообразование в тундре на легких породах происходит иначе. На каменистых и хрящеватых песчано-супесчаных породах вследствие их высокой водопроницаемости и низкой водоудерживающей способности, а также частого отсутствия мерзлотного водоупора избыток атмосферной влаги быстро просачивается сквозь рыхлую, охваченную почвообразованием толщу и сбрасывается в грунтовые и речные воды. Почвенный профиль развивается преимущественно в окислительной обстановке при интенсивном промывании и нисходящем передвижении веществ. Характерной особенностью почв, в отличие от тундровых глеевых, является отсутствие глеевых горизонтов и признаков оглеения в профиле и преобладание красноватых, коричневых и бурых тонов в окраске минеральной толщи благодаря обилию окисленных форм железа.

Вышеуказанные особенности выделенных ландшафтных разностей во многом определены приуроченностью территории к области распространения многолетней мерзлоты. С многолетней мерзлотой и низкими температурами связан комплекс криогенных явлений, оказывающих влияние на почвообразование и структуру почвенного покрова тундры. Проявление криогенных процессов также отражается на формировании своеобразных форм тундрового мезо- и микрорельефа (полигонального, бугристого, структурных форм).

В ходе проведения изысканий на участках размещения объектов проектирования фиксировались различные криогенные процессы: морозобойное растрескивание, морозная сортировка рыхлого материала, пучение, криогенное выветривание, термокарст. Наличие криолитозоны также определяет слабую способность среды к самоочищению, что способствует практически постоянному сохранению химических веществ и вовлечению их в биологический круговорот (Алексеев, 1990).

Сложившиеся на рассматриваемой территории условия определили еще важную особенность рассматриваемых ландшафтов – формирование геохимических барьеров, наличие которых влияет на химический состав компонентов природной среды. Так, например, поверхностные воды рассматриваемого региона характеризуются высоким содержанием марганца и железа, которые аккумулируются на окислительных геохимических барьерах в виде гидроксидов.

В качестве основного вывода по результатам проведенных исследований следует отметить следующее:

- особенностью тундровых ландшафтов является их высокая чувствительность к негативным воздействиям и слабая способность к самовосстановлению при реализации хозяйственной деятельности;
- при освоении данных территорий необходимо применять комплексный подход к исследованиям с выделением ландшафтной структуры, оценки устойчивости ее элементов к техногенному воздействию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова В.Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. СПб., 1977. 190 с.

2. Беручашвили Н.Л., Жучкова В.К. Методы комплексных физико-географических исследований. М.: Изд-во МГУ, 1997. 320 с
3. Валеева Э.И., Московченко Д.В. Зональные особенности растительного покрова Тазовского полуострова и его техногенная трансформация // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2009. №9. С. 174-190.
4. Васильев С.В. Лесные и болотные ландшафты Западной Сибири. Томск, 2007. 276 с.
5. Васильевская В.Д. Почвообразование в тундрах Средней Сибири. – М., 1980.
6. Васильевская В.Д., Иванов В.В., Богатырев Л.Г. Почвы севера Западной Сибири. – М., изд-во Московского университета, 1986.
7. Видина А.А. Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтными исследованиям. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962. 120 с.
8. Водяницкий Ю.Н. Природные и техногенные соединения тяжелых металлов в почвах // Почвоведение. 2014. № 4. С. 1–13
9. Гвоздецкий Н.А. Физико-географическое районирование СССР. М.: МГУ, 1968. 576 с.
10. Геоморфологическое районирование СССР и прилегающих морей / С. С. Воскресенский, О. К. Леонтьев, А. И. Спиридонов. — М.: Высш. шк., 1980. — 239 с.
11. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М., 2007. 350 с.
12. Григорьев А.А. Типы тундрового микрорельефа субарктической Евразии. Их географическое распространение и генезис.- Землеведение, 1925, т.27, вып.1-2.
13. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. - М.: Изд-во Московского университета, Изд-во «КолосС», 2004.

LANDSCAPE FEATURES OF THE TERRITORIES OF OIL AND GAS CONDENSATE FIELDS IN THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS OKRUG

*M.Mitrofanova, marfa-mma@mail.ru; I.Kosinova, d.g-m.s.
Voronezh State University, Voronezh, Russia*

Abstract. This article examines the features of the landscape structure of the exploration areas of large oil and gas fields in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. An approach to the zoning of the territory by landscape differences is also considered.

Keywords: deposit, landscape, natural-territorial complex, relief, vegetation cover, soil complex.

УДК 537.362:574.24:631.453:631.413:66.0

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

*Д.С. Нестеров, В.А. Королёв, dsnesterovmsu@gmail.com
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, Москва, Российская Федерация*

Аннотация. В статье представлен обзор современного состояния научных работ в области применения электрохимических технологий для очистки объектов окружающей среды от загрязнений. Приводятся результаты исследований авторов и других научных коллектив по электрохимической очистке грунтов от тяжёлых металлов, нитратов, органических загрязнителей и радионуклидов. Также рассмотрены некоторые технологии очистки сточных вод от загрязнений и данные о влиянии электрохимической очистки на живые организмы.

Ключевые слова: электрохимическая очистка; тяжелые металлы; нитраты; органические загрязнители; нефть; радионуклиды; электрокинетический барьер.

Загрязнение окружающей среды является глобальной проблемой, стоящей перед человечеством, для решения которой необходимо разрабатывать эффективные и практически реализуемые технологии очистки различных природных объектов (грунтов, подземных вод и т.д.). Это возможно только путем кооперации ученых из различных областей знаний. При этом одним из самых сложных объектов для очистки являются слабопроницаемые глинистые грунты. Перспективными методами для их очистки и восстановления, разрабатываемыми сейчас во всем мире (США, Канада, Франция, Китай, Мексика, Республика Корея, Нидерланды и др.), являются электрохимические технологии, основанные на использовании поля постоянного электрического тока, прикладываемого к массиву загрязненного грунта [1].

При приложении электрического поля к водонасыщенному массиву грунта в нём возникает комплекс процессов массопереноса: электроосмос, электрохимическая миграция, электрофорез и т.д. [1]. Целенаправленное использование данных явлений позволяет удалить из грунта токсиканты вместе с электроосмотическим фильтратом или концентрировать их у одного из электродов [16]. Указанные методы позволяют очищать грунты от различных загрязнителей: тяжелых металлов, неорганических анионов, органических соединений (углеводородов, бифенилов и др.), радионуклидов, комплексных токсикантов [1].

В рамках настоящей статьи рассматриваются следующие области применения электрохимических технологий для очистки объектов окружающей среды: 1) очистка грунтов от тяжёлых металлов; 2) удаление из грунтов неорганических анионов; 3) очистка грунтов от органических загрязнителей (включая фенол, хлорорганические соединения, нефть и т.д.) 4) очистка грунтов от радионуклидов; 5) применение электрокинетических барьеров для локализации загрязнений и очищения грунтовых массивов; 6) очистка подземных и сточных вод; 7) влияние электрохимических процессов на эколого-геологические системы.

Электрохимическая **очистка грунтов от тяжёлых металлов** является традиционно популярным направлением исследований [1]. Авторским научным коллективом выполнялись исследования по удалению ряда тяжёлых металлов (Pb, Cu, Zn, Cd) из модельных глин и суглинков электрокинетическим методом, средняя эффективность очистки составила порядка 80-90% [13]. Подавляющее большинство исследований в этой области в настоящее время посвящено подбору оптимальных условий (материала электродов, прикладываемой разности потенциалов, выщелачивающего раствора и т.д.) для удаления специфического загрязнителя из конкретного грунта и разработке на этой основе промышленных технологий электрохимической очистки. Например, в работе китайского коллектива учёных представлены результаты исследования по электрокинетическому удалению нескольких тяжелых металлов (Cr, Ni, Cu) с использованием комплексообразующего агента – этилендиамина тетрауксусной кислоты (EDTA) – и катионселективных мембран [18]. Ими были проведены три сравнительных эксперимента: электрокинетическая очистка без улучшающего раствора, с использованием только EDTA и с применением EDTA и катионообменных мембран. Было установлено, что степень удаления Cu и Zn в третьем эксперименте повысилась до 30-35%, то есть в 5-10 раз по сравнению с двумя первыми экспериментами. Однако при этом значительного увеличения степени удаления хрома (преимущественно в форме Cr^{3+}) авторами доклада отмечено не было.

В работах под руководством профессора В.А. Королёва было изучено влияние таких факторов, как исходная концентрация, начальная влажность, pH порового раствора, схема электрокинетической очистки на удаление *нитратов* из каолиновой глины [1]. Установлено, что большей степени очистки грунта от NO_3^- способствует меньшая его исходная концентрация, более высокая влажность грунта, а также использование проточной схемы очистки и щёлочи в качестве активизирующего агента. Кроме того, рядом исследований было показано, что периодическая смена полярности электродов вызывает

электрохимическое восстановление NO_3^- до N_2 в виде газа на катоде в условиях сохраняющейся кислой среды [4].

Экспериментальное исследование, проведённое группой В.А. Королёва продемонстрировало высокую эффективность (до 90-99%) электрокинетического метода в очистке грунта от *фенола* [1]. При этом более высокая степень очистки наблюдалась в грунтах с более высокой физико-химической активностью и дисперсностью. Наиболее передовым направлением в очистке грунтов от фенола является разрушение токсиканта в массиве. Так, недавняя работа корейских учёных посвящена электрохимической генерации радикалов $\bullet\text{OH}$ (на аноде) в массиве грунта с помощью графитовых электродов для разрушения фенола в потоке подземных вод [12]. Эта технология призвана заменить стандартную реакцию образования $\bullet\text{OH}$ при взаимодействии вводимых в грунт растворов пероксида водорода H_2O_2 и персульфата калия $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, которые могут расходоваться, не достигая загрязнителя, и наносить ущерб подземным экосистемам.

Также нашим коллективом интенсивно изучалась очистка глинистых грунтов от *нефтяных загрязнений*. Исследования показали, что преобладающим механизмом миграции нефти в водонасыщенных грунтах при приложении электрического поля является электроосмотический перенос за счёт вязкого трения движущейся воды [1]. Кроме того, была выявлена зависимость эффективности очистки грунта от ряда факторов: химико-минерального состава грунта, дисперсности, параметров его физических и физико-химических свойств, исходного соотношения «вода-нефть» в грунте, состава нефти и возраста нефтяного загрязнения. Высокой степени очистки грунта от нефти (до 80-90%) позволяет достичь использование в качестве промывающего раствора щёлочи, например 0,1-0,25 н NaOH [2, 10].

Важным направлением исследований является электрохимическая очистка грунтов от *хлорорганических соединений*. Так, нидерландскими исследователями был разработан ряд промышленных технологий для очистки городских территорий от хлорорганики: электрохимическое выщелачивание с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ), сочетание электрохимического метода с вакуумированием для удаления лёгких фракций загрязнения, биоэлектроочистка [1, 11]. Финским научным коллективом было показано, что наиболее эффективным выщелачивающим агентом для удаления гексахлорбензола из грунта являются циклодекстрины [15].

Существенное внимание уделяется разработке эффективных технологий электрохимической очистки грунтов от *радионуклидов*. В работах, выполненных под руководством В.А. Королёва исследовалась электрохимическая миграция изотопов ^{88}Sr и ^{133}Cs в песках и суглинках. Максимальная степень очистки грунтов составила порядка 20% для ^{88}Sr и 15% для ^{133}Cs , при этом достигнутая степень перераспределения изотопов в направлении от анода к катоду составила до 70% и 60%, соответственно [9].

