МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
УО «ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.Ф.СКОРИНЫ»
ФГБНУ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ГЕОМЕХАНИКИ, ГЕОФИЗИКИ И МАРКШРЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА»

IX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы»

Конференция посвящается:

80-летию Победы в Великой Отечественной войне

Воронеж-Севастополь 2025

УДК 551+504
ББК 26.3
Э 40

Под редакцией профессора, доктора геолого-минералогических наук
И.И.Косиновой

Э 40 «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: Материалы девятой международной научно-практической конференции, г. Воронеж-г.Севастополь, 10-13 сентября 2025г. – Воронеж: Издательство «Областная типография Воронежской области»

ISBN

В сборнике представлены материалы международной научно-практической конференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы», которая прошла 8-10 сентября 2025г. на площадках крупных ВУЗов России: Воронежском и Севастопольском государственных университетах. Доклады демонстрируют широкий спектр проблем, охватывая самые различные направления экологической геологии. Объединяющим элементом является фактор техногенно нагруженных территорий. Отличительной особенностью конференции 2025 года является обширная география участников, представленная 22 организациями – согласованных участников конференции. Традиционно в конференции представлены доклады по экологическим преобразованиям техногенно нагруженных территорий, техносфере и экологической безопасности, а так же замечательный блок докладов в секции «Молодые в науке».

Новация сборника 2025 года является широкое участие в конференции представителей Донецкой и Луганской народных республик, в исследованиях которых представлены сейсмические и экологические проблемы регионов.

Сборник материалов конференции представляет интерес для состоявшихся и молодых ученых, специалистов, осуществляющих свою деятельность в сферах обеспечения экологической и техносферной безопасности территорий.

Конференция посвящается:
80-летию Победы в Великой Отечественной войне

УДК 551+504
ББК 26.3
Э 40

ISBN

©АВТОРСОЙ КОЛЛЕКТИВ, 2025
© ФГ ВОУ ВО «ВГУ»
© Е.М.РЕПИНА, МАКЕТ,
ОБЛОЖКА,2025©

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарные и заказные доклады

ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЛИТОСФЕРЫ К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ФУНКЦИЯМ АБИОТИЧЕСКИХ СФЕР ЗЕМЛИ 11
В.Т.Трофимов, М.А.Харькина

ИНТЕГРАЛЬНОЕ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННО НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ 15
И.И.Косинова, В.А.Бударина

ОПЫТ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ И СЕВАСТОПОЛЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, МОНИТОРИНГА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ 25
В.М. Артеменко

НООСФЕРНОЕ МЫШЛЕНИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ДОНБАССЕ 28
Т.П. Волкова

К ПРОБЛЕМЕ ИЗУЧЕНИЯ СВЯЗИ СЕЙСМИЧНОСТИ И ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ С ЦЕЛЬЮ КОНТРОЛЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОЙ ЗОНЕ 32
Ю.М. Вольфман, В.С. Гобаренко, М.Н. Бондарь, Г.Н. Бушмакина;

МЕДИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ РОССИЙСКОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА: ИСТОРИЯ УСПЕХА 37
И.Ф. Вольфсон

ИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ) 46
А.П. Гусев

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ ПОДГОРНОГО МЕЛАНЖА В КРЫМУ 50
В.В. Юдин

СЕКЦИЯ 1
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЭПОХУ ТЕХНОГЕНЕЗА

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МИОЦЕНОВОЙ МАЛАКОФАУНЫ НА ТЕРРИТОРИИ Г. СЕВАСТОПОЛЯ 55
О. О. Верис, В. А. Лей

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИИ Г. СЕВАСТОПОЛЯ 59
В.Е. Иванов

МОРФОЛИТОГЕННАЯ ОСНОВА ЛАНДШАФТОВ, КАК КОМПОНЕНТ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ 63
Е.С. Каширина, Е.И. Голубева

ЭКОЛОГО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КАК ФАКТОР ЛАНДШАФТНОГО И СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ 65
В.В.Ильяш, Д.В Ильяш

ПРИРОДНЫЕ ВОЛНОЛОМЫ НА ПРИМЕРЕ СТРОЕНИЙ ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА) 73
В.И. Лысенко, Н.В. Шик

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА 77
К.В. Репина

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНФОРМАЦИЯ ПОЧВ ОСТРОВА ОЛЬХОН 80
Е.Н. Соловьева, В.А. Пеллинен

ТЕРМИЧЕСКАЯ ДЕСТРУКЦИЯ УГЛЕЙ, МЕТАМОРФИЗМ ШАХТОПЛАСТОВ И ИХ ОПАСНЫЕ СВОЙСТВА 84
Э. Н. Филатьева

СЕКЦИЯ 2
ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ

ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕМНОГО ГЛУБИННОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ГРУНТОВ. 90
Т.Т. Абрамова

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ БОСА 94
Азаренко Е.И., Осадчая Л.И., Иванченко Т.А., Токарев М.А., Скворцова Д.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ УГЛЕПОРОДНОЙ НАСЫПИ В УСЛОВИЯХ ЕЕ ПРОГРЕВАНИЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ОХЛАЖДЕНИЯ 97
О.А. Гузеев, А.А. Подрухин, А.В. Глотов

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ ДОНБАССА 101
Н. Н. Грищенков

ПРИНЦИП ПОДСЛОЙНОГО ТУШЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ 105
Н.Н. Кузнецова, А.А.Мбейандже

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОГНЕВЫХ РАБОТ 108
В. А. Матвеев, Л. А. Ничкова

ОРГАНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА 113
И.П. Симонова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ПЕН 116
Н.А. Сизонова

СЕКЦИЯ 3
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРАКТИЧЕСКО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГЕОСФЕРАХ

О ПЕРСПЕКТИВНОМ РАЗВИТИИ САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ, ТУРИСТИЧЕСКОЙ И ДРУГИХ ВИДОВ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КРЫМУ 122
В.И. Васенко, Ю.В. Бобрик

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ РАДИОНУКЛИДАМИ НА РАДИАЦИОННО-ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ 126
С.Л.Гаврисенко, В.А. Лей, М.Н.Белая

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЗАТОПЛЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ЛИКВИДИРУЕМЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ С ПОМОЩЬЮ ГИДРОГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 131
Н. Н. Грищенков, Л.А. Камбурова, Е.А. Бардакова

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРОВАЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ЗАСТРОЙКЕ ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ 136
В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, А.В. Антипенко

ГИДРОМИНЕРАЛЬНЫЕ ЛЕЧЕБНЫЕ И РЕКРЕАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ КРЫМА 140
В.В. Ежов, В.И. Васенко

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ (ХМАО) В ПЕРИОД 2015-2024 ГГ. 144
В.М.·Злобин, И.И. Косинова

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ АГРЕГАТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ В ТЕХНОЛОГИИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ 149
С.Н. Золотухин, О.Б. Кукина, В.В. Волков

ВЛИЯНИЕ РАДОНА НА ЧАСТОТУ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ЯДЕРНЫХ АНОМАЛИЙ И ЯДРЫШКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В БУККАЛЬНЫХ ЭПИТЕЛИОЦИТАХ ЧЕЛОВЕКА 154
В.Н. Калаев, И.В. Игнатова, И.И. Косинова, Е.А. Калаева, А.В. Ларина, А.В. Шабельская

ЛОКАЛИЗАЦИЯ УЧАСТКОВ МЕЗОРЕЛЬЕФА С ВЫСОКОЙ КРУТИЗНОЙ СКЛОНОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ 158
Э. Ю.Капинус, Н. Н.Грищенков[2], Л. Н.Крижановская

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ УЧАСТКА РАЗМЕЩЕНИЯ КАМЕННОГО МОСТА В Г.ВОРОНЕЖЕ И ИСТОРИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ 162
И.И.Косинова, Н. А.Дешевых, А.А. Кремнева, Д.А.Арсякова

ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РЕКИ ПЕСЧАНКА В ПРЕДЕЛАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ НЕУДОБИЙ Г.ВОРОНЕЖА 177
И. И. Косинова, Т. В. Цыплакова

ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 183
Н.В. Крутских

ВЛИЯНИЕ ШЛАМОХРАНИЛИЩ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД 187
Н.А. Ларионова

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ ГУБКИНСКО-СТАРООСКОЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА 192
Е.М.Репина

ДИНАМИКА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЛЕНОГО ОЗЕРА АДЖИ-БАЙЧИ (РЕСПУБЛИКА КРЫМ) ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ 198
И.И.Руднева, В.Г. Шайда, О.В.Шайда

О СОХРАНЕНИИ И РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОВ САКСКОГО ОЗЕРА 202
В.С. Тарасенко, В.И. Васенко

НОВЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗА ПРОВАЛООБРАЗОВАНИЙ В ПОДРАБОТАННОМ ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ СДРЕНИРОВАННЫХ И ОБВОДНЕННЫХ МАССИВОВ 207
Б. В. Хохлов, В. А Дрибан

СЕКЦИЯ 4
ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОБВАЛЬНО-ОПОЛЗНЕВЫХ СТРУКТУР МЫСА ФИОЛЕНТ (В РАЙОНЕ СВЯТО-ГЕОРГИЕВСКОГО БАЛАКЛАВСКОГО МОНАСТЫРЯ Г. СЕВАСТОПОЛЯ) 213
Ю.М. Вольфман, А.М. Останин, Е.Я. Колесникова

КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КАК ЭТАП СОЗДАНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ 218
Ф.М.Голубев, И.Ю.Николаев, Д.С.Бородин, О.Л.Шалованов

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ МЕДНО-КОЛЧЕДАННЫХ И МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА 220
Н.В. Гончар, И.А. Антонова, О. М. Гуман

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК В ПРЕДЕЛАХ НЕУДОБИЙ ТЕРРИТОРИИ Г. ВОРОНЕЖА И ИХ ОЧИСТКА 227
И.И Косинова., А.А.Курышев, В.Н Нетеса

МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ И В ПОДРАБОТАННЫХ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЯ МАССИВАХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ИХ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТОДОМ ЕИЭМПЗ 230
И.В. Кузнецов

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЙОНА ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА В С. НОВОСЕЛОВКА ЛЕНИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ 233
А.М.Останин, А.А.Скляр

ФАКТОРЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ РАВНИННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КРЫМА НА ПРИМЕРЕ Г. ЕВПАТОРИЯ 238
А.М.Останин, А.А.Скляр

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПРОСАДОЧНЫХ СВОЙСТВ ПРИ ЗАСОЛЕНИИ НЕПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ 243
Н.А.Петров, А.В.Тихонов[2]

СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ – ОДИН ИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ЕЛАНСКОЙ СТРУКТУРЫ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА) 255
И.Н., Сафронич А.И., Семенов Л.И., Надежка И.М. Колесников

НОВЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ИНИЦИАЦИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ 258
А.Н. Тимофеев

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ 261
С. И. Фонова, Е.Э. Бурак, А. В. Чаплина

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ МНОГОЭТАЖНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ Г. ВОРОНЕЖА 265
С.И.Фонова, С.И.Эпиташвили, В.М.Митина, Т.А.Татаринская

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОРБЦИОННО-КИНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД 269
Е. Д. Ходырев, М. В. Гордиенко

СЕКЦИЯ 5
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ: ПРАКТИЧЕСКИЕ, МЕТОДИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ 274
В.А.Бударина, М.В.Акопян

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ ЗА НАРУШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 277
Т.А. Иванченко, М.А.Токарев , Е.Ф.Бариева

ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОТСЕВА ДРОБЛЕНИЯ ГРАНИТА ДЛЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОЙ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ 281
М.Д. Колпачников, А.И. Макеев

СЕКЦИЯ 6
УРБАНОЛОГИЯ: ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

ГАРМОНИЯ И КОНФЛИКТ: ГОРОД, ЧЕЛОВЕК И ПРИРОДА В ЭПОХУ ТЕХНОГЕНЕЗА 287
С.Н. Бирюкова

РАЗВИТИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ 291
С.Н. Гладких

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ООО «АВАНГАРД-АГРО-ВОРОНЕЖ» ОТДЕЛЕНИЕ «НИЖНЕДЕВИЦК-3») 294
Л.А.Лопатина

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ 297
*Л.А.Межов*а, *Р.А. Зайце, А.М.Луговской*

СЕКЦИЯ 7
Молодые в науке
(для студентов и аспирантов)

РЫЖИК ПОСЕВНОЙ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ ПЕРСПЕКТИВНАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ КУЛЬТУРА ДЛЯ КРЫМА 302
Ю. А.Аюпова

АНАЛИЗ МНЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ О КАЧЕСТВЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (ПО ДАННЫМ СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОСА) 306
А.А. Баранова, Э.Г. Потапова

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ ХОПЕРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ 309
М.М. Дамбе, Л.А. Межова

БЕЗОТХОДНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНОГО МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ: ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕЛКОВЫХ КОМПОНЕНТОВ 314
О.А. Дербенёв

ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ 319
В.В.Коротаева, Е.Н.Сыргий

ДИНАМИКА АКТИВИЗАЦИИ РОЕВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЗАДАЧАХ ИХ РАСПОЗНАВАНИЯ В КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ 323
В.С. Лютикова, И.Н. Литовченко

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ РЕГИОНА СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ 327
В.С. Лютикова, И.Н. Литовченко

ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ И ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ КУРАНАХСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ 331
М.П. Закусилова, И.И. Косинова

ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОНАХ СЕВАСТОПОЛЯ 339
Т.А. Иванченко, Д.М. Скворцова, М.А. Токарев, Е.Ф.Бариева

ВЛИЯНИЕ СОЗДАНИЯ ПРУДОВ НА СТРУКТУРУ ЛАНДШАФТОВ 342
С.В. Калаев, Е.В. Жигулина

ОСОБЕННОСТИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ КРУПНОЙ НЕФТЕБАЗЫ 346
А.В Корнев., Е.А Самодуров., А.С. Агафонов

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭНСКОГО УЧАСТКА МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ 350
Р.Р.Мансурова, А.А.Курышев

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПУЧИНИСТОСТИ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКА «МОКУЛАЕВСКОЕ»(КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ) 356
М.Н. Мохна

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНОГРУНТОВ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ 360
Е. С. Соломатина, Т. В. Маликова

ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ СЕТИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО УЛИЦЕ ХАДЫЖЕНСКОЙ, СТАНЦИИ ВЕСЕЛОЕ, Г. СОЧИ, КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ 364
Л.Н. Строгонова, М.П. Тореева

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА РЕКИ ДОН В ГОРОДЕ ПАВЛОВСК, ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ 367
С.А.Усенко, И.И Косинова

А ЧТО В БУДУЮЩЕМ? 371
С. И. Фонова,, Р.А. Лучников

ПЛЕНАРНЫЕ И ЗАКАЗНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 504; 504.75; 502.1; 371.0.33

ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЛИТОСФЕРЫ К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ФУНКЦИЯМ АБИОТИЧЕСКИХ СФЕР ЗЕМЛИ

В.Т.Трофимов[1], М.А.Харькина[2]
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, г.Москва, Россия
e-mail: trofimov@rector.msu.ru[1], *e-mail:* kharkina@mail.ru[2]

Аннотация. Показана преемственность научных основ экологической геологии и геоэкологии на базе представлений об экологических функций литосферы и других абиотических сфер Земли. Даются представления и определения понятий основных экологических функций абиотических сфер Земли – ресурсной, геодинамической, геохимической и геофизической. В качестве примера дается содержание экологических функций одной из абиотических сфер Земли – атмосферы.

Ключевые слова: литосфера, атмосфера, живые организмы, экологические функции, газовый ресурс, жизнеобеспечение, жизнедеятельность.

Содержание экологических функциях литосферы было сформулировано в 1994 г. В.Т. Трофимовым и Д.Г. Зилингом как результат оценки взаимодействия между компонентами твердой оболочки Земли – литосферой и живыми организмами, включая человеческое сообщество. Учение об экологических функций литосферы объединяет в единый круг рассматриваемых проблем многоплановое исследование литосферы как среды существования органической жизни – простейших ее форм (микробных сообществ), растительности, животных, включая человека. Основное с экологических позиций «предназначение» литосферы – ресурсное и энергетическое жизнеобеспечение биоты реализуется через ресурсную, геодинамическую, геохимическую и геофизическую экологические функции. Отметим, что до 1998 г. геофизическая и геохимическая функции рассматривались совместно как геофизико-геохимическая функция. Однако изучение этого вопроса показало, что природа этих функций отлична. И тогда стали выделять отдельно геохимическую, отдельно геофизическую функции литосферы.

Под экологическими функциями литосферы понимается все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение литосферы, включая подземные воды, нефть, газы, геохимические и геофизические поля и протекающие в ней геологические процессы, в жизнеобеспечении биоты и человеческого сообщества [4-6]. Выделение человеческой популяции связано с ее активным воздействием на природную среду, причем на глубины, значительно превышающие влияние остальной биоты.

Научная концепция экологических функций литосферы предполагает многоплановое изучение роли литосферы как среды существования органической жизни – простейших ее форм, растительного и животного мира и человеческой популяции. В ходе разработки содержания понятий – экологические функции абиотических сфер Земли (атмосферы, поверхностной гидросферы, педосферы) – В.Т. Трофимовым [3] использовались тот же подход и названия экологических функций, что и в случае с литосферой. Выделены ресурсная, геодинамическая, геохимическая и геофизическая экологическая функция для каждой абиотической оболочки. Объемы этих понятий трактуются следующим образом:

- ресурсная функция определяет роль органических, минеральных и органоминеральных ресурсов геосферных оболочек Земли (литосферы, гидросферы, атмосферы) для жизни и деятельности биоты как в качестве биоценоза, так и социальной структуры (человеческого сообщества);

- геодинамическая функция определяет влияние динамических процессов и явлений, протекающих в геосферных оболочках в результате их природного и природно-техногенного развития, на условия существования биоценозов, включая человеческое сообщество;
- геохимическая функция определяется как свойство химических полей (неоднородностей) геосферных оболочек природного и природно-техногенного происхождения влиять на состояние биоты, включая здоровье человека;
- геофизическая функция определяется как свойство физических полей (неоднородностей) геосферных оболочек природного и природно-техногенного происхождения влиять на состояние биоты, включая здоровье человека.

В качестве примера рассмотрим особенности экологических функций одной из абиотических сфер Земли – воздушной оболочки – атмосферы (рис. 1).

Ресурсная экологическая функция атмосферы – функция, определяющая роль воздушной оболочки Земли как пространственного ресурса существования биоты, газового ресурса, необходимого для дыхания живых организмов и создающая уникальные условия для существования жизни на Земле благодаря наличию озонового слоя, оптимизирующего энергию солнечного и космического излучения. Ресурсы атмосферы не только предоставляют организмам жизненное пространство, но и определяют характер их жизнедеятельности, способствуя их расселению и эволюции. Возникающие изменения в поддержании благоприятного для организмов газового состава атмосферы, как по планетарным, так и космическим причинам приводили к массовым вымираниям.