Значительный интерес представляет разработка технологий для предотвращения распространения загрязнителей с потоком подземных вод в грунте, основанных на применении электрокинетических явлений, – *электрокинетических барьеров* (ЭКБ). Одна из последних работ авторов содержит обзор существующих разновидностей ЭКБ (традиционные, биобарьеры и реакционные), а также несколько новых идей по усовершенствованию данной технологии [14].

Отдельной проблемой является очистка техногенных донных осадков, хвостов и шламов от комплексных загрязнителей (тяжелые металлы, полиароматические углеводороды и др.), ввиду их высокой водонасыщенности и слабой степени консолидации. Этой теме посвящено недавнее исследование французского коллектива, в котором была затронута проблема перехода от мелкомасштабных экспериментов к крупномасштабным полевым испытаниям через создание среднemasштабных полупроизводственных установок, позволяющих «подстроить» параметры системы очистки для промышленного полевого применения [5]. В ходе данных опытов среднего масштаба значительная степень удаления Sr, а также полиароматических углеводородов и полициклических бифенилов была

достигнута при использовании слабых выщелачивающих агентов (уксусной кислоты и ПАВ Tween 80) и малой интенсивности электрического тока, что превосходит результаты некоторых полевых проектов, в которых использовались сильные кислоты и высокая сила тока.

Другим крупным востребованным направлением исследований является применение электрохимических методов для *очистки подземных и сточных вод*. Одной из наиболее развиваемых технологий в данной области является *электрохимическая реакция Фентона* (electro-Fenton process). Как известно, обычная реакция Фентона основана на взаимодействии ионов железа Fe^{2+} с раствором H_2O_2 , при котором образуются радикалы $\bullet OH$, используемые для разрушения органических загрязнителей [1]. В электрохимически улучшенной версии данной реакции образование H_2O_2 происходит на аноде, а ионы Fe^{3+} после реакции осаждаются на катоде. Это позволяет снизить попадание вредных реагентов в окружающую среду и уменьшить потенциальный экологический ущерб. В настоящее время разрабатывается также и фотоэлектрохимическая модификация реакции Фентона, в которой образование H_2O_2 происходит на аноде при облучении видимым светом, выступающим в роли катализатора [7].

Другой активно разрабатываемой технологией очистки сточных вод от загрязнений является создание *электробиореакторов* – очистных устройств, в которых комбинируются электрохимические методы и воздействие различных микроорганизмов. Так, в работе канадских исследователей представлены результаты применения электробиореакторов, в которых электрохимическая реакция Фентона соединена с действием аммоний-редуцирующих бактерий для удаления суммарного азота (N) по Кьельдалю (все органические соединения $N + NH_4^+$ -содержащие неорганические вещества) из промышленных сточных вод [8]. Электробиореакторы были применены авторами исследования в трех масштабах: мелком (0,5 л), среднем (2,2 л) и крупном (5,8 л), при этом в первых двух случаях применялся однокамерный реактор, а в последнем – многокамерный. Достигнутая степень удаления азотных соединений из сточных вод составила более 99%.

Новейшей областью исследований в сфере применения электрохимических технологий к грунтам, появившейся и развивающейся в течение последних пяти лет, является установление их *влияния на живые организмы*, плодородие почв и эколого-геологические системы в целом. В данной области можно выделить два основных направления: *электрофарминг*, т.е. повышение плодородия почв путем переноса питательных веществ к корневой системе растений, и исследование влияния процесса и *последствий электрохимической обработки* почв на живые организмы.

Например, работа коллектива из Мексики посвящена элетростимулированию трех видов растений, характеризующихся различными типами фотосинтеза: C3, C4 (приспособлен к пониженному содержанию CO_2) и САМ (устойчив к высоким температурам), соответственно [6]. Исследование показало, что растения с разными типами метаболизма и фотосинтеза реагируют на электростимуляцию одинаково: перенос питательных веществ к семенам способствовал увеличению их всхожести в одинаковой степени для всех трех видов растений.

В настоящее время также активно изучается влияние электрохимической обработки почв на различные группы биоты: бактерии, грибы, членистоногих. Так, те же мексиканские исследователи установили, что в случае электрохимической обработки сильнозасоленной почвы в районе бывшего озера Тешкоко видовое разнообразие членистоногих уменьшилось, а при рассолении менее засоленного почвенного горизонта – увеличилось, что может способствовать возвращению плодородия почве [17]. В другой их работе были представлены результаты исследования изменения активности микрогрибов при электрофарминге огурца обыкновенного (*Cucumis sativus*) [3]. При этом шесть $IrO_2-Ta_2O_5|Ti$ анодов располагались по кругу относительно центрального Ti катода. Авторами было установлено, что биологическая активность грибов значительно увеличилась у анода по сравнению с прикатодной и центральной зонами почвы, а также относительно контрольных образцов. Кроме того,

наблюдался электрофоретический перенос грибных клеток в анодную зону. В целом увеличение активности грибов способствовало росту растений у анода.

В качестве заключения можно выделить основные тенденции развития мировых исследований в сфере электрохимических технологий для очистки и восстановления окружающей среды:

- 1) комплексное исследование процессов, индуцируемых в грунте приложением к нему электрического поля и внесением различных химических реагентов;
- 2) расширение существующих и появление новых областей применения электрохимических технологий для решения проблем повышения качества окружающей среды;
- 3) переход от лабораторного уровня исследований к полевым работам по очистке грунтов и полномасштабным промышленным технологиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Королёв В.А.* Теория электроповерхностных явлений в грунтах и их применение. – М.: ООО «Сам полиграфист», 2015. – 468 с.
2. Alba G.I., Cuevas M.C., Bustos E. Comparing the electroremediation of Gleysol soil contaminated with hydrocarbons with Triton X-114 washing and bioremediation with solid cultures employing agroindustrial residues // *International Journal of Electrochemical Science*. – 2013. – No. 8. – Pp. 4735-4746.
3. Ángeles J., García J.A., Bacame F.J., Reyes Y., Manríquez Rocha J., Bustos E. Evaluation of the presence of fungal before and after of electrofarming of Cucumis sativus using modified electrodes. // *The 17th International Symposium on Electrochemical Remediation EREM-2019, Book of Abstracts*. / San Miguel de Allende, Mexico, September 22-26, 2019. – Querétaro, Mexico, 2019. – P. 27.
4. Baek K., Yang J.-S. Electrokinetic Removal of Nitrate and Fluoride // *Electrochemical Remediation Technologies for Polluted Soils, Sediments and Groundwater* / Edited by K.R. Reddy and C. Cameselle. – John Wiley & Sons., Inc., USA, 2009. – pp. 141-148.
5. Benamar A., Song Y., Tian Y., Ammami M.T., Portet-Koltalo F. Upscaling of electrokinetic process for dredged sediments remediation // *The 17th International Symposium on Electrochemical Remediation EREM-2019, Book of Abstracts*. / San Miguel de Allende, Mexico, September 22-26, 2019. – Querétaro, Mexico, 2019. – P. 10.
6. Bustos E., Acosta-Santoyo G., Solís S. Electrostimulation in the growth of different vegetal species with C3, C4 and CAM methabolism in vertisol pelic soil. // *The 17th International Symposium on Electrochemical Remediation EREM-2019, Book of Abstracts*. / San Miguel de Allende, Mexico, September 22-26, 2019. – Querétaro, Mexico, 2019. – P. 24.
7. Godínez Mora-Tovar L.A. Electro- and photo-electro-chemical approaches for the generation of the Fenton reagent. Studies aimed to develop competitive advanced oxidation processes for water treatment // *The 17th International Symposium on Electrochemical Remediation EREM-2019, Book of Abstracts, Keynotes*. / San Miguel de Allende, Mexico, September 22-26, 2019. – Querétaro, Mexico, 2019. – Pp. 5-6.
8. Jahromi A.F., Elektorowicz M. Novel electro-Fenton based system for total Kjeldahl nitrogen removal: scale-up approach // *The 17th International Symposium on Electrochemical Remediation EREM-2019, Book of Abstracts*. / San Miguel de Allende, Mexico, September 22-26, 2019. – Querétaro, Mexico, 2019. – P. 1.
9. *Korolev V.A.* Electrokinetic Removal of Radionuclides // *Electrochemical Remediation Technologies for Polluted Soils, Sediments and Groundwater* / Edited by K.R. Reddy and C. Cameselle. – John Wiley & Sons., Inc., USA, 2009. – pp. 127-139.
10. *Korolev V.A., Romanyukha O.V.* Remediation of oil-polluted soils by the electrochemical lixiviation // *Book of Abstracts of 6th Symposium on Electrokinetic Remediation*

(EREM 2007), Vigo (Spain), June 12-15, 2007. / Edited by C.Cameselle et al. – Vigo, Spain, 2007. – Pp. 119-120.

11. Lageman R., Pool W. Electro-reclamation, a versatile soil remediation solution // *Engineering Geology*. – 2005. – Vol. 77. – Pp. 191-201.

12. Min S.-J., Kim J.-G., Baek K. Electrochemical generation of oxidants using carbon fiber anode. // *The 17th International Symposium on Electrochemical Remediation EREM-2019, Book of Abstracts*. / San Miguel de Allende, Mexico, September 22-26, 2019. – Querétaro, Mexico, 2019. – P. 12.

13. Nekrasova M.A., Korolev V.A. Electrochemical cleaning of polluted soils // *Proceedings of the International Symposium “Engineering Geology and the Environment”* / Athens, Greece, June 23-27, 1997. – A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, Athens, Greece, 1997. – Pp. 2047-2052.

14. Nesterov D.S., Korolev V.A. Technologies to create electrokinetic protective barriers // *Electrokinetic Remediation for Environmental Security and Sustainability* / Ed. by A.B. Ribeiro & M.N.V. Prasad. – John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England. – 2021. – Pp. 363-412.

15. Oonnittan A., Shrestha R.A., Sillanpaa M. Remediation of hexachlorobenzene in soil by enhanced electrokinetic Fenton process // *Journal of Environmental Science and Health, Part A. Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*. – 2008. – Vol. 43, no. 8. – Pp. 894-900.

16. Pamukcu S. Electrochemical Transport and Transformations // *Electrochemical Remediation Technologies for Polluted Soils, Sediments and Groundwater* / Edited by K.R. Reddy and C. Cameselle. – John Wiley & Sons, Inc., USA, 2009. – Pp. 29-64.

17. Pérez-Velázquez D., Castaño-Meneses G., Callejas-Chavero A., Bustos E. Effect of electrochemical remediation on arthropod community in a salinity gradient in the former Texcoco Lake, Mexico. // *The 17th International Symposium on Electrochemical Remediation EREM-2019, Book of Abstracts*. / San Miguel de Allende, Mexico, September 22-26, 2019. – Querétaro, Mexico, 2019. – P. 9.

18. Song Y., Cang L., Zuo Y., Yang J., Zhou D., Duan T., Wang R. EDTA-enhanced electrokinetic remediation of aged electroplating contaminated soil assisted by combining dual cation-exchange membranes and circulation methods // *Chemosphere*. – 2020. – Vol. 243. – Pp. 1-12.

USE OF ELECTROCHEMICAL TECHNOLOGIES FOR THE RESOLUTION OF ECOLOGIC-GEOLOGICAL PROBLEMS

D.S. Nesterov, V.A. Korolev, dsnesterovmsu@gmail.com

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Moscow, Russian Federation

Abstract. A review of the state-of-the-art in the research field of implementation of electrochemical technologies for the environmental remediation from pollution is provided in the paper. The results of the authors and other scientific groups on electrochemical remediation of soils from heavy metals, nitrates, organic contaminants, and radionuclides are given. Also, some wastewater treatment technologies and scientific data on the influence of electrochemical soil remediation on living organisms are discussed in the paper.

Key words: electrochemical remediation; heavy metals; nitrates; organic contaminants; oil; radionuclides; electrokinetic barrier.

ОСОБЕННОСТИ И НЕДОСТАТКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА

М.С. Подольская, студент, podolskaya_m99@bk.ru

Г.А. Сигора, канд. биол. наук, доц., sigora1@yandex.ru

Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия

Аннотация. в статье рассмотрена актуальность проведения специальной оценки условий труда. Ее особенности и недостатки, а также целесообразность использования данной оценки.

Ключевые слова: охрана труда, специальная оценка условий труда, безопасность жизнедеятельности, вредные факторы.

В настоящее время охрана труда приобретает очень важное значение на производстве и предприятиях в целом. От соблюдения ее норм и правил зависит здоровье и жизнь работников. Обеспечение безопасных условий и охраны труда - основная задача работодателя, которая закреплена трудовым кодексом РФ.

Согласно Федеральному закону № 426-ФЗ от 28.12.2013 г. «О специальной оценке условий труда» все индивидуальные предприниматели и юридические лица обязаны проводить специальную оценку условий труда на рабочих местах [1].

Основные цели СОУТ:

- выявление и идентификация вредных и опасных факторов на рабочем;
- установление выплат и компенсаций для работников с вредными условиями труда.

Результаты проведения специальной оценки условий труда применяются для:

- разработки и реализации мероприятий, направленных на улучшение условий труда работников;
- информирования работников об условиях труда на рабочих местах, о существующем риске повреждения их здоровья, о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов и о полагающихся работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, гарантиях и компенсациях;
- обеспечения работников средствами индивидуальной защиты, а также оснащения рабочих мест средствами коллективной защиты;
- осуществления контроля за состоянием условий труда на рабочих местах;
- организации обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников; установления работникам гарантий и компенсаций;
- установления дополнительного тарифа страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации с учетом класса (подкласса) условий труда на рабочем месте;
- расчета скидок (надбавок) к страховому тарифу на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- обоснования финансирования мероприятий по улучшению условий и охраны труда, в том числе за счет средств на осуществление обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- подготовки статистической отчетности об условиях труда;
- решения вопроса о связи возникших у работников заболеваний с воздействием на работников на их рабочих местах вредных и (или) опасных производственных факторов, а также расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- рассмотрения и урегулирования разногласий, связанных с обеспечением безопасных условий труда, между работниками и работодателем и (или) их представителями;
- определения видов санитарно-бытового обслуживания и медицинского обеспечения работников, их объема и условий их предоставления;
- принятия решения об установлении предусмотренных трудовым законодательством ограничений для отдельных категорий работников;

- оценки уровней профессиональных рисков; иных целей, предусмотренных федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

По результатам проведения специальной оценки условий труда устанавливаются классы (подклассы) условий труда на рабочих местах [2].

Однако, хочется выделить конкретные пробелы данной системы оценки:

1. Оценка условий труда заключается в измерениях вредных факторов, которые воздействуют на работника в ходе трудовой деятельности. Зачастую, организации по проведению СОУТ не проводят качественные измерения показателей и не смогут провести по следующим причинам. Во-первых, факторы, воздействующие на работника, не имеют конкретного времени воздействия. Вредный фактор может воздействовать на работника 99 % рабочего времени, а может воздействовать 1 % рабочего времени. Достоверно определить время воздействия невозможно, поскольку это непостоянная величина. Федеральный закон гласит, что необходимо определять время воздействия вредного фактора методом опроса работников и руководителей и с помощью составления фотографии рабочего дня. При использовании метода возникает очень высокая погрешность, следовательно, низкая достоверность полученных результатов. Описание трудового процесса работниками одной профессии, которые работают в одном цеху, может отличаться.

2. Во-вторых, вредными факторами управляет сам работник, а не трудооценочная лаборатория. Уровень воздействия вредного фактора тоже невозможно определить достоверно, поскольку, как и время воздействия, это непостоянная величина и зависит полностью от того, кто этим фактором управляет. Например, как измерить шум от какого-либо оборудования, если этим оборудованием управляет оператор и самостоятельно регулирует уровень шума?

3. В-третьих, зачастую, невозможно определить место проведения измерений, поскольку работник не стоит на месте. При выявлении нескольких рабочих зон, невозможно достоверно определить процент нахождения в каждой рабочей зоне

4. В-четвертых, вопреки положениям ФЗ-426, ФЗ-412 трудооценочные организации и лаборатории не являются независимыми. Их деятельность, зависит от заказчика услуги, который платит деньги. Как правило, чем меньше стоимость за оценку рабочего места, тем меньше процент достоверности измерений, проведенных организацией. Работодателей часто не волнует качество, их волнует цена, а также возможность договориться с организацией об установке для рабочего места того или иного класса труда. В последствии работнику, работающему на рабочем месте с вредными или опасными условиями неправильно назначается класс условий труда, лишая работника льгот и компенсаций.

5. Еще одним недостатком, является оформление декларации для офисных работников без вредных условий. На охрану труда выделяются большие средства и часто даже этого не достаточно для улучшения условий труда. Трата денег на оформление декларации организацией, которую могло бы сделать предприятие самостоятельно, является абсолютно нецелесообразным вложением средств. При этом стоимость оформления декларации офисного работника равна стоимости оценки и оформления карты рабочего места работника с вредными условиями.

На данный момент, целесообразно вернуть списки вредных профессий как в СССР, при таких условиях работники в обязательном порядке получали свои льготы и компенсации, а работодатели не тратили миллионный бюджет на проведение оценки рабочего места.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 г. «О специальной оценке условий труда».
2. Графкина, М. В. Охрана труда и производственная безопасность. Учебник. – М. : Проспект, 2012. – 197.

FEATURES AND DISADVANTAGES OF SPECIAL ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS

*M.S. Podolskaya, student, podolskaya_m99@bk.ru
G.A. Sigora, Cand. biol. Sciences, Assoc., sigora1@yandex.ru
Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation*

Abstract. the article discusses the relevance of a special assessment of working conditions. Its features and disadvantages, as well as the feasibility of using this assessment.

Key words: labor protection, special assessment of working conditions, life safety, harmful factors.

УДК 621.039.55

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ ДОЛИ ЗАПАЗДЫВАЮЩИХ НЕЙТРОНОВ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА РАЗМНОЖЕНИЯ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ В ТЕПЛОВЫХ РЕАКТОРАХ

*П.А. Пономаренко¹, А.Ю. Потанчук¹, С.С. Безотосный², М.А. Фролова¹,
Е.В. Буркова¹, Г.А. Сигора¹
sasha.shipecheva@gmail.com, 79787391497@ya.ru²*

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Российская Федерация

²ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт эксплуатации атомных электростанций» (ОАО"ВНИИАЭС"), г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается физическая доля запаздывающих нейтронов в активной зоне реактора на тепловых нейтронах, тепловыделяющие элементы которого содержат только урановое топливо, при первом физическом пуске.

Первый физический пуск реактора – одна из самых ответственных и потенциально опасных процедур в эксплуатации любого реактора – сопровождается многочисленными измерениями и испытаниями, с целью определения и уточнения всех необходимых физических параметров, которые были получены расчетным путем на стадии проектирования.

В процессе первого физического пуска обычно определяют наиболее важные нейтронно-физические характеристики реактора: коэффициент реактивности в долях эффективной доли запаздывающих нейтронов, состояние критичности, эффективную долю запаздывающих нейтронов, запас реактивности и др.

В связи с этим, целью данной статьи является теоретическая оценка физической доли запаздывающих нейтронов в активной зоне реактора на тепловых нейтронах, работающего на урановом ядерном топливе, до начала физического пуска. В частности, ставится задача определения зависимости $\bar{\beta}_{AZ}^{физ}$ от коэффициента размножения на быстрых нейтронах ϵ , что позволит при выходе на мощность более точно скорректировать все физические параметры.

Ключевые слова: ядерный реактор, первый физический пуск, нейтрон, ядро, потенциальная энергия, доля запаздывающих нейтронов, ядерное топливо, физическая доля запаздывающих нейтронов.

Введение

В настоящее время атомная энергетика развивается высокими темпами и играет революционную роль в научно техническом прогрессе. Ядерная энергетика стала крупной отраслью хозяйственной деятельности человека, без которой невозможно представить дальнейшее развитие. Интенсивное развитие атомной энергетике невозможно без

соблюдения правил безопасной эксплуатации ядерных установок [6,7,11], в которых строго указано допустимое высвобождение реактивности, являющееся функцией $\beta_{эф}$.

Так как величина эффективной доли запаздывающих нейтронов ($\beta_{эф} = \beta_{физ} \cdot \gamma$) [8,11] играет роль единицы условия достижения ядерной опасности реактора (состояния мгновенной критичности) или обеспечения его ядерной безопасности, поэтому данная статья посвящена анализу зависимости физической доли запаздывающих нейтронов в активной зоне реактора с низкообогащенным топливом на тепловых нейтронах при первом физическом пуске, как составляющей величины эффективной доли запаздывающих нейтронов $\beta_{эф}$.

Исследования в данной области

Чтобы обеспечить ядерную безопасность при первом физическом пуске ядерного реактора, необходимо знать физическую долю запаздывающих нейтронов в активной зоне, возникающих при делении $^{235}_{92}\text{U}$ и $^{238}_{92}\text{U}$. Именно $^{235}_{92}\text{U}$ и $^{238}_{92}\text{U}$ являются источниками мгновенных и запаздывающих нейтронов, а доля запаздывающих нейтронов оказывает влияние на ядерную безопасность ядерного реактора.

Деление атомного ядра составляет один из видов ядерных реакций. Данный процесс заключается в том, что тяжелое ядро в результате воздействия нейтронов, делится на несколько осколков исходного ядра, которые представляют собой ядра других более легких элементов. Испускаемые при делении ядер вторичные нейтроны могут вызвать новые акты деления, т.е. создать цепную реакцию деления.

При делении ядро-осколок имеет избыток нейтронов и оказывается сильно деформированным по сравнению со стационарной формой. Данная деформация, за счет образовавшейся потенциальной энергии, позволяет ядру «выделить» один или несколько избыточных нейтронов за время расщепления ядра ($\sim 10^{-14}$ с) – это мгновенные нейтроны. После выделения мгновенных нейтронов происходит испускание запаздывающих нейтронов (задерживание их происходит за время (до 80 с) с образованием стабильного ядра. Запаздывающие нейтроны характеризуются долей запаздывающих нейтронов и обозначается буквой β . При делении $^{235}_{92}\text{U}$ тепловыми нейтронами в критическом состоянии доля запаздывающих нейтронов составляет $\beta = 0,0064$ [11]. Данный параметр играет большое значение, так как благодаря большому времени запаздывания с момента деления такие нейтроны существенно увеличивают среднее время жизни одного поколения нейтронов в реакторе и тем самым создают возможность управления самоподдерживающейся цепной реакцией деления. Суммарная физическая доля запаздывающих нейтронов при делении тепловыми нейтронами $^{239}_{94}\text{Pu}$ составляет $\beta = 0,0021$, а $^{233}_{92}\text{U}$ соответственно $\beta = 0,00264$. Следовательно, доля мгновенных нейтронов будет описываться выражением $(1 - \beta)$.