Геодинамическая экологическая функция атмосферы – функция, отражающая способность атмосферы влиять на условия жизни биоты, ее состояние, безопасность и комфортность жизнедеятельности человека через протекающие в ней природные и антропогенно обусловленные метеорологические процессы. Метеорологические процессы в атмосфере по экологическим последствиям объединены, как и в случае с литосферой, на катастрофические, опасные, неблагоприятные и благоприятные. Однако набор этих процессов иной, чем в литосфере. Катастрофические процессы, быстродействующие, при максимальной интенсивности представляющие угрозу жизни, включают атмосферные, пыльные и соляные бури, снегопады, экстремально низкие температуры и интенсивные дожди, включая ледяные и град. По статистике около 90 % катастроф с потерей жизни человеком, произошедших за период с 1980 по 2005 гг., были связаны с аномалиями погодных условий [1]. Опасные процессы, так же угрожают жизни, но в отличие от катастрофических это медленнодействующие процессы. К опасным процессам в воздушной оболочке Земли относят засухи. Большинство наземных животных и растений влаголюбивы, а недостаток увлажнения воздуха и почвы часто оказывается причиной их гибели. Засухи представляют собой опасность для жизни людей за счет обезвоживания организма, приводящего к физиологическим нарушениям. Известно, что количество воды в клетках организмов поддерживается на постоянном уровне и составляет 50–80 % от веса тела животного, а у человека 60–70 % веса тела. Питательные вещества циркулируют преимущественно в виде водных растворов, таким же образом транспортируются и выносятся из организма продукты диссимиляции (разрушения). За счет обезвоживания организма жертвами засухи в 1965–1969 гг. оказалось почти 49 % погибших от природных катастроф [1]. Неблагоприятные процессы, не представляющие непосредственной угрозы для жизни, отрицательно воздействуют на условия проживания человека. К неблагоприятным процессам относится облачность и туман. Облачность, благодаря экранирующему эффекту препятствует как охлаждению поверхности Земли за счет собственного теплового излучения, так и ее нагреву излучением Солнца, тем самым уменьшая сезонные и суточные колебания температуры воздуха. *Т*уманы препятствуют безаварийному функционированию всех видов транспорта как на суше, так и в море и в воздухе. Благоприятные процессы повышают комфортность существования живых организмов за счет пополнения запасов воды в воздушной оболочке Земли, что, в целом, благоприятно отражается на состояние фито- и зооценозов, особенно, в условиях засушливого климата. *К благоприятным процессам в атмосфере относят.*

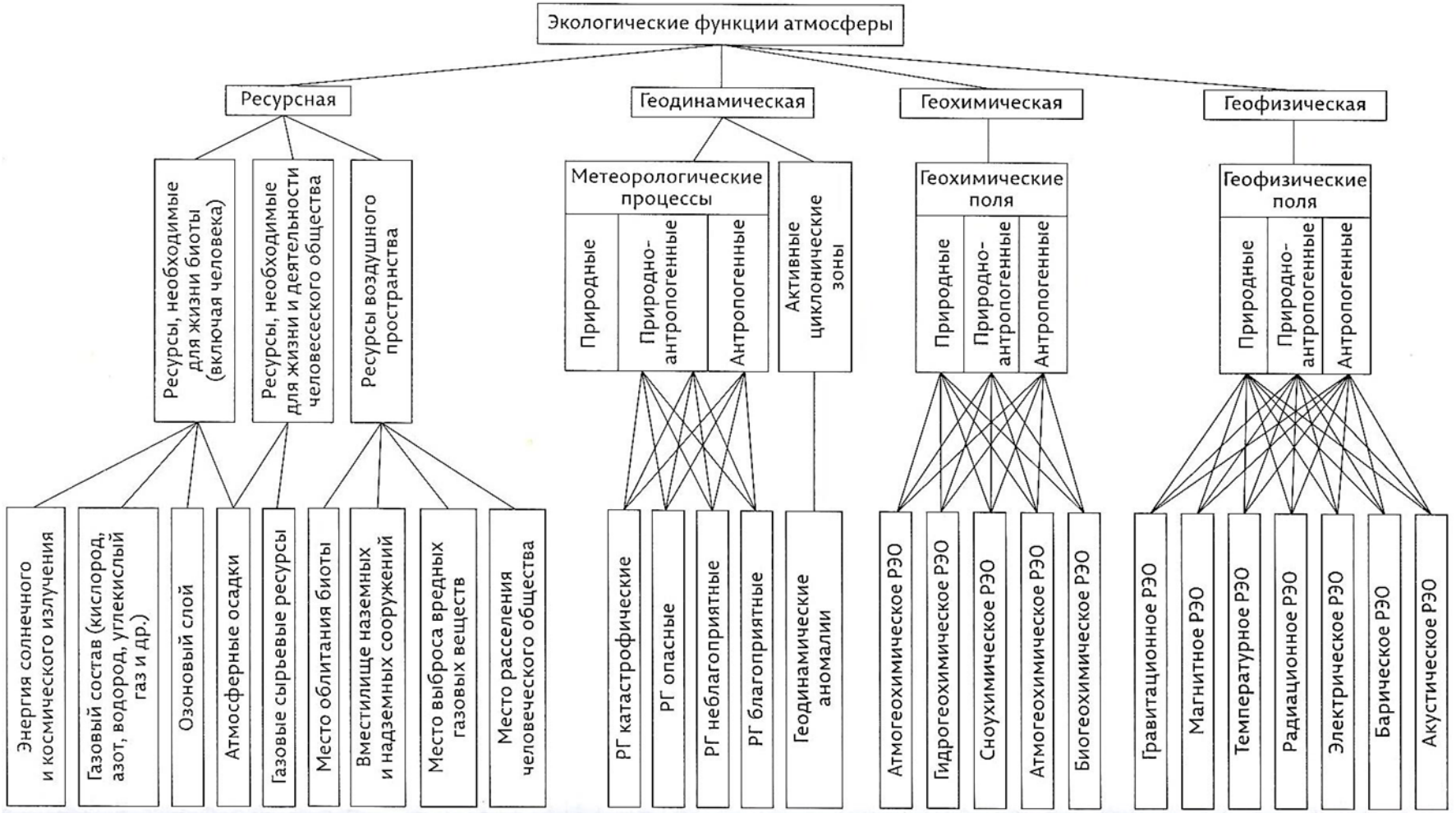


Рис.1. Экологические функции атмосферы и их содержание [2]
Обозначения: РГ – разного генезис, РЭО – разной экологической опасности

выпадение жидких (дожди) и твердых (снег) атмосферных осадков. Пополнение запасов воды в почвах и подземных водах способствует высокой продуктивности растительных сообществ и удовлетворению потребностей в пресной воде представителей животного мира.

Геохимическая экологическая функция атмосферы – функция, определяющая свойства геохимических полей и аномалий атмосферы природного и антропогенного происхождения влиять на условия жизни и состояния биоты в целом, включая здоровье человека. *Основными компонентами атмосферы являются кислород и азот. Наземный животный и растительный мир потребляет кислород непосредственно из атмосферы, где он в приземном слое составляет 20,95 % процентов объема; водные организмы (гидробионты) получают свою порцию кислорода из воды Мирового океана и поверхностной гидросферы. Содержащийся в воздухе кислород расходуется для дыхания живых организмов и протекания химических реакций во всех их клетках, тканях и органах.* Атмосферный азот (греч. – не поддерживающий жизни) является (вопреки его значению согласно переводу с греческого) гигантским ресурсом как для деятельности азотфиксирующих растений, микроорганизмов и водорослей (участвуя в общем газообмене биосферы и атмосферы и во многих жизненных процессах), так и сырьем для промышленности, в частности, для производства азотистых удобрений.

Геофизическая экологическая функция атмосферы – функция, отражающая свойства геофизических полей и аномалий атмосферы природного и техногенного происхождения влиять на условия жизни и состояния биоты в целом, включая здоровье человека. Основными физическими характеристиками атмосферы признаны давление, температура и плотность, которые играют роль регулятора условий существования биоты на Земле. Из всего ряда природных геофизических полей с экологических позиций главную роль играют температурное, барическое (поле атмосферного давления), магнитное и радиационное поля, а также атмосферное электрическое поле, определяющее грозовую активность.

Подводя итоги сказанному, можно констатировать, что разработка концепции об экологических функциях литосферы позволило по-новому взглянуть на значение твердой оболочки Земли для живого. Развитие этого учения позволило перенести представления об экологических функциях литосферы на другие абиотические сферы Земли и по-новому сформулировать теоретические основания геоэкологии, как междисциплинарной науки, отраженные в коллективной монографии [2].

Литература.

1. Катастрофические природные явления Азово-Черноморского региона / Доценко С.Ф., Иванов В.А. Севастополь: Морской геофизический институт НАН Украины, 2013. 193 с.
2. Теоретические основания геоэкологии как междисциплинарной науки на базе концепции экологических функций абиотических сфер Земли / В. Т. Трофимов, М. А. Харькина, А. Д. Жигалин и др. М.: Издательство Московского университета Москва, 2022. 516 с.
3. *Трофимов В. Т.* Об экологических функциях абиотических сфер Земли // *Вестник Московского университета. Серия 4: Геология*. 2005. № 2. С. 59–65.
4. *Трофимов В. Т.* Экологическая геология. Учебник. М.: Издательство Московского университета Москва, 2024. 415 с.
5. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология. Учебник. М.: ЗАО Геоинформмарк", 2002. 415 с.
6. Экологические функции литосферы / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг, Т. А. Барабошкина и др. — М.: Изд-во МГТУ, 2000. 432 с.

FROM ECOLOGICAL FUNCTIONS OF THE LITHOSPHERE TO THE ECOLOGICAL FUNCTIONS OF ABIOTIC SPHERES OF THE EARTH

V.T. Trofimov[1], M.A. Kharkina[2]
e-mail: trofimov@rector.msu.ru[1], kharkina@mail.ru[2]
Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Moscow, Russia

Abstract. The continuity of the scientific concept of ecological geology and geoecology is shown on the base of the doctrine of ecological functions of the lithosphere and other abiotic spheres of the Earth. The content of the main ecological functions of the abiotic spheres of the Earth – resource, geodynamic, geochemical and geophysical, is formulated. The substance of the ecological functions of one of the abiotic spheres of the Earth - the atmosphere - is revealed.