Известно, что ядерное топливо энергетических реакторов на тепловых нейтронах состоит из $^{235}_{92}\text{U}$ и $^{238}_{92}\text{U}$, причем по решению Международного агентства по атомной энергии обогащение топлива по $^{235}_{92}\text{U}$ не должно превышать двадцати процентов. $^{238}_{92}\text{U}$ делится нейтронами с энергией $E_n^{гп} > 1,1$ МэВ, то есть быстрыми, а $^{235}_{92}\text{U}$ – нейтронами всех энергий реакторного спектра (0,005 эВ – 18 МэВ) [7]. Доля принудительно разделившихся ядер $^{238}_{92}\text{U}$ быстрыми нейтронами учитывается коэффициентом размножения на быстрых нейтронах ϵ , который у ядерного теплового реактора – ($1 < \epsilon < 1,1$). Большая доля нейтронов деления из ядер $^{238}_{92}\text{U}$ появляется в течении 10^{-14} с, при этом $\beta_{U-8}^{физ}$ составляет 0,0155 (1,55 %) [12].

Следовательно, активная зона реактора на тепловых нейтронах, работающего на обогащенном ядерном топливе, будет характеризоваться средней физической долей запаздывающих нейтронов, от деления $^{235}_{92}\text{U}$ и средней физической доли запаздывающих нейтронов от деления $^{238}_{92}\text{U}$. Притом, нужно учитывать, что ценность запаздывающих нейтронов заключается в следующем: средняя энергия этих нейтронов – 0,5 МэВ, а мгновенных – 2 МэВ, следовательно, длина замедления запаздывающих нейтронов меньше длины замедления мгновенных. Допустим, что средняя энергия замедляющихся нейтронов $^{235}_{92}\text{U}$ и $^{238}_{92}\text{U}$ равны, тогда:

- если средняя плотность тепловых нейтронов в активной зоне в i -том поколении

равна $n_T, \text{ н} \cdot \text{см}^{-3}$ – средняя плотность потока тепловых нейтронов будет определяться выражением: $\varphi_T = n_T v_T$, где v_T – скорость тепловых нейтронов, равная 2200 м/с.

- если σ_f^5 – вероятность деления одного ядра одним тепловым нейтроном, а N_5 – число ядер $^{235}_{92}\text{U}$ в 1 см^3 активной зоны, то скорость деления $^{235}_{92}\text{U}$ будет определяться выражением: $\varphi_T \sigma_f^5 N_5, \frac{\text{н}}{\text{см}^3 \cdot \text{с}}$.

- скорость образования нейтронов в следующем поколении будет равна: $\varphi_T \sigma_f^5 N_5 v_5$, где v_5 – среднее число нейтронов деления, приходящихся на 1 акт деления.

- число запаздывающих нейтронов с указанной скоростью образования примет вид: $\varphi_T \sigma_f^5 N_5 v_5 \beta_5^{\text{физ}}$, где $\beta_5^{\text{физ}}$ – физическая доля запаздывающих нейтронов, образующихся при делении $^{235}_{92}\text{U}$, а скорость мгновенных нейтронов – $\varphi_T \sigma_f^5 N_5 v_5 (1 - \beta_5^{\text{физ}})$.

Учитывая, что средняя энергия мгновенных нейтронов 2 МэВ, а запаздывающих – 0,5 МэВ, а $^{238}_{92}\text{U}$ делится нейтронами с энергией более 1,1 МэВ – в процессе деления $^{238}_{92}\text{U}$ будут участвовать только мгновенные нейтроны [6].

Так как при делении $^{238}_{92}\text{U}$ быстрыми нейтронами также образуются запаздывающие и мгновенные нейтроны, обозначим долю запаздывающих нейтронов при деления $^{238}_{92}\text{U}$ как $\beta_8^{\text{физ}}$ которая численно равна 0,0155 [12]. Тогда доля запаздывающих нейтронов при делении $^{238}_{92}\text{U}$ будет определяться как:

$$\varphi_T \sigma_f^5 N_5 v_5 (1 - \beta_5^{\text{физ}}) \varphi_T \sigma_f^8 N_8 v_8 (1 - \beta_8^{\text{физ}}).$$

С другой стороны с введением коэффициента размножения на быстрых нейтронах эта же доля запаздывающих нейтронов будет равна:

$$\varphi_T \sigma_f^5 N_5 v_5 (1 - \beta_5^{\text{физ}}) (\varepsilon - 1) \beta_8^{\text{физ}}.$$

Суммарно доля запаздывающих нейтронов в активной зоне определяется выражением:

$$\sum n_{\text{зап}} = \sigma_f^5 N_5 \varphi_T v_5 \beta_5^{\text{физ}} + \sigma_f^5 N_5 \varphi_T v_5 (1 - \beta_5^{\text{физ}}) (\varepsilon - 1) \beta_8^{\text{физ}}$$

С другой стороны физическая доля запаздывающих нейтронов во втором поколении выразится:

$$\bar{\beta}_{\text{АЗ}}^{\text{физ}} = \frac{\sum n_{\text{зап}}}{n_2}.$$

Общее число нейтронов деления во втором поколении будет равно:

$$n_2 = \varphi_T \sigma_f^5 N_5 v_5 \varepsilon$$

Учитывая выше сказанное:

$$\bar{\beta}_{\text{АЗ}}^{\text{физ}} = \frac{\varphi_T \sigma_f^5 N_5 v_5 \beta_5^{\text{физ}} + \varphi_T \sigma_f^5 N_5 v_5 (1 - \beta_5^{\text{физ}}) (\varepsilon - 1) \beta_8^{\text{физ}}}{\varphi_T \sigma_f^5 N_5 v_5 \varepsilon} = \frac{\beta_5^{\text{физ}} + (1 - \beta_5^{\text{физ}}) (\varepsilon - 1) \beta_8^{\text{физ}}}{\varepsilon}. \quad (1)$$

После сокращения подобных членов в последнем выражении получаем искомое выражение зависимости физической доли запаздывающих нейтронов по активной зоне от коэффициента размножения на быстрых нейтронах.

В реакторах на тепловых нейтронах ε колеблется в пределах 1,001 ÷ 1,03 [1-6, 9-11] и/или $\varepsilon = 1,02 \div 1,05$ [12]. А для урановых реакторов на быстрых нейтронах $\varepsilon = 1,15 \div 1,16$ [12].

Используя данные работ [1-6] и [9-12] и выражение (1), зависимость $\bar{\beta}_{AZ}^{физ}$ от ϵ при заданных условиях будет выражено графически (Рисунок 1).

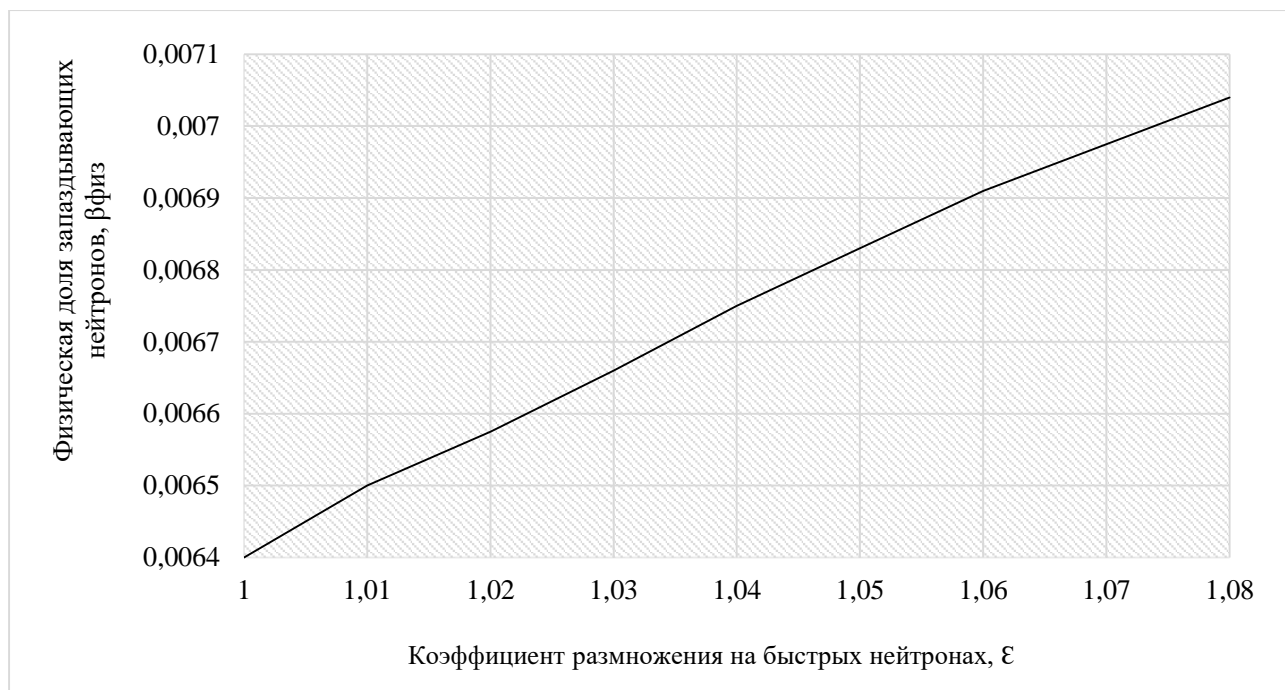


Рисунок 1 –Зависимость физической доли запаздывающих нейтронов по активной зоне от коэффициента размножения на быстрых нейтронах

Полученные значения $\bar{\beta}_{AZ}^{физ}$ имеют место, если в активной зоне в качестве ядерного топлива присутствуют только $^{235}_{92}U$ и $^{238}_{92}U$. Возрастание показателя $\bar{\beta}_{AZ}^{физ}$ наблюдается из-за наличия $^{238}_{92}U$, при чем, чем большее количество $^{238}_{92}U$ в активной зоне, тем большей физической долей запаздывающих нейтронов она будет характеризоваться.

Выводы

При пуске ядерного реактора, работающего на обогащенном ядерном топливе, физическая доля запаздывающих нейтронов в активной зоне является функцией коэффициента размножения на быстрых нейтронах и всегда больше физической доли запаздывающих нейтронов, образованных при делении ядер $^{235}_{92}U$.

При этом, чем больше значение коэффициента размножения на быстрых нейтронах (рисунок 1), тем более весомое значение на общую эффективную долю запаздывающих нейтронов оказывает физическая доля запаздывающих нейтронов от деления $^{238}_{92}U$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бартоломей Г.Г. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов / Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать и др.–М.: Энергоатомиздат, –1989.
2. Белл Д. Теория ядерных реакторов / Белл Д, Глесстон С. Теория ядерных реакторов. Пер. с англ. М: Атомиздат,–1974.
3. Галанин А.Д. Теория ядерных реакторов на тепловых нейтронах. М: Атомиздат,–1960.
4. Глесстон С. Основы теории ядерных реакторов / Глесстон С., Эллууд М. – М: Изд-во иностр. лит.,–1954.

5. Дж.Р. Кипин «Физические основы кинетики ядерных реакторов» М.: Атомиздат, 1967, – 431 с.
6. Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы. М: Атомиздат, –1971.
7. Об утверждении и введении в действие федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций» [Электронный ресурс]: постановление Федеральной службы по технологическому, экологическому и атомному надзору от 10 декабря 2007 г. №4. - Режим доступа: Справочно-правовая система «Консультант Плюс».
8. «Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций» Постановление Ростехнадзора от 10.12.2007 N4 ФНП в области использования атомной энергии от 10.12.2007 (НП-082-07).
9. Пучков В.Н. Пуск, работа, остановка реактора. – Военно-Морской Флот, –1979.
10. Рудик А. П. Физические основы ядерных реакторов. М: Физические основы ядерных реакторов. М: Атомиздат, –1979.
11. Саркисов А. А. Судовые реакторы и парогенераторы / А.А. Саркисов, В.Н. Пучков. — М.: Воениздат, –1985.
12. Справочник по ядерно-физическим константам для расчета реакторов / И.В. Гордеев и др. — М.: Госатомиздат, – 1960.

**ANALYSIS OF THE DEPENDENCE OF THE PHYSICAL FRACTION OF
DELAYED NEUTRONS ON THE FAST NEUTRON MULTIPLICATION
COEFFICIENT IN THERMAL REACTORS**

*P.A. Ponomarenko¹, A.Yu. Potapchuk¹, S.S. Bezotosny², M.A. Frolova¹, E.V. Burkova¹, G.A. Sigora¹
sasha.shipecheva@gmail.com¹, 79787391497@ya.ru²*

¹*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Sevastopol State University", Sevastopol, Russian Federation*

²*"All-Russian Research Institute for the Operation of Nuclear Power Plants" JSC ("VNIIAES JSC"), Moscow, Russian Federation*

Abstract. The article examine the physical fraction of delayed neutrons in the core of a thermal neutron reactor, the fuel elements of which contain only uranium fuel, during the first physical start-up.

The first physical start-up of a reactor - one of the most critical and potentially dangerous procedures in the operation of any reactor – is accompanied by numerous measurements and tests, in order to determine and refine all the necessary physical parameters that were obtained by calculation at the design stage.

During the first physical start-up, the most important neutron-physical characteristics of the reactor are usually determined: the reactivity coefficients in the fractions of the effective fraction of delayed neutrons, the criticality state, the effective fraction of delayed neutrons, the reactivity margin, etc.

In this regard, the aim of this work is to theoretically estimate the physical fraction of delayed neutrons in the core of a thermal neutron reactor running on uranium nuclear fuel before the physical start-up. In particular, the task is to determine the dependence of $\bar{\beta}_{AZ}^{phy}$ on the fast neutron multiplication factor \mathcal{E} , which will allow for more accurate correction of all physical parameters at power output.

Keywords: nuclear reactor, first physical launch, neutron, nucleus, potential energy, delayed neutron fraction, nuclear fuel, delayed neutron physical fraction.

К ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ В МОСКВЕ

И.В. Романова, romirv@mail.ru

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. В статье приводятся основные эколого-геологические последствия применения противогололедных реагентов в зимний период на городских территориях. Рассматриваются как изменения, наступающие в снеговом покрове на обочинах дорог, так и последствия весенней инфильтрации талых осадков в почвы. Установлено, что применение противогололедных реагентов оказывает влияние на все компоненты эколого-геологических систем.

Ключевые слова: противогололедные реагенты, городские территории, эколого-геологические системы.

Применение противогололедных реагентов является неотъемлемой частью мероприятий по зимнему содержанию автодорог во всех городах климатической зоны, где наблюдается переход температур через 0°C. В условиях крупных мегаполисов с развитой транспортной сетью механизированная уборка не в состоянии обеспечить должный уровень безопасности движения как автотранспорта, так и пешеходов.

В качестве противогололедных реагентов используются различные химические вещества, критерием выбора которых служит единственное свойство – плавить лед на поверхности дорог [7]. В мире используются преимущественно различные сочетания соединений хлоридных и ацетатных групп, с антикоррозионными присадками (наиболее часто – формиаты). На территории Москвы в качестве противогололедных реагентов используются хлориды натрия, калия, магния с добавкой формиата натрия как в качестве твердых, так и жидких реагентов [6]. В качестве дополнительных (фрикционных) материалов в наиболее суровых погодных условиях применяются гранитный щебень на проезжих частях и мраморная крошка на пешеходных зонах. Объемы закупок ПГР на каждый сезон составляют сотни тысячи тонн, и солевая нагрузка на территорию составляет до 3 кг/м².

Расплавляя снег и лед на площадях применения реагентов, используемые вещества формируют дорожные остатки ПГР, скапливающиеся на краю дорожного полотна и частично отбрасываемые на обочины дорог. Эта серо-черная кашеобразная масса радикальным образом отличается от снежных атмосферных осадков по базовым геохимическим параметрам: она отличается повышенным рН, пониженным Eh, повышенными электропроводностью и минерализацией [4,5]. Кроме того, в ней содержится увеличенное количество твердой фазы, включающей в себя не только пылевые выпадения, свойственные городским территориям, но и продукты истирания дорожного полотна, покрышек автомобилей и гранитного щебня. Среда, сформированная дорожными остатками ПГР, обладает агрессивностью в отношении стали и асфальтового полотна, а также может вызывать термические и химические ожоги лап животных, и приводить к порче обуви и одежды [2,3].

Интенсивность проявления этих изменений зависит от ряда факторов. В первую очередь к ним относятся погодные условия, поскольку по действующей в настоящий момент Технологии зимней уборки в г. Москве [6] расход реагентов нормируется в зависимости от суточного интервала температур и количества выпавших атмосферных осадков. Согласно проведенным исследованиям (рис.1), наибольшие по интенсивности изменения геохимических параметров наблюдаются в дни с небольшим количеством осадков и наиболее низкими температурами воздуха или на следующий день после обильных снегопадов.

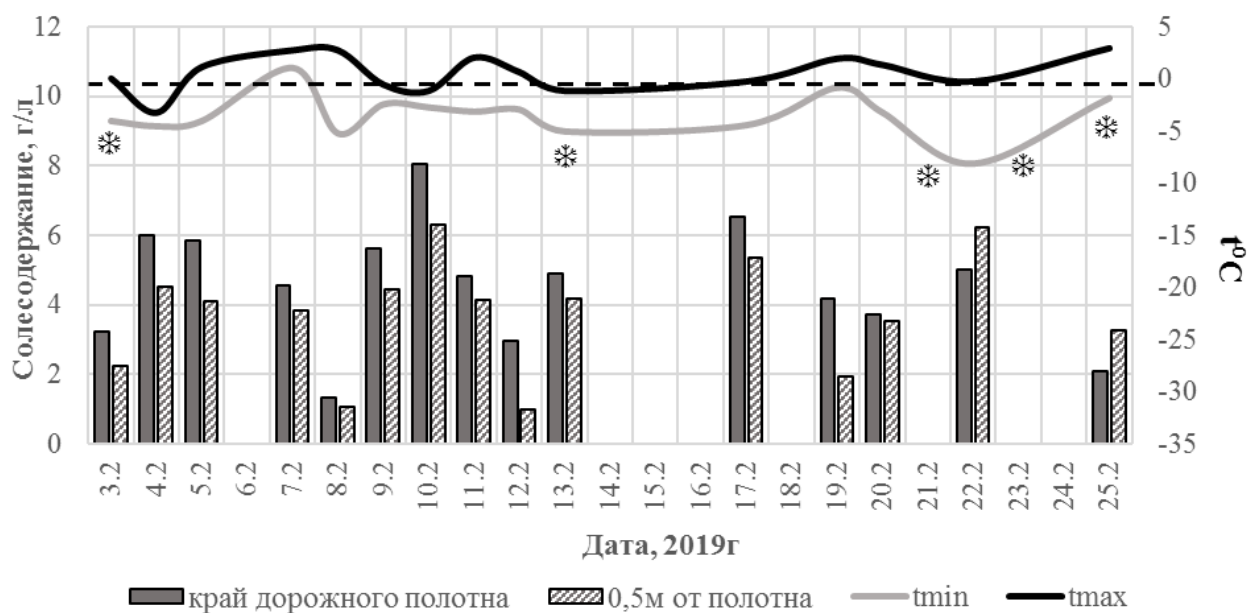


Рисунок 1 – Динамика изменения ежедневного солесодержания в дорожных остатках ПГР и снеговом покрове и ежедневные колебания температур в феврале 2019 года на обочине Ленинского пр-кта; пунктир – 0°С; *- обильный снегопад

В то же время, расход ПГР нормируется по площадному принципу – в г/м², поэтому в ряду единовременно отобранных проб наибольшими значениями показателей солесодержания и рН будут отличаться дорожные остатки и пробы снегового покрова на тех участках, которые приурочены к наиболее широким автодорогам (рис.2). Так максимальные значения среди исследуемых площадок свойственны обочине МКАД – наиболее крупной автодороге в городе, а минимальные – ул. Академика Бакулева, внутриквартальной однополосной дороге. Кроме того, значение имеет скорость движения автотранспорта, влияющая на интенсивность переноса дорожных остатков ПГР в сторону обочин дорог и, соответственно, на изменения геохимических параметров снежного покрова на отдалении от проезжей части, обуславливая различный размер геохимических аномалий снежного покрова на обочинах различных дорог.

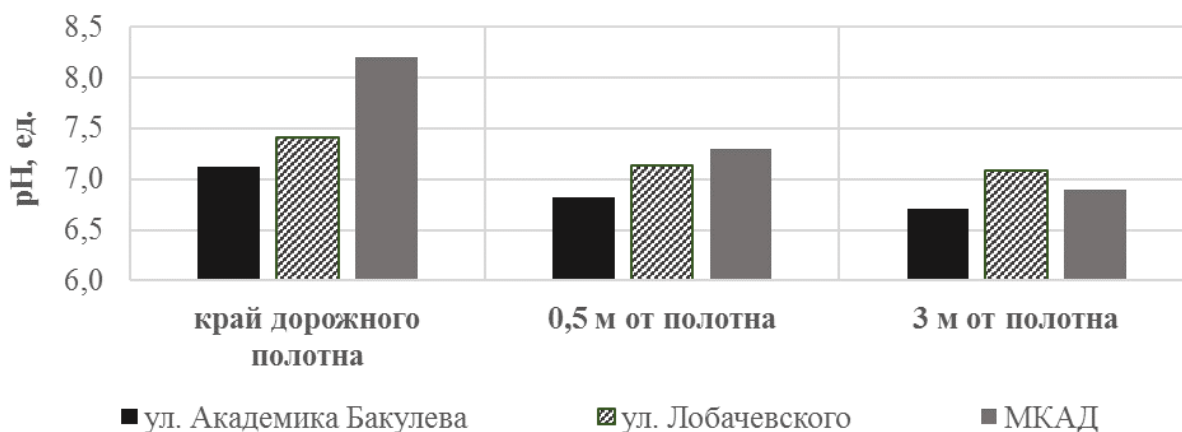


Рисунок 2 – рН проб дорожных остатков ПГР и снегового покрова на обочинах дорог в феврале 2021 г.

Таким образом при организации системы мониторинга применения противогололедных реагентов должны учитываться как погодные условия, так и параметры автодорог, такие как ширина полотна и скорость движения транспортного потока. В результате наблюдений в ходе проводимых исследований была получена многолетняя динамика изменения геохимических параметров дорожных остатков и снегового покрова на обочинах различных автодорог г. Москвы (рис. 3). Однако, стоит учитывать, что проводимая таким образом оценка отражает состояние среды, свойственное только определенному промежутку времени, а для проведения прогнозной оценки воздействия ПГР на эколого-геологические системы урбанизированных территорий необходимо проводить также и гидрометеорологический мониторинг.

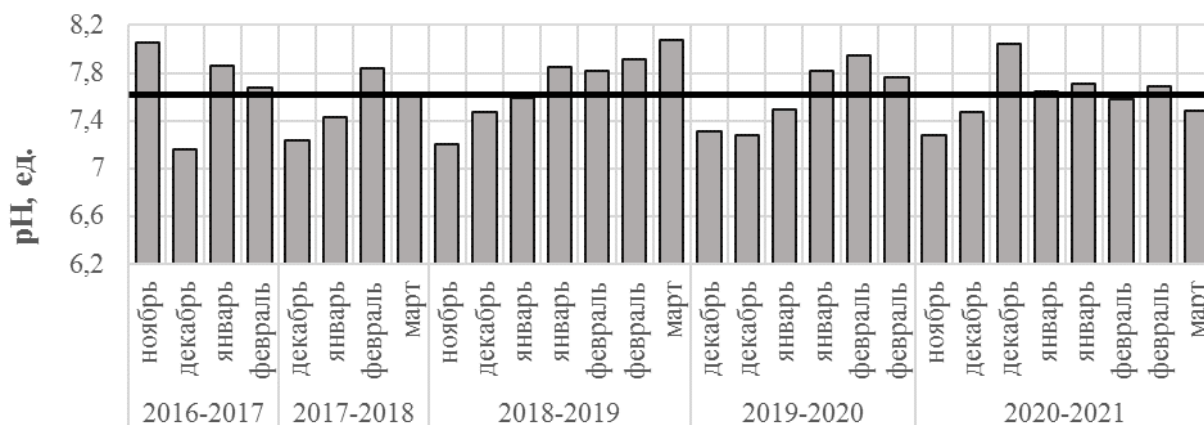


Рисунок 3 – рН дорожных остатков ПГР на краю полотна Ленинского пр-кта в зимние периоды 2016-2021 гг.; прямая линия – среднемноголетнее значение рН.