Key words: lithosphere, atmosphere, biota, ecological functions, processes, geochemical fields, geophysical fields, gas resource.

УДК 550.4

ИНТЕГРАЛЬНОЕ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННО НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

И.И.Косинова, В.А.Бударина
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»

Аннотация. Техногенно нагруженные территории горнопромышленного класса отличаются значительными уровнями преобразования компонентов окружающей среды. Пространственные характеристики данных преобразований составляют по площади сотни километров, в глубину-до сотни метров. Длительно эксплуатируемы месторождения Курской магнитной аномалии сформировали стойкие факторы негативного воздействия на экосистемы. Целью настоящей работы был а эффективная диагностика сосотяния отдельных компонентов среды с последующей их интегральной сверткой. Методы исследования включали комплекс полевых эколого-геологических исследований с последующей обработкой полученных результатов. Разработана методика интегрального эколого-геологического моделирования техногенно нагруженных территорий, представленная в виде оценочной матрицы и геоинформационной системы. Методика апробирована на примере сельского поселения, находящегося в непосредственном контакте с Губкинско-Старооскольским горнопромышленным районом. Интегральная модель стала основой разработки комплекса ориентированных мероприятий по обеспечению экологической безопасности территории

Ключевые слова: Техногенез, нагрузка, территория, интегрирование, модель, экология, геология, компоненты, комфортность, среда.

Экологическое картографирование представляет собой многоплановый процесс, отображающий широкий спектр представляемой информации. Его целевое назначение универсально-обеспечение комфортности среды обитания, однако подходы для оценок данного показателя многогранны. При этом, существующие экологические карты отображают только состояние элементов биоты, что затрудняет анализ экологической ситуации в целом. Отсутствие единой методики моделирования экологической ситуации наиболее негативно сказывается при проектировании особо опасных объектов [1].

Очень интересное определение экологической карты, переведенное с английского, дает Википедия. По мнению авторов - это графическое представление различных систем, действующих в жизни человека. Согласно Э.Хартману, экологическая система как бы охватывает всего человека [2]. При всей специфичности данного представления, следует подчеркнуть, что выкладываемые в рамках инженерно-экологических изысканий экологические карты примерно соответствуют данному уровню оценок. Назвать это

научным подходом не представляется возможным. Современные научные представления об экологических картах предполагают формирование серии тематических карт, которые отображают пространственно - временные характеристики отдельных экологических факторов. Эколого-геологические исследования являются структурой общих, экологических. Они ориентированы на оценку природного, либо техногшенно измененного состояния экологических функций литосферы.

Крупномасштабные экогеологические исследования – строго целевые, что предполагает оценку и районирование экогеологической ситуации для разработки территориальных и отраслевых схем развития, размещения новых производств, районных планировок, разработки приоритетных направлений природоохранной деятельности.

Настоящая методика оценки их состояния основана на комплексном использовании экспертной оценки и типологическом экогеологическом районировании территории по количественным признакам.

Выбор системообразующих элементов исследований производится на основании экспертной оценки техногенно нагруженной территории, которая осуществляется на прединвестиционной стадии. Рассматривается краткая природно-хозяйственная характеристика, обобщается имеющаяся информация по экологическому состоянию элементов эколого-геологической системы. Изучаются сведения о существующих и проектируемых источниках воздействия на нее, учитываются данные об особенностях технологических процессов, осуществляемых в пределах исследуемых участков. Анализируется имеющаяся информация об экологических проблемах, возможных аварийных ситуациях. Производится оценка существующих профилактических и инженерных схем природоохранных мероприятий. В результате обобщения природных данных составляется экспертное заключение о структуре сбора исходной информации, включающей конкретные атрибутные и внешние факторы экогеологических систем.

Согласно п. 24 Стратегии экологической безопасности [5], современность отличается мощным возрастанием экономической активности, что предполагает акцентирование внимания на обеспечение:

- сохранения и восстановления природной среды,
- качества окружающей среды, необходимого для благоприятной жизни человека и устойчивого развития экономики,
- ликвидации накопленного вреда.

В этой связи экологическая безопасность предполагает формирование природной и искусственно созданной системы защищенности биосферы и человеческого общества в частности. На государственном уровне экологическая безопасность обеспечивает защиту отдельных государств от угроз природного и техногенного происхождения, влияющих на комфортность среды обитания.

Предлагается трехслойная структура интегрального эколого-геологического моделирования, включающая этапы непосредственного сбора информации, использования ее для диагностирования ЭГС и получения доминирующего положительного эффекта. В этой связи по организационным и технологическим признакам предполагается разделить их на три блока:

I блок – накопление информации;

II блок – эколого-геологическое картирование;

III блок – создание интегральной модели состояния эколого-геологической системы.

Использование ГИС-технологий при построении экологических карт позволяет перейти к этапу создания картографических моделей. На основе заданных параметров среды используются алгоритмы искусственного интеллекта. Методы машинного обучения включают наивный байесовский алгоритм (NB), искусственные нейронные сети (ANN), метод случайного леса (RF), метод опорных векторов (SVM) (Pal, 2005; Pal and Mather, 2005; Arsanjani et al., 2013; Cracknell and Reading, 2014; Kong et al., 2016; Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2020) и представляют различные стратегии обучения: NB – статистические

алгоритмы обучения, RF – обучаются на основе логики, SVM и ANN – персептроны. SVM и RF в целом превосходят ANN (Cracknell and Reading, 2014). Данные подходы представляют интерес при проведении научных работ, либо исследований инновационного характера.

Нами представлена методика построения интегральной эколого-геологической модели, алгоритм создания которой включает выполнение следующих операций (Рис.1):

А) Оценочная. Оценка состояния рассматриваемых эколого-геологических систем базируется на медико-санитарных параметрах. По каждому элементу среды создается оценочная тематическая карта. В случае активного развития на исследуемой территории экзогенных и инженерно-геологических процессов производится построение эколого-геодинамической карты.

Б) Методологическая. Методология допустимости/недопустимости оценочного состояния экологических ситуаций должна быть трансформирована в методологию оценки комфортности среды обитания. Данная терминология заложена в СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 и демонстрирует устойчивость природной среды. Предлагаемая методика основывается на оценках, представленных в современных методических и нормативных документах, а также на основе авторских исследований. Для каждого объекта в процессе проведения инженерно-экологических изысканий предлагается построение матрицы экологических оценок, включающей оценку абиотических и биотических компонентов окружающей среды. Отличительной особенностью методологии оценки комфортности среды обитания является расширенный спектр возможных методов оценки. Растительность является базовым элементом экологической пирамиды. В настоящее время разработано значительное количество экспресс-оценок эколого-биотического характера. Среди них: тератологический, нозологический, методы укоса, биоразнообразия, биомассы и др. Считаем, что выбор метода оценки состояния растительности определяется в зависимости от особенностей объекта исследований. Данные методы четко диагностируют экологическое состояние среды. Методология оценки комфортности среды обитания представлена в табл.1

В) Интегрирование информации. Производится путем наложения оценочных карт с применение оверлейных операций (метод просвечивания). Наличие хотя бы одного фактора абиотического, либо биотического происхождения, характеризующегося дискомфортной либо экстремальной оценкой состояния, определяет территорию в целом в разряд соответствующих градаций оценки. При моделировании на первой стадии выделяют зоны экстремальной, дискомфортной и гипокомфортной средами обитания. Участки, отнесенные к комфортной среде, характеризуются значениями факторов, максимально приближенных к естественным, обеспечивающим равновесие между живой и неживой природой, моделируются на второй стадии процесса. Визуализация интегрирования экологической информации представлена в формате матрицы.

В) Моделирование экологической зональности. В окончательном виде зональность моделируется по ведущему фактору: во-первых, наличием фактологических пространств с максимальным уровнем негативного воздействия (зоны экстремальной и дискомфортной оценок среды обитания); во-вторых – с минимальным уровнем (зоны оценки комфортности среды обитания) и, в-третьих, – промежуточные – гипокомфортная среда.

Г) Интегральная эколого-геологическая техногенно нагруженных территорий модель визуализируется в семафорном варианте: экстремальная ситуация фиксируется коричневым цветом, дискомфортная среда обитания показывается красным цветом, гипокомфортная – желтым, комфортная – зеленым.

характеризуется суммарным воздействием двух ведущих факторов, наиболее светлый обозначает территорию, где оценка состояния ЭГС определяется одним ведущим фактором.

Подобное подразделение позволяет, с одной стороны, интегрировать экологическую информацию, с другой- получить дифференцированную оценку состояния эколого-

геологических систем, что является основой максимально эффективного освоения территорий.

Легенда, как логическая классификационная основа модели, фиксирует ее объект, предмет и определяет семиотику. Разделяющая роль цветовой графики на карте очевидна. Тоновая переменная цвета дает количественную информацию, упорядочивает ее по тонам одного цвета и объединяет действие по тонам различных цветов.

Д) В пределах выделенных зон количество ведущих факторов показывается тоновыми оттенками. Наиболее темный тон определяет суммарное воздействие на территорию трех и более ведущих факторов, определяющих состояние эколого-геологической обстановки. Промежуточный - характеризуется суммарным воздействием двух ведущих факторов, наиболее светлый обозначает территорию, где оценка состояния ЭГС определяется одним ведущим фактором.

По-иному необходимо подходить к построению эколого-геофизических карт крупного масштаба. Так, например, при составлении карт техногенно нагруженных территорий в масштабе 1:10000, принимается во внимание, что воздействие техногенных физических полей будет проявлено в значительно большей степени, чем влияние природных геофизических полей. В этой связи в качестве критериев оценки эколого-геофизического состояния урбанизированной территории принимаются численные параметры постоянных и переменных техногенных физических полей, создающих экологически значимое воздействие на экосистемы и человека (табл. 2). Все параметры даются в принятых по действующим санитарным нормам и стандартам единицах измерения с указанием размерности. Подобное подразделение позволяет, с одной стороны, интегрировать экологическую информацию, с другой- получить дифференцированную оценку состояния эколого-геологических систем, что является основой максимально эффективного освоения территорий.