Например, как следует из рисунка 3, антропогенная нагрузка, вызванная применением ПГР, в зимний сезон 2019-2020 годов сопоставима с таковой в предыдущий и последующий сезоны. Однако, этот сезон характеризовался аномально теплыми погодными условиями с малым количеством снежных дней, то есть, меньшим количеством циклов обработки автодорог ПГР в больших количествах. Основной вклад в дальнейшее воздействие ПГР на эколого-геологические системы в таком случае, предположительно, вносит превентивная обработка полотна жидкими реагентами, которую невозможно зафиксировать прямым опробованием. Иными словами, проектирование централизованной системы мониторинга ПГР в городе необходимо проводить при сотрудничестве с гидрометеорологическими и дорожными службами.

Ранее уже отмечалось, что часть дорожных остатков ПГР различными путями поступает на обочины дорог. В весенний период часть реагентов, растворенных в атмосферных осадках, удаляется с талым стоком, а часть – инфильтруется в почвы и, затем, в подпочвенные грунты. Вследствие попадания соединений, входящих в состав ПГР, в почвы, изменяются также и их геохимические параметры, соответственно изменениям, зафиксированным в снежном покрове на обочинах дорог: увеличивается рН, электропроводность, уменьшается Eh, увеличивается общее содержание водорастворимых солей и видоизменяется их состав. При этом интенсивность наступающих изменений подчиняется тем же закономерностям, выявленным ранее на примере дорожных остатков ПГР.

В течение летнего периода верхний слой почв промывается атмосферными осадками – наблюдается последующая нисходящая фильтрация полученных в результате применения ПГР солевых растворов. Так, например, содержание водорастворимых солей (рис.4) существенно возрастает к каждой весне, и снижается к осени. Анионный и катионный состав

водорастворимых солей также изменяется в сторону преобладания элементов, входящих в состав реагентов: так в составе обменных оснований в весенний период доминирует натрий, а среди анионов наибольшему содержанию отвечает хлор.

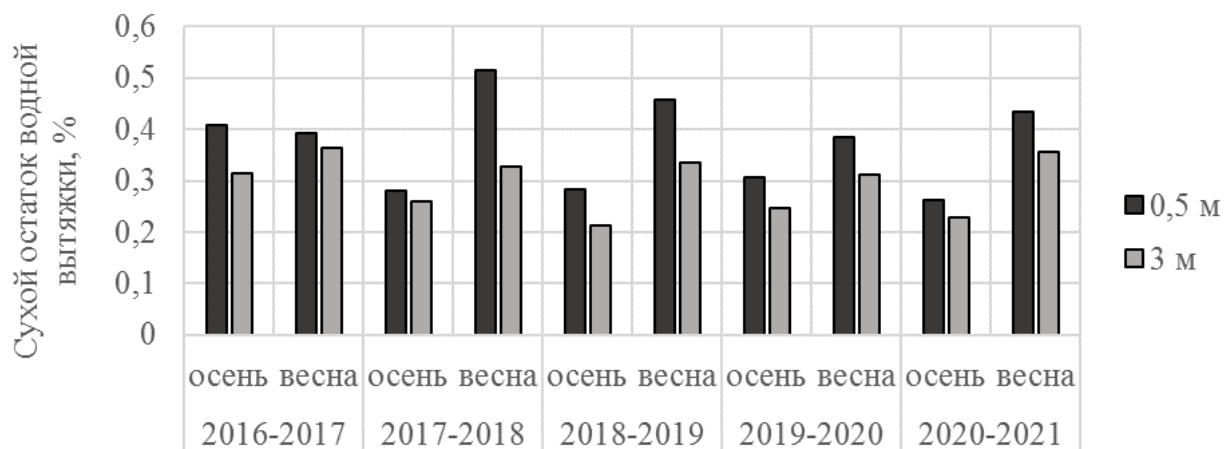


Рисунок 4 – Сухой остаток водной вытяжки почв (%) на обочине МКАД в осенние и весенние периоды 2016-2021 гг.

Как следует из полученных данных, минимальные (осенние) значения близки друг к другу, что свидетельствует о том, что практически весь объем поступающих в весенний период в почвы веществ за летний сезон из них вымывается, то есть, поступает в подстилающую их геологическую среду. Это, в свою очередь, сопряжено с рядом геологических рисков, включающих, в том числе, загрязнение подземных вод, ухудшение инженерно-геологических условий и ряда других [1].

Применение противогололедных реагентов и их инфильтрация в почвы изменяет не только их геохимические показатели и состав, но и условия произрастания растений и обитания микробоценозов. Наблюдаемая в весенний период гибель травянистых растений на обочинах дорог в определении комфортности среды для обитания человека, по сути, составляет в большей степени эстетический аспект. Однако, в случае, если фитоценозы не восстанавливаются к засушливому периоду естественным или искусственным (настилом рулонных газонов) путем, наблюдаемое явление оголения почв может приводить к интенсификации процессов дефляции, или так называемого пыления, почв. Это, в свою очередь, способно приводить к увеличению количества твердых частиц в атмосферном воздухе, что уже имеет большее значение в определении комфортности среды обитания.

Таким образом, применение противогололедных реагентов в зимний период оказывает существенное влияние на эколого-геологические системы города, затрагивая все их компоненты. Так в течение зимы в дорожных остатках формируется среда, отличная повышенными значениями рН, электропроводности, солесодержания и содержания твердых частиц. Эта среда обладает агрессивностью в отношении стальных частей конструкций и непосредственно асфальтового полотна, а также способна наносить вред здоровью животных при контакте лап с растворами ПГР. В весенний период часть ПГР, накопленных в снеговом покрове на обочинах дорог, поступает в почвы, вызывая в них соответствующие изменения. Наряду со смещением реакции среды в слабощелочную область и увеличением электропроводности, увеличивается и содержание в почвах водорастворимых солей, а также изменяется их состав в сторону преобладания элементов, входящих в состав ПГР, в частности, натрия и хлора. В совокупности, наступающие изменения ухудшают условия произрастания фитоценозов и обитания микробоценозов, а также опосредованно влияют на комфортность среды проживания человека, в том числе, через изменение инженерно-геологических условий территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королёв В.А. Геологический риск применения антигололёдных реагентов // Геориск. 2009. № 1. - С. 42–45.
2. Королёв В.А., Горняков А.К. Оценка влияния противогололёдных реагентов на городские территории при инженерно-экологических изысканиях // Инженерные изыскания Геомаркетинг (М.), том 12, № 1-2, 2018. - С. 66-78
3. Королев В.А., Соколов В.Н., Самарин Е.Н. Оценка эколого-геологических последствий применения противогололёдных реагентов в г. Москве // Инженерная геология. № 1, 2009. - С. 34-43.
4. Романова И.В. Геохимический мониторинг дорожных остатков противогололёдных реагентов на территории ЮЗАО г.Москвы в сезон 2018/2019 гг / Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2019» [Электронный ресурс]. Москва, 2019.
5. Романова И.В. Оценка трансформации экологических функций литосферы на территории Юго-Западного административного округа г. Москвы вследствие использования противогололёдных реагентов / Инженерные изыскания, Том XIV, №4-5. С. 72-82
6. Технология зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства г. Москвы) с применением противогололёдных реагентов и гранитного щебня фракции 2-5 мм (на зимние периоды с 2010-2011 гг. и далее), утв. Распоряжением ДЖКХиБ г. Москвы от 28.09.2011 N 05-14-650/1.
7. Хомяков Д.М. Различные химические композиции для противогололёдных реагентов (теория и практика) // Дорожная держава. 2020. №94. С.58-61.

TO THE ECOLOGICAL-GEOLOGICAL ASSESSMENT OF THE ANTI-ICING REAGENT APPLICATION IN MOSCOW

Romanova I., romirv@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. Article describes main ecogeological consequences of the anti-icing reagents application during winter road maintenance in urban territories. The paper explores changes in the snow cover on the roadsides and consequences of the infiltration of melted snow into soils. It's been established that the usage of anti-icing reagent has an impact on every part of ecogeosystems.

Keywords: anti-icing reagents, urban areas, ecogeological systems.

УДК 504.75.06.556. 550.4. 502.057

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛОГИСТИКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

О.Г. Фонова (fonova.ok@yandex.ru)

ФБГОУ ВО «Воронежский государственный университет», г.Воронеж, Россия

Аннотация. Представлены результаты натурального моделирования процессов загрязнения грунтов зоны аэрации нефтепродуктами. Выявлены временные и пространственные закономерности дифференциации вещества линзы нефтепродуктов на контакте с грунтами. Выявлено, что большую часть материала линзы составляет загрязненная вода, легкие нефтепродукты выявлены в концентрациях до 10%, тяжелые до 30%.

Ключевые слова: линза нефтепродукта, моделирование, загрязнение нефтепродуктами, грунты зоны аэрации.

Наиболее важной проблемой современной экологии является загрязнение почв и подземных вод нефтью, а также продуктами ее переработки. Загрязнение окружающей среды нефтепродуктами происходит в момент транспортировки, добычи нефти, а также в местах складирования и хранения нефтепродуктов.

В статье представлены исследования состояния грунтов зоны аэрации исследуемого объекта логистики нефтепродуктов. Исследуемый объект располагается на левом берегу г. Воронежа, грунты левобережья представлены преимущественно песками, песок различной зернистости, а мощность изменяется от 5 до 18 метров. (рис. 1). На разрезе показан плиоцен-четвертичный водоносный горизонт.

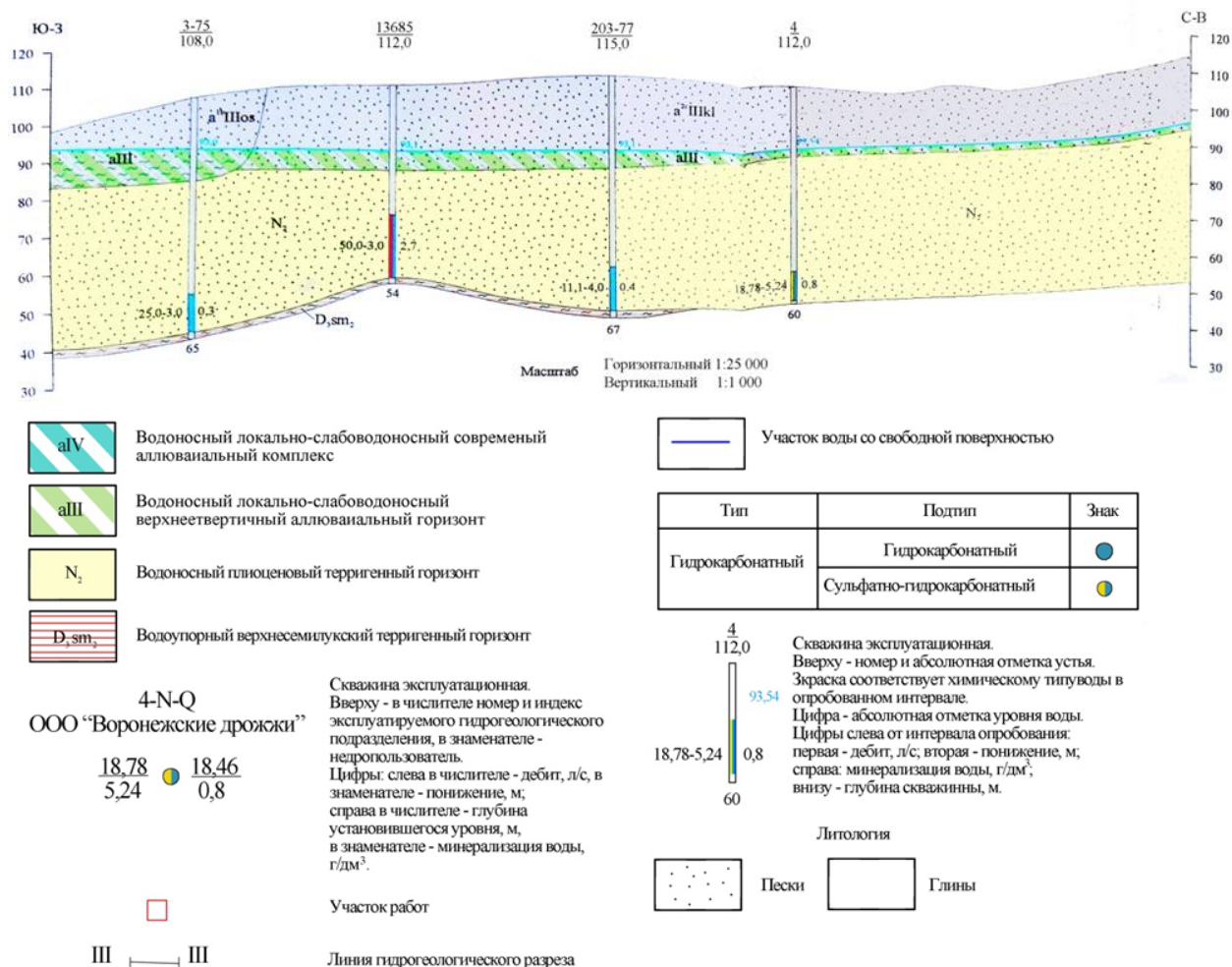


Рисунок 1 – Гидрогеологический разрез района исследований.

Объект наблюдений введен в эксплуатацию более 74 лет назад, и действует по сегодняшний день. За время работы логистического центра образовалась линза нефтепродуктов, местами этот слой достигает 1,2 метров. Нами было проведено натурное моделирование процесса в системе «нефтяная линза-песчаный грунт» в области контакта.

Моделирование происходило в несколько этапов:

1. Забор материала линзы нефтепродуктов (май 2021г.).
2. Получение средневзвешенной пробы, по средствам смешивания материала.
3. Помещение полученного материала в цилиндр. Объем цилиндра 1 л.

Состав цилиндра: 500 мл песка (уплотнение песка происходило методом вибрации), и 500 мл. линзы нефтепродукта.

Наблюдение за дифференциацией линзы продолжалось 14 суток.

По результатам натурного моделирования «нефтяная линза-песчаный грунт» выявлены следующие особенности:

1. За первые 5 секунд наблюдений, наблюдается расслоение материала на 2 составляющие. В течении последующих 3 часов изменений не наблюдается. Через 4 часа наблюдений начинают наблюдаться изменения, в виде появления темной прослойки нефтепродуктов.

2. Следующие видимые изменения наблюдаются через 36 часов: происходит дополнительная дифференциация на 4 составляющих: легкие, тяжелые нефтепродукты, загрязненная вода, коагулированный осадок, песок.

Через 72 часа после начала эксперимента наблюдается следующее:

- 1/10 часть верхнего слоя испарилась;
- около 50 мл – верхний слой, прозрачный, желтоватого цвета (легкие нефтепродукты);

- около 10 мл – тонкая прослойка тяжелых нефтепродуктов;

- около 150 мл – прозрачная вода, загрязненная нефтепродуктами;

- 300 мл – коагулированные осадки тонких взвесей;

- бурый песок -500мг.

3. С 6 до 14 суток наблюдения были посуточные. Начиная с 6 суток, система стабильно, небольшие изменения наблюдаются в коагулированном слое.

После завершения моделирования определялось загрязнение компонентов системы «нефтяная линза-песчаный грунт». Два компонента представляют собой чистые легкие и тяжелые нефтепродукты. Вода содержит до 200 мг/дм³. Песчаные грунты загрязнены нефтепродуктами в концентрациях от 1700 до 2050 мг/кг. Максимальное количество загрязнения сконцентрировано в коагулированной части -до 5000мг/дм³.

Процессы происходящие в системе «нефтяная линза-песчаный грунт» определили следующее:

1. Нефтяная линза сформировавшаяся на поверхности водоносного горизонта является многокомпонентной: легкие и тяжелые нефтепродукты, загрязненная вода, загрязненный песчаный грунт.

2. Нефтяная линза дифференцируется следующим образом: 10% - легкие нефтепродукты, 2-3% - тяжелые нефтепродукты, 80% - загрязненная вода, 10% - коагулированный слой.

3. Основная часть тяжелых нефтепродуктов аккумулируются в слое коагуляции (до 5000 мг/дм³) и в приконтактном слое песчаных грунтов (до 2000мг/дм³).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фонова О.Г., Базарский О.В., Долбилова С.В. экологические аспекты хранения нефтепродуктов. // Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов. материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2020. С. 254-261.

2. Косинова И.И., Фонова О.Г. Особенности инженерно-экологических изысканий в районе влияния крупных логистических центров по складированию и хранению нефтепродуктов. Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. материалы докладов Четырнадцатой Общероссийской научно-практической конференции и выставки изыскательских организаций. 2018. С. 126-130.

MODELING OF THE PROCESS OF OIL PRODUCT LENS CONTAMINATION

Fonova O.G. (fonova.ok@yandex.ru)

Voronezh State University

Abstract. The results of full-scale modeling of the processes of soil contamination of the aeration zone with petroleum products are presented. The temporal and spatial patterns of differentiation of the substance of the lens of petroleum products on contact with soils are revealed. It was revealed that most of the lens material is contaminated water, light petroleum products were detected in concentrations up to 10%, heavy ones up to 30%.

Keywords: oil product lens, modeling, oil product contamination, soils of the aeration zone.

УДК 550.34+550.343+624.131.4

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ГОРОДА АШХАБАДА ПО ДАННЫМ HVSR-АНАЛИЗА

У.А. Ходжаева¹, О.Б. Ёллыева², Э.М. Аннагулыева³, А. Ходжаев³, кандидат физико-математических наук, e-mail: khojaev-a-isast@mail.ru

1 - Международный университет нефти и газа им. Ягишгелди Какаева, город Ашхабад, Туркменистан;

2 - Туркменский государственный университет им. Махтумкули, город Ашхабад, Туркменистан;

3 - Институт Сейсмологии и физики атмосферы Академии наук Туркменистана, город Ашхабад, Туркменистан.

Аннотация. В статье приводятся результаты современного метода определения локальных сейсмических свойств грунтов на площадках строительства в г. Ашхабаде с использованием специализированной аппаратуры – цифрового тремографа «Тромпо» («Micromed S.P.A.», Италия). На площадках строительства для каждого пункта наблюдения, используя программу моделирования скоростного разреза (программа «Grilla»), были определены скорости поперечных сейсмических волн (V_s), а также установлены резонансные частоты колебания поверхностных отложений (до глубины 30 м).

Результаты апробации методики HVSR-анализа подтверждают перспективность её применения по оценке сейсмических свойств грунтов для целей сейсмостойкого строительства, а также для решения задач сейсмического микрорайонирования территории городов Туркменистана.

Ключевые слова: анализ, геологический разрез, грунт, интенсивность, микросейсмические колебания, оценка, резонанс, риск, сейсмостойкое строительство, уязвимость.

Когда реализуются грандиозные строительные проекты, осуществление надежного сейсмостойкого строительства во многом зависит от взаимодействия теории и практики, поэтому одним из главных приоритетов государственной политики Туркменистана является всемерное развитие отечественной науки и эффективное использование её достижений в экономике страны, наращивание интеллектуального потенциала общества. Это обуславливает положительную динамику развития всех сфер государственного народнохозяйственного комплекса, в том числе отрасли строительства и промышленности строительных материалов.

Общеизвестно, что предотвратить или запретить землетрясения невозможно, однако их разрушительные последствия должны быть минимизированы путём создания сейсмостойкого строительства, основанного на достоверной оценке сейсмической опасности и риска. Исторически сложившаяся и развивающаяся инфраструктура городов страны не позволяет отказаться от дальнейшей эксплуатации, освоения и развития сейсмически

активных районов. Широкомасштабное строительство жилых и общественных зданий, существенное увеличение объемов строительства объектов социально-культурного назначения, транспортных магистралей требует проведения системных работ по анализу и оценке сложившейся сейсмической ситуации [3].

Мировой опыт обследования последствий сильных землетрясений показывает, что интенсивность их проявления неодинакова даже в пределах одного населенного пункта. Причиной тому являются локальные инженерно-геологические, гидрогеологические и сейсмические особенности грунтов оснований фундаментов, способные уменьшать или увеличивать силу подземного удара. Подобные явления наблюдались при различных землетрясениях, в том числе и при Ашхабадской катастрофе 1948 года [2, 3].

В верхней части геологического разреза, называемой в сейсморазведке зоной малых скоростей, как правило, происходит изменение энергии ударной волны, что в конечном итоге определяет интенсивность проявления землетрясения на поверхности и служит основанием для оценки расчетной сейсмичности площадок проектируемого строительства объектов различного назначения [2, 3].

Результаты многочисленных работ по сейсмическому микрорайонированию (СМР) городских территорий страны показывают, что уязвимость зданий и сооружений к колебаниям грунта, возникающие при землетрясении, можно оценивать по данным анализа записей природных микросейсмических колебаний (микросейсм), обычно так называемым «белым шумом». Это подтвердилось результатами апробации нового метода определения локальных сейсмических свойств грунтов в южной части современного города Ашхабада на территории улицы Анкара (бывшая улица Юбилейная) и на территории жилого комплекса «Тязе Заман – 2», с использованием прибора для регистрации окружающего сейсмического шума – цифрового тремографа «Tromino» («Micromed S.P.A.», Италия) [1, 4].

Обычно для изучения скоростного разреза грунтов по сдвиговой S-волне, используют дорогие и трудоёмкие сейсмические методы, применяя искусственные источники возбуждения поперечных сейсмических волн. По записям прибора «Tromino», регистрирующего естественный фон помех, можно определить различные сейсмические параметры грунтов – геологической среды.

Принцип действия «Tromino» заключается в следующем. В каждом пункте наблюдения сейсмические микроколебания грунта в диапазоне от 0,1 Гц до 250 Гц улавливаются высокочувствительными электродинамическими 3-х компонентными сейсмографами. Затем они усиливаются, преобразовываются в цифровую форму и записываются в память прибора. После регистрации эти сведения переносятся в память персонального компьютера, где установлена специальная программа обработки материалов – программа «Grilla». На каждом пункте, регистрация сейсмических шумов проводилась длительностью 16 минут. Результаты инженерно-геофизических исследований на площадке по ул. Анкара и на территории жилого комплекса «Тязе Заман – 2» включали в себя оценку преобладающих частей и скоростного разреза по спектральному отношению горизонтальных к вертикальной компоненте сейсмического шума (HVSR-анализ) и определение среднего значения скорости распространения поперечной сейсмической волны в верхней части геологического разреза (ВЧР) от поверхности до глубины 30 метров ($V_{s(0-30\text{ м})}$) [1, 4, 5, 6, 9].