Е) Цифровой язык ЭГК предполагает использование цифровых и буквенных изображений. Римскими цифрами указывается зона (I – экстремальной ситуации, II – дискомфортной среды обитания, III – гипокомфортной, IV – комфортной), греческими – наличие сопутствующих факторов. Ведущие факторы определяют оценку состояния ЭГС.

Буквенные значения, определяющие качественную характеристику критериев оценки, ставятся после цифровых обозначений. Так, индекс II ПРбД 3В1 В2 должен быть прочтен следующим образом: территория оценивается, как находящаяся в состоянии дискомфортной среды обитания. Ведущими критериями формирования данной оценки являются максимальное загрязнение почв (П) и высокий уровень биохимического загрязнения растительности (Рб).

Эколого-геологическая система также подвержена воздействию депрессионной воронки с уничтожением верхних водоносных горизонтов и комплексов (Д). Уровень загрязнения поверхностных и подземных вод соответствует гипокомфортной оценке. Численные значения параметров, соответствующие выделенным таксономическим единицам, приводятся в таблице.

Настоящая методология была использована нами при эколого-геологических исследованиях части техногенно нагруженной территории Белгородской области. В частности, представлена интегральная модель эколого-геологической ситуации Троицкой сельской территории. Особенностью данной территории является ее непосредственное примыкание к объектам и технологическим циклам Губкинско-Старооскольского горнопромышленного комплекса (Рис.1).

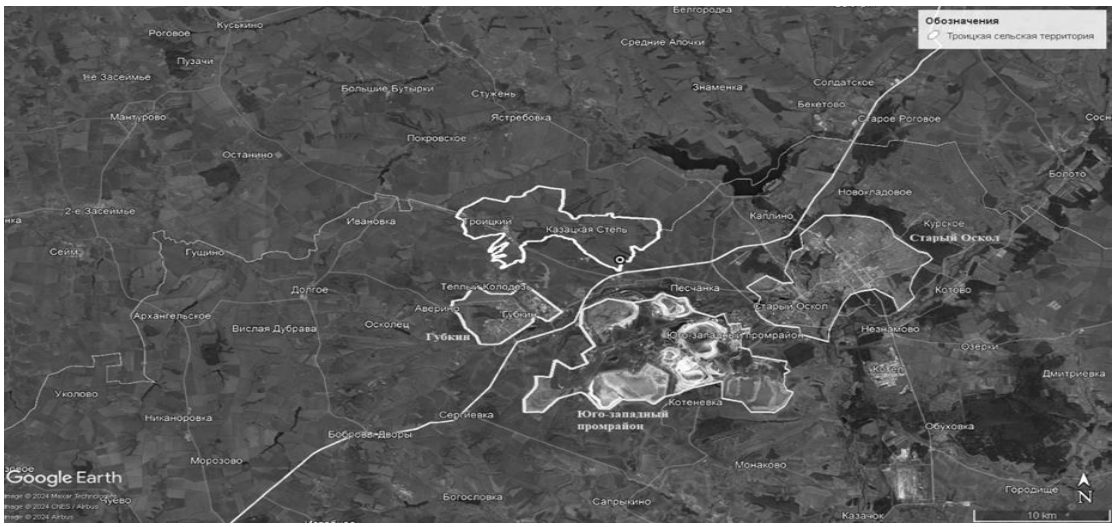


Рис. 1. Пространственное расположение Троицкой сельской территории относительно Губкинско-Старооскольского горнопромышленного района

Функциональное зонирование Троицкой сельской территории Белгородской области характеризуется наличием следующих зон: водохозяйственная, селитебная, промышленная, зона захоронения, сельскохозяйственная и другие виды территориальных зон (рис. 2).

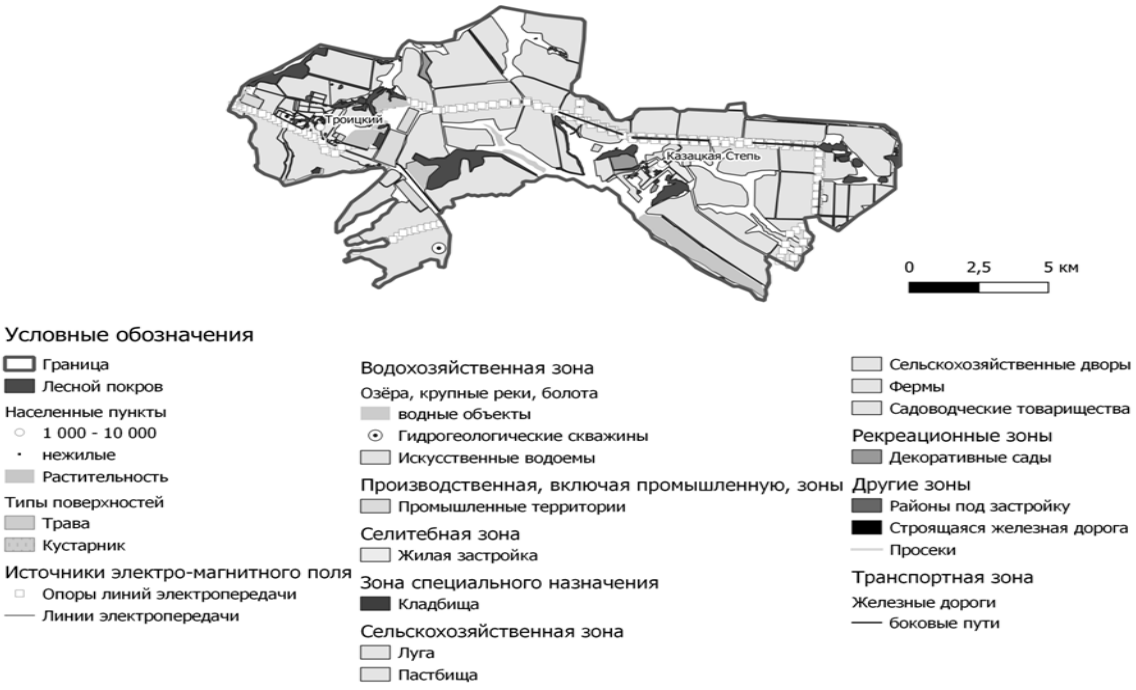


Рис. 2 — Карта функционального зонирования Троицкого сельского поселения

Сельскохозяйственная зона

Зона занимает 80,49% всей площади территории (рис 3). К данной зоне относятся: декоративные сады, луга, пастбища, сельскохозяйственные дворы, фермы и садоводческие товарищества. На данных территориях выращивают сельскохозяйственные культуры, с помощью которых развивают промышленность и экономику региона.

Таблица 1

Классификация степени комфортности среды обитания техногенно нагруженных территорий

Оценка степени комфортности среды обитания	Почвы		Донные отложения		Подземная гидросфера			Поверхностные воды		Растительность				
	Токсические элементы (СПК)	Органические соединения (ПДК)	Токсические элементы (СПК)	Органические соединения (ПДК)	Гидродинамическая обстановка (% изменения уровня при водоотборе)	Гидрогеохимическая характеристика (ПДК)		Токсические химические элементы, макроэлементы, органические элементы (ПДК)		Биогеохимический критерий оценки нарушенности биогеоценозов по содержанию цинка, мг/кг (по	Биологическое разнообразия, Кк относительно фоновых значений	Плотность проективного покрытия %	Коэффициент симметрии (травянистая растительность, %)	Рекреационная деградация лесной среды. Погибшие деревья, %
						Загрязняющие элементы								
						1 и 2 классы опасности	3-4 кл. опасности	1-2 кл. опасности	3-4 кл. опасности					
Комфортная	<16	<1	<16	<1	<20	<1	<1	<1	<1	<60	1	> 60	91-100	90-100
Гипокомфортная.	16-32	1-5	16-32	1-5	20-60	1-2	1-5	1.-2.5	1-5	60-100	0.9-0.6	41-59	75-90	89-50
Дискомфортная.	32-128	5-10	32-128	5-10	60-80	2-5	5-10	2.5-5	5-10	100-500	0.5-0.2	21-40	50-74	49-21
Экстремальная	>128	>10	>128	>10	>80	>5	>10	>5	>10	>500	<0,2	<20	<50	<20

Таблица 2

Критерии оценки эколого геофизического состояния техногенно нагруженных территорий по экологически значимым воздействиям техногенных физических полей на человека и экосистемы

	Радиационное (м Зв/год)	Электромагнитное поле: Напряженность электрической составляющей (В/м)					лотность потока энергии (Вт/м^2)	Напряженность магнитной составляющей (кА/м)		Вибрационное (мм/с)	Акустическое (дБ)	Температурное (аномалии относительно фона △ Т°)		Для человека			Для экосистем	
		Электростат. Поле	50 Гц	Частоты (Мгц) 0,06-3	3-30	30-300	ГГц) 3-300	Частоты (Мгц) 0,06-1,5	30-50					Проявленность воздействия	Общая экологическая оценка	Уровень общей заболеваемости (03)	Проявленность воздействия	Состояние экосистем
Удовлетворительнос	< 1	< 2 * 10^3	< 5 * 10^2	< 100	< 50	< 1	< 0,05	1-2	< 0-1	< 0,01	< 10	<5	<1	Практически не ощутимо	Здоровье	Низкий	Практически не проявляется	Норма (Н)
Условно-удовлетворительное	3-5	< 3 *10^3	< 1 * 10^3	< 200	< 100	< 2,5	< 0,1	3-4	0,1-0,2	0,02-0,05	10-30	< 10	<3	Слабо ощутимый дискомфорт	Напряжение	Увеличение ОЗ	Обратимая адаптация фито- и биоценозов	Риск (Р)
Неудовлетворительнос	> 5	< 4 * 10^3	<3 * 10^3	300-600	200-300	2,5-5	0,5	4-5	0,2-0.3	0,05-0,12	30-50	10-20	<5	Ухудшение самочувствия	Утомление	Увеличение 03, обострение хронических заболеваний	Наличие необратимых изменений фито- и биоценозов	Кризис (К)
Катастрофическое	>10	> 6 * 10^3	>5 * 10^3	> 600	> 300	>5	> 1	>5	> 0,3	> 0,12	> 50	>24	>7	Резкое ухудшение самочувствия	Болезнь	Резкое увеличение 03, заболевания детей	Дизадаптация фитом биоценозов	Бедствие (Б)
	Виды заболеваний человека при воздействиях физических полей																Особенности деградации экосистем, связанные с влиянием физических полей	
	Онкологические заболевания; луч евя болезнь	Снижение иммунитета, системные и нервные заболевания; нарушение работы сердечно-сосудистой системы; аварийный травматизм; заболевание мозга и органов зрения; заболевания бронхов и легких (в стадии изучения); неблагоприятные генетические последствия (в стадии изучения)					Заболевания вестибулярного аппарата, органов дыхания; поражение тканей, суставов; неврозы;	Снижение слуха, невриты; нервные системные заболевания; снижение	Онкологические заболевания; заболевание желез внутренней секреции; легочные, сердечно-	Резкое увеличение общей заболеваемости; резкое увеличение всех видов заболеваний, вызываемых							Необратимые нарушения биотического обмена, процессов метаболизма; мутации. патологические биотические процессы	

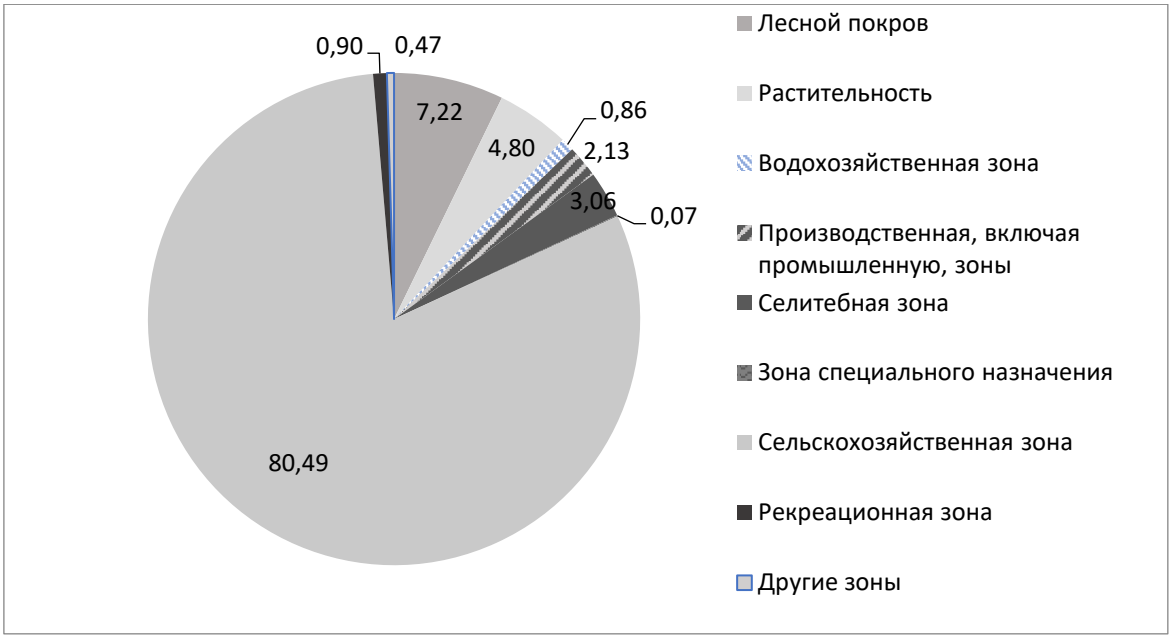


Рис.3 — Диаграмма процентного соотношения функциональных зон Троицкого сельского поселения.

Лесохозяйственная зона

Зона занимает 7,22% всей площади территории. В нее входят смешанные, хвойные и лиственные леса.

Водохозяйственная зона

Зона занимает 0,86% всей площади территории. К данной зоне относятся: гидрогеологические скважины, искусственные водоемы и озера.

Селитебная зона

Зона занимает 3,06% всей площади территории. Жилая застройка находится в западной и юго-восточной части территории. К данной зоне относятся: жилые застройки, магазины, административные здания и зоны отдыха.

Производственная, включая промышленную, составляет 2.13%. Однако располагающийся в непосредственном контакте Губкинско-Старооскольский горнопромышленный комплекс, оказывает прямое воздействие на все компоненты окружающей среды.

Площадная характеристика исследуемой территории представлена в табл.3.

Таблица3

Площадная характеристика Троицкого сельского поселения

Наименование зоны	**Площадь, км^2**	**Доля от общей площади, %**
Сельскохозяйственная зона	38,544	80,49
Лесной покров	3,457	7,22
Растительность	2,3	4,80
Селитебная зона	1,463	3,06
Производственная, включая промышленную, зоны	1,022	2,13
Рекреационная зона	0,43	0,90
Водохозяйственная зона	0,413	0,86
Зона специального назначения	0,033	0,07
Другие виды территориальных зон	0,223	0,47

В геологическом строении территории принимают участие неоген-четвертичные и меловые отложения. Всю площадь Троицкогой сельской территории (СТ) пересекает крупная овражная система широтного направления. Южнее исследуемой территории располагается. Матрица экологической оценки, положенная в основу интегральной модели Троицкой СТ представлена на рис.3, Матрица дифференцировано визуализирует экологическую ситуацию на объекте. Для исследуемого района выделено экстремальное экологическое состояние водных объектов. Нами был проведен анализ развития депрессионной воронки по материалам ОАО «ВИОГЕМ» на период 2014-2020 гг. Следует подчеркнуть сложность формирования эколого-гидрогеологической ситуации, которая представляет собой плотное сочленение бугров подтопления и депрессией. Так на момент 2014 года фиксируется единая депрессионная воронка, охватывающая карьер Лебединского и Стойленского ГОКов. Общая гидроизогипса альб-сеноманского водоносного комплекса 125 м. При этом падения уровня в каждом из карьеров составляет 25 м до отметки 100м.

Отличительной особенностью Лебединского ГОКа является крутой угол воронки депрессии, что связано с его большими размерами относительно Стойленского (примерно в 2 раза). В южной части депрессионной воронки сформировались бугры подтопления в района хвостохранилищ Лебединского и Стойленского ГОКов. Подъемы уровней альб-сеноманского водоносного комплекса в центральной части составляют 50м, достигая отметки 175 м. Радиус бугра подтопления Стойленского ГОКа составляет около 5 км, Лебединского – около 8 км. Троицкая сельская территория находится в пределах северной части депрессионной воронки.

Элементом интегральной эколого-геологической модели является матрица состояния техногенно нарушенной территории (Рис.4).

Компонент окружающей среды	Степень комфортности среды обитания	Комфортная	Гипокомфортная	Дискомфортная	Экстремальная
Физические поля		100%	–	–	–
Растительность		50%	50% (Zn)		
Почвы и грунты		–	100% (Ba, V)	–	–
Поверхностные воды		–	–	–	100% (NH4, ХПК, БПК)
Подземные воды	Колодцы	–	100% (Cd, ОЖ)	–	–
	Скважины	100% (О)			
	Гидрогеодинамическая обстановка	–	–	–	100% (депрессионная воронка)

Рис.4. Матрица эколого-экологической оценки площади Троицкой сельской территории

Она на количественной основе интегрирует информацию по состоянию анализируемого компонента окружающей среды и в цветовой гамме определяет комфортность среды обитания. Ее инновационным моментом является определение доли каждого элемента в интегральной оценке эколого-геологической ситуации. Так при анализе представляемой матрицы четко прослеживаются уровни трансформации компонентов среды. Так для исследуемой территории ведущим элементом экологической опасности является состояние поверхностных и подземных вод. Это обусловлено как повсеместным загрязнением вод нитратами, так и уничтожением верхних водоносных горизонтов и комплексов депрессионной воронкой Стойленского ГОКа. Здесь комфортность среды обитания оценивается как экстремальная. Радиус общей воронки составляет по разным источникам от десятков до сотни километров. В результате на исследуемой территории полностью сработаны водоносные горизонты и комплексы палеогенового и четвертичного возраста/ Экстремальная ситуация

зафиксирована также для материала накопителей отстойников, располагающихся в основной овражной системе сельской территории.

Негативные экологические тенденции демонстрируются в матрице относительно состояния почв, грунтов. В почвах и грунтах зафиксировано повсеместное загрязнение барием и ванадием. Развитие интегральной модели представлено на рис.5, демонстрирующем ее пространственные характеристики и показатели качества.

Моделирование ситуации позволило выявить основные негативные тенденции, связанные с формированием экологической ситуации Троицкой сельской территории. Они проявлены в повсеместном распространении депрессионной воронки, сформировавшейся в результате отработки Лебединского и Стойленского ГОКов.

Представленная интегральная модель экологического состояния территории предлагается как итоговый документ комплексных эколого-геологических исследований. При необходимости она включает информацию по особо охраняемым природным территориям. Также дополняется картой экологических ограничений. При построении модели может быть использован широкий спектр программных продуктов-от Surfer до искусственного интеллекта.

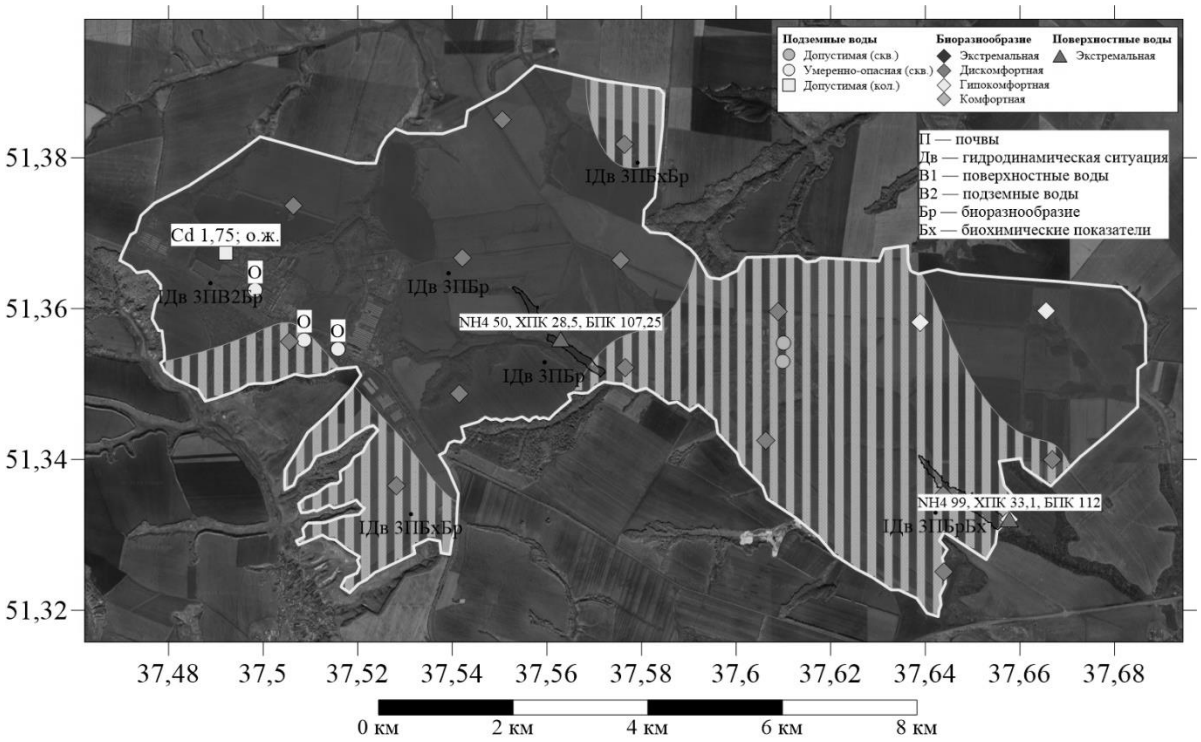


Рис.5. Интегральная эколого-геологическая модель элемента техногенно нагруженной территории Губкинско-Старооскольского горнопромышленного комплекса.

Интегральные экологические модели являются базовыми для последующих прогнозов и рекомендаций при освоении техногенно нагруженных территорий, в особенности горнопромышленного типа. Для повышения эффективности их использования путем применения искусственного интеллекта они должны быть трансформированы в интерактивные, постоянно действующие модели, аккумулирующие результаты экологического мониторинга и обеспечивающие комфортность среды обитания и экологическую безопасность населения.

Литература.

1. Градостроительный кодекс РФ, статья 48.1
2. Atteneave C. Social networks as the unit of intervention. In P. J. Guerin (ed.), Familytherapy theory and practice. New York: Gardner Press, 1976.

3. Стурман В.И. Экологическое картографирование/учебное пособие//Изд-во Лань, 2021г.
4. Косинова И.И., Гуман О.М., Бударина В.А. Ильяш В.В. Методы эколого-геологических исследований и рациональное недропользование: Учебник – Воронеж: Изд-во Научная книга, 2022, 348с.
5. Середович В.А. Основные принципы создания интегральных экологических карт в системе экологического мониторинга/В.А. Середович, И.В. Лесных, О.Н. Николаева, В.С. Корсун, В.П. Суслин, А.С. Юдин, В.В. Турбинский, В.А. Чирков//CYBERLENINCA, 7стр.

INTEGRAL ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL MODELING OF TECHNOGENICALLY LOADED TERRITORIES

I.I.Kosinova, V.A.Budarina
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University"

Abstract. Technogenically loaded territories of the mining industry class are characterized by significant levels of transformation of environmental components. The spatial characteristics of these transformations cover hundreds of kilometers in area and up to hundreds of meters in depth. The long-term exploitation of the Kursk Magnetic Anomaly deposits has led to persistent negative impacts on ecosystems. The purpose of this work is to effectively diagnose the state of individual environmental components and then integrate them. The research methods include a comprehensive field-based ecological and geological study, followed by data analysis. The research methods included a set of field ecological and geological studies, followed by processing of the results. A method of integrated ecological and geological modeling of technogenically loaded territories has been developed, presented in the form of an assessment matrix and a geoinformation system. The method was tested on the example of a rural settlement that is in close contact with the Gubkinsko-Starooskolsky mining district. The integrated model became the basis for developing a set of targeted measures to ensure the environmental safety of the territory.

Keywords: Technogenesis, load, territory, integration, model, ecology, geology, components, comfort, environment.

УДК 349.6 + 550.4

ОПЫТ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ И СЕВАСТОПОЛЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, МОНИТОРИНГА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ

В.М. Артеменко
Российское геологическое общество, член исполкома, Москва, Севастопольское РО РОСГЕО, Севастополь, Россия
e-mail: artemenko_bm@mail.ru

Аннотация. Результаты инженерно-экологических изысканий необходимо передавать территориальным органам Росприроднадзора для осуществления мониторинга природной среды и обеспечения экологической безопасности. Целесообразно включать в состав государственных комиссий по приемке объектов завершенного строительства представителей территориальных органов Росприроднадзора.

Ключевые слова: инженерно-экологические изыскания, оценка экологического состояния территории, фоновые концентрации, государственная комиссия

Предпроектные инженерные изыскания являются обязательной частью градостроительной деятельности, обеспечивающей комплексное изучение природных условий территории (региона, района, площадки, участка, трассы) и факторов техногенного воздействия на территорию объектов капитального строительства.

Согласно "СП 47.13330.2016. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96" [5] к основным видам инженерных изысканий относятся: инженерно-геодезические; инженерно-геологические; инженерно-гидрометеорологические и инженерно-экологические.

Предусмотренные нормативным документом инженерно-экологические изыскания выполняются для получения материалов и данных о состоянии компонентов окружающей среды и возможных источниках ее загрязнения необходимых для подготовки документов территориального планирования, документации по планировке территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции зданий и сооружений.

Инженерно-экологические изыскания должны обеспечивать: оценку экологического состояния территории; оценку воздействия на окружающую среду планируемой градостроительной деятельности (оценку экологической пригодности участка для строительства, оценку воздействия на окружающую среду в период строительства); обоснования в проектной документации мероприятий по охране окружающей среды; принятия решений по организации и проведению экологического мониторинга и др.

В состав инженерно-экологических изысканий входят следующие основные виды работ: обобщение материалов инженерно-экологических изысканий прошлых лет, опубликованных и фондовых материалов и данных о состоянии компонентов природной среды; выявление возможных источников загрязнения атмосферного воздуха, почв (или грунтов), поверхностных и подземных вод, донных отложений в поверхностных водных объектах и др.

По требованию нормативных документов в компонентах окружающей природной среды анализируются и оценивается загрязнение:

- в атмосферном воздухе – взвешенные вещества, оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, бенз(а)пирен, формальдегид, сероводород:
- в почве – свинец, цинк, ртуть, кадмий, бенз(а)пирен, никель, кобальт, медь; санитарно-эпидемиологическое качество почвы – бактериологические и паразитологические показатели;
- в поверхностных водах – СПАВ, нефтепродукты, кадмий, медь ,цинк, никель, мышьяк, свинец, сульфаты, pH, нитраты, нитриты, ХПК;
- в подземных водах – pH, окисляемость перманганатная, аммиак, нитрит-ион, нитраты, жесткость, общая минерализация, хлориды, сульфаты, мышьяк, фториды, железо, марганец;
- в морских водах – нефтяные углеводороды, растворенный кислород, pH, хлорированные углеводороды, тяжелые металлы (Hg. Pb, Cd, Cu), фенолы, СПАВ, нитритный азот, кремний, соленость воды.
- радиационная обстановка – радиационная доза гамма-излучения, плотность потока радона с поверхности почвы;
- физические воздействия – электромагнитные поля, уровни звука и эквивалентные уровни звука и другие.

Приведенный выше неполный перечень показателей и другие аналитические данные отражаются в техническом отчете о результатах инженерно-экологических изысканий. Большая часть упомянутого отчета, но не вся, перемещается в проект объекта строительства.

С возвращением Республики Крым и города Севастополя «в родную гавань» на Крымском полуострове развернулись масштабные строительные работы. Нами были выполнены инженерно-экологические изыскания на 77-ми участках проектируемого строительства в Симферополе, Севастополе, Ялте, Керчи, Феодосии, Джанкое, Саках, в небольших населенных пунктах и за их границами – в степных, лесных, предгорных, горных, прибрежно-морских ландшафтах [1].

Исходя из полученных результатов и опираясь на личный опыт работы на региональном уровне в сферах управления и охраны окружающей среды, экологической инспекции, экологической экспертизы и экологического аудита, и экологической экспертизы, образовательной – в ряде ВУЗов [2, 3] были сделаны отдельные выводы общего и частного порядка:

1. Далеко не все результаты инженерно- – экологических, -геологических, -геодезических, -гидрометеорологических изысканий учитываются при проектировании, либо не реализуются при строительстве. Яркий пример - подтопления жилых построек в маловодном Крыму и Севастополе. Телевидение 2024 года показало массовые подтопления по всей России. Проблема подтопления напрямую связана с низким качеством изысканий, безответственным проектированием и экспертизой проектов. Недопустимо необоснованно и беспечно застраивать поймы рек! По определению: пойма реки – территория периодически затапливаемая реками.

2. В Республике Крым и Севастополе отсутствуют принятые (утвержденные) региональные фоновые концентрации контролируемых компонентов в наиболее распространенных типах почв Крымского полуострова. Для повышения достоверностости результатов эколого-геохимических исследований почв при инженерно-экологических изысканиях необходимо выполнить работы по определению региональных фоновых концентраций обязательный контролируемых компонентов в наиболее распространенных типах почв региона.

3. Фоновые концентрации загрязняющих веществ атмосферного воздуха, выдаваемые Региональным управлением Гидрометцентра, в ряде случаев превышают ПДК (в том числе в пределах курортный территорий). По – видимому, целесообразно территориальным органам государственного контроля и надзора провести анализ ситуации, где фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе превышают ПДК.

4. Негосударственные лицензированные малые предприятия нередко выдают, мягко говоря, необъективную информацию об экологическом состоянии почв, микробиологических исследований почв и др. Необходимо обеспечить государственный контроль за деятельность всех лицензированных частных предприятий, осуществляющих инженерно-изыскательские работы, за качеством работы их лабораторий;

5. Представляется целесообразной безотлагательная обязательная передача технических отчетов (хотя бы на электронных носителях об инженерно-экологических, инженерно-геологических изысканиях), по мере их готовности и после прохождения экспертизы, в региональные структуры исполнительной власти - в Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым и Департамент природных ресурсов и экологии города Севастополя для использования в осуществлении регионального экологического мониторинга и обеспечения экологической безопасности.

6. Региональные органы экологии и природный ресурсов не получают информацию о результатах инженерно-экологических изысканий для проектирования строительства, не проводят экологическую экспертизу ОВОС проектов строительства (за исключением проектов строительства на особо охраняемых природных территориях).

Градостроительный кодекс РФ (ФЗ №117 от 2005) [4] и СП 68.13330.2017 (Свод правил. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов…) [6] не предусматривают участие в Госкомиссии по приемке в эксплуатацию законченных строительством объектов представителя региональных (территориальных) органов экологии и природных ресурсов. Иными словами, региональные государственные экологические структуры не владеют экологической информацией и никак не участвуют в надзоре и контроле объектов нового строительства.

Необходимо включить в обязательный состав Государственных комиссий по приемке объектов завершенного строительства представителей Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым и/или Департамента природных ресурсов и экологии города Севастополя (по территориальной принадлежности объекта).

Литература.

1. Артеменко В.М. Инженерно-экологические изыскания – источник оригинальной информации для мониторинга окружающей природной среды и экологической безопасности

региона// Материалы Всероссийской научно–практ. конф. «Актуальные проблемы экологической геохимии», 26 – 27 ноября 2024 г. М.: ИМГРЭ, 2024. С. 13 - 16
2. Градостроительный Кодекс РФ от 22.07.2005 № 117 ФЗ; (с изменениями от 24.06.25 г.) Федеральный закон от 22.07.2005 №117 ФЗ.
1. 3.СП 47.13330.2016. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96"
2. 4.СП 68.13330.2017. Свод правил. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 3.01.04 – 87

EXPERIENCE OF ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL SURVEYS IN THE REPUBLIC OF CRIMEA AND SEVASTOPOL FOR CONSTRUCTION DESIGN, ENVIRONMENTAL MONITORING AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF REGIONS

V.M. Artemenko
Russian Geological Society, Member of the Executive Committee, Moscow, Sevastopol regional Office ROSGEO, Sevastopol, Russia
e-mail: artemenko_bm@mail.ru

Abstract. The results of engineering and environmental surveys should be transferred to the territorial bodies of Rosprirodnadzor for monitoring the natural environment and ensuring environmental safety. It is advisable to include representatives of the territorial bodies of Rosprirodnadzor in the state commissions for the acceptance of completed construction projects.

*Keywords***:** engineering and environmental surveys; assessment of the ecological condition of the territory; background concentrations; the State Commission

УДК 504.064

НООСФЕРНОЕ МЫШЛЕНИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ДОНБАССЕ

Т.П. Волкова
ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела» (ФГБНУ «РАНИМИ»), г. Донецк, ДНР, Россия
e-mail:voltep@rambler.ru

Аннотация. Приведены данные современного состояния биосферы в Донбассе. Проведен сравнительный анализ загрязнения всех составляющих окружающей среды предприятиями различных отраслей промышленности.

Ключевые слова: биосфера, литосфера, ноосфера, техногенез, выбросы предприятий

В наши дни человечество пришло к осознанию глобальных экологических проблем и необходимости следования единой концепции общественной безопасности, целью которой является противостояние угрозе вымирания жизни на планете вследствие агрессивного воздействия человека на природу [1]. Рост населения, ограниченность источников энергии, ресурсов пресной воды и полезных ископаемых, загрязнение почвы, воды и воздуха, военные конфликты привели к демографическому, энергетическому, экологическому и геополитическому кризисам. Актуальной стала задача поиска выхода из этой ситуации.

Многие научные и философские труды ученых доказывают, что деятельность человека должна быть направлена на гармоничное существование с природой. Труды выдающегося ученого В.И. Вернадского были посвящены ноосфере - гипотетической области

взаимодействия общества и природы. Он верил в «сознательное направление организованности ноосферы», когда разум будет преображать планету без ущерба Природе. В границах ноосферы разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором развития Планеты [2]. Успехи определяются степенью развития сознательного отношения общества к природе и соблюдению ряда условий, одним из которых было отсутствие войн на планете. Но не только войны, вызванные низким уровнем развития социального сознания, представляют собой угрозу для цивилизации, которая находится на техногенном пути развития. Сложность ситуации, в которой сегодня находится наша планета, определяется глубоким разрывом между техническими возможностями человека и его нравственным развитием. Задача формирования ноосферного мировоззрения, о котором говорил В.И. Вернадский, требует соблюдения ряда обязанностей по отношению к природе. Необходимо преодолеть разрыв между разумом и интеллектом, который является главным препятствием на пути формирования ноосферного мышления, которое может быть основой дальнейшего благополучного развития общества [3]. Главной экологической функцией литосферы является обеспечение биосферы ресурсами, которые нужны для ее существования. В процессе человеческой деятельности происходит преобразование литосферы в техносферу. Ресурсы литосферы относятся к категории исчерпаемых, поэтому разумный, «ноосферный» подход должен быть основой их использования в эпоху техногенеза.

Защита окружающей среды — это комплексная проблема, решение которой возможно с помощью ученых разных специальностей. На современном этапе ноосферного развития, в первую очередь, требуют решения социально-экономические задачи, направленные на улучшение условий жизни человека, сохранение его здоровья. На нашей планете всего лишь 28 % её площади не затронуто техническими процессами [3]. На экологию биосферы, в первую очередь, влияет добыча и переработка полезных ископаемых, определяющая напряженную экологическую обстановку в горнодобывающих регионах. Прежде всего она связана с нарушением первичных ландшафтов и накоплением промышленных отходов. Остро стоит проблема утилизации техногенных материалов и отходов, для решения которой до сих пор не разработаны оптимальные схемы и технологии. Дискутируется проблема эффективности мусороперерабатывающих заводов, расходующих не только значительную энергию, но и выбрасывающих в окружающую среду большой объем загрязняющих веществ.

Проблема утилизации техногенных материалов и отходов стала критичной только во второй половине 20-го века. Связано это с тем, что ранее человечество повторно использовало отходы производства в виде металлического лома и макулатуры. Активное развитие химического производства позволила получить множество новых материалов, не разлагающихся в природе. Это и привело к тому, что одной из самых острых проблем стала проблема утилизации техногенных и бытовых отходов в индустриальных мегаполисах.

Донбасс – регион с высоким уровнем индустриального развития. Это определяет значительные масштабы и многообразие антропогенного воздействия на окружающую природную среду. Уже вначале этого века Донбасс характеризовался как «зона экологического бедствия». Основная отрасль промышленности Донбасса - угледобывающая всегда считалась экологически опасной [4]. Наиболее типичными экологическими проблемами для угледобывающих регионов являются: подъем уровня подземных вод, подтопление и заболачивание территории, ухудшение качества воды поверхностных и подземных вод, выделение из выработок токсичных и взрывоопасных газов, активизация микросейсмических явлений, снижение размеров площадей для хозяйственного использования вследствие размещения на них промышленных отходов [2].

До 2014 года основным загрязнителем атмосферы Донбасса была металлургическая отрасль. Следующими по величине вклада (около трети выбросов загрязняющих веществ в атмосферу) приходилось на шахты и теплоэлектростанции. В настоящее время максимальное загрязнение атмосферного воздуха в ДНР дают предприятия энергетической отрасли. на территории ДНР работают две теплоэлектростанции - Старобешевская и Зуевская ТЭС, готовятся к запуску Углегорская, Кураховская и Мироновская ТЭС, находящиеся на

освобожденных территориях. До 2014 года на энергетических блоках Старобешевской ТЭС и Зуевской ТЭС были установлены и функционировали системы автоматического контроля выбросов в атмосферный воздух. После начала боевых действий возникли проблемы с эксплуатацией и обслуживанием этих систем, в результате чего оборудование постепенно вышло из строя. Поэтому важной задачей является возобновление работы системы автоматического контроля выбросов в атмосферный воздух.

На долю предприятий по добыче каменного угля, по итогам 2021 года, приходится около 30% выбросов загрязняющих веществ, что связано с реализацией программы по реструктуризации угольной отрасли и закрытием многих шахт. Выбросы от предприятий металлургической и коксохимической отраслей промышленности значительно уменьшились