Оценка сейсмических свойств грунтов предполагает изучение локальных резонансных явлений в осадочных породах, обычно называемых «сайт-эффектом», т.к. проявление резонанса может привести к существенному изменению интенсивности колебательного процесса в диапазоне частот от 0,3 до 15 Гц. Функция «сайт-эффекта» при небольших напряжениях может быть определена как спектральное отношение горизонтальной и вертикальной компонент (H/V) движения грунта. Полагается, что на величину вертикальной компоненты фонового сейсмического шума не влияют особенности поверхностных слоев (ВЧР), представленных рыхлыми неустойчивыми породами [1, 9].

Записи сейсмического («белого») шума получены также на участке от улице 10 лет Абданчылык до улицы Огузхана и на территории жилого комплекса «Тязе Заман – 2».

Обзор данных, их обработка и анализ были осуществлены с использованием специализированного программного обеспечения к тремографу «Grilla», включающего в себя программы для простого спектрального и HVSR-анализа, а также для построения синтетических кривых H/V, основанную на моделировании поверхностных волн (Рэлея и Ляве) в области плоско-параллельных многослойных систем [4, 7, 8, 9].

Программа «Grilla» снабжена спектрально-временной диаграммой (Time-history), в которой окружающий сейсмический шум в течении всего наблюдения даёт возможность выделять и удалять возможные помехи, влияющие на качество проведения HVSR-анализа. С помощью HVSR-анализа микроколебаний грунтов можно определить резонансную частоту f_0 сдвиговой S-волны в одном приповерхностном слое осадочного отложения, которая вычисляется по формуле:

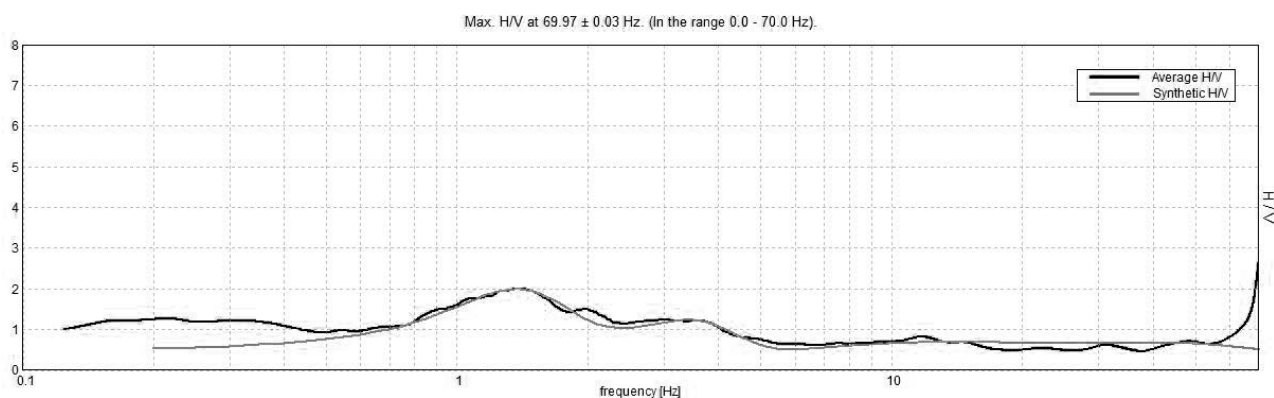
$$f_0 = V_s / 4h,$$

где: h – мощность слоя; (V_s) – средняя скорость S-волны в слое.

Применяя программу моделирования скоростного разреза «Grilla», которая основана на моделировании поверхностных волн (Рэлея и Ляве) в области плоскопараллельных систем, можно подобрать и совместить (H/V) теоретическую (синтетическую) кривую с экспериментальной кривой, построенной по измеренным данным. График функции HVSR-анализа вычисляется как средние значения спектров горизонтальных компонент, делённых на спектр вертикальной составляющей сейсмического шума (H/V), причем в разрезе выделяются несколько слоёв различной мощности, отражающие на кривой (H/V) соответствующие пики и локальные минимумы и максимумы [4, 5, 6, 10].

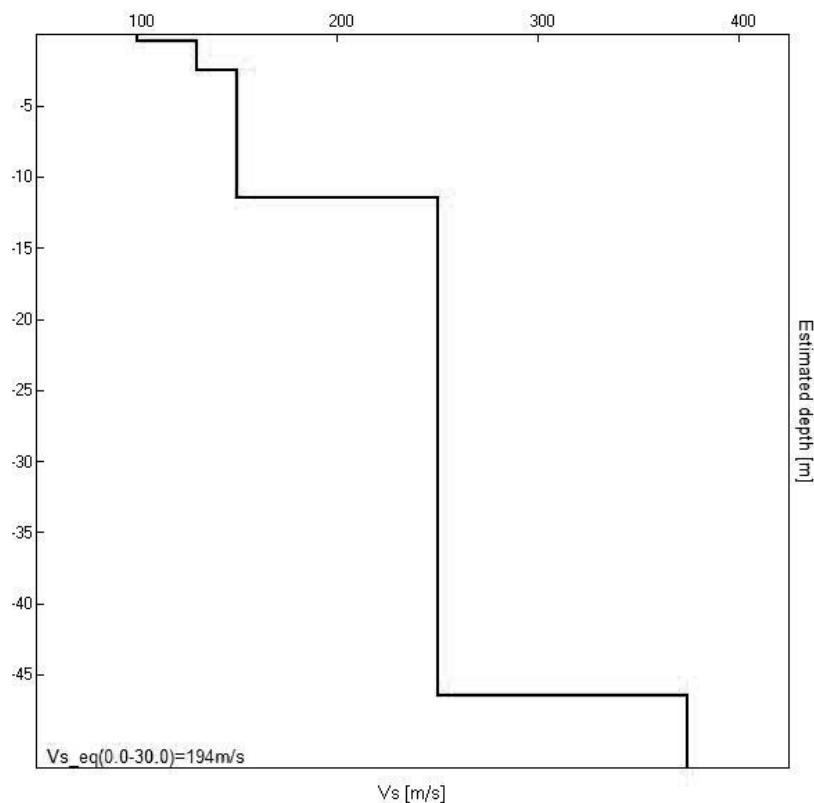
Результаты расчётов величины средней скорости поперечных сейсмических волн (V_s) в поверхностном слое мощностью до 30 м показан на рис.1 (а, б).

Сравнения экспериментального против синтетического H/V отношения



Глубина от поверхности до нижних слоев, м	Толщина слоя, м	V_s , м/с	Коэффициент Пуассона
0.50	0.50	100	0.42
2.50	2.00	130	0.42
11.50	9.00	150	0.42
46.50	35.00	250	0.42
inf.	inf.	375	0.42
Средняя скорость распространения поперечных волн до 30 м глубины – $V_{s(0.0-30.0)} = 194$ м/с			

а)



б)

Рисунок 1 – Результаты HVSR-анализа по данным регистрации сейсмических шумов

На территории города Ашхабада проведены полевые опытно-методические работы по одному из профилей: измерения осуществлялись от проспекта 10 лет Абаданчылык до улицы Огузхан (улица Айтакова) и на территории жилого комплекса «Тязе Заман – 2». Расстояние между пунктами регистрации (пикетами) выбрано около 250 метров.

По результатам HVSR-анализа на площадках по городу Ашхабада сделаны следующие выводы и рекомендации:

1. Вычислены средние значения скоростей распространения V_s волн в верхней части разреза от поверхности до глубины 30 метров.
2. Выделена малоамплитудная величина фундаментальной частоты колебаний грунта приблизительно равная 1,6 Гц. на которой возможно некоторое усиление интенсивности колебаний грунта при землетрясениях.
3. Построены обобщенные многослойные V_s -модели предполагаемого разреза тридцати метровой толщи грунтов.
4. Результаты апробации методики HVSR-анализа подтверждают перспективность её применения по оценке сейсмических свойств грунтов для целей сейсмостойкого строительства в Туркменистане, а также для решения задач сейсмического микрорайонирования территории городов Туркменистана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абасеев С.С., Атаев А.К., Ходжаев А., Эфендиев М.И. Оценка резонансных колебаний высотных зданий по данным измерений сейсмического шума // Наука и техника в Туркменистане. – 2014. – № 4. – С. 91-95.

2. Аннагулыева Э.М., Ходжаев А. Результаты сравнения значения спектров реакций землетрясений (на примере сейсмических станций “ASG” и “WAN”) // Наука и техника в Туркменистане. – 2020. – № 2. – С. 31-35.
3. Ходжаев А. Прогноз параметров сейсмических колебаний грунтов при землетрясениях Туркменистана. Автореферат кандидатской диссертации. – Ашхабад, Наука, 2016. – 28 с.
4. Ходжаева У., Аннагулыева Э. Предварительные результаты исследования свойств грунтов на участке «Тязе Заман – 2». / Материалы научной конференции «Наука, техника и развитие инновационных технологий», посвященной 30-летию юбилею Независимости Туркменистана. – Ашхабад, Наука, 2021. – I том. – С. 448-449.
5. Aki K. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, 29, 665-666, 1964.
6. Ben-Menahem A., Singh S. J. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York, 1981.
7. Castellaro S., Mulargia F. Vs30 Estimates using constrained H/V measurements, *Bull. Seism. Soc. Am.* Vol. 99, No. 2A, pp. 761-773, April 2009, doi: 10.1785/0120080179. 2009.
8. Hofstetter A., Zaslavsky Y., Ataev A.G, Aksinenko T., Gorstein M., Kalmanovich M., Giller D., Dan I., Perelman N., Giller V., Livshits I. and Shvartsburg A. Exploration of sedimentary layers and reconstruction of subsurface structure by ambient vibration measurements for microzoning of the Afek area (Israel). Final Scientific Report No. 508/388/08 pp. 2008.
9. Introduction to the H/V modeling routine for stratigraphic purposes in Grilla. Micromed s.p.a. Treviso-Italy number IT03906850262.
10. Nakamura Y. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research* 30 (1): 25-33. 1989.

ESTIMATION SEISMIC CHARACTERISTIC OF SOIL OF THE ASHGABAT CITY AS OF HVSR-ANALYSIS

U.A. Hojayeva¹, O.B. Yollyeva², E.M. Annagulyeva³, A. Hojajev³, candidate of physics-mathematical sciences, e-mail: khojaev-a-isast@mail.ru

1 - Yagshygeldi Kakayev International University of Oil and Gas, Ashgabat city, Turkmenistan;

2 - Makhtumkuli Turkmen State University, Ashgabat city, Turkmenistan;

3 - Institute of Seismology and Physics of Atmosphere Academy of Sciences of Turkmenistan, Ashgabat city, Turkmenistan.

Abstract. The article presents the results of a modern method for determining local seismic properties of soils at construction sites in Ashgabat using specialized equipment – a digital tomograph “Tromino” (“Micromed S.P.A.”, Italy). At the construction sites for each observation point, using the high-speed section modeling program (“Grilla” program), the velocities of transverse seismic waves (Vs) were determined, and the resonant frequencies of vibrations of surface sediments (up to a depth of 30 m) were established.

The results of testing the HVSR-analysis methodology confirm the prospects of its application for assessing the seismic properties of soils for the purposes of earthquake-resistant construction, as well as for solving the problems of seismic microdistricting of the territory of cities of Turkmenistan.

Keywords: analysis, construction of seismic stability, criticality, estimation, fluctuation of microseismic, geological cut, intensity, resonance, risk, soil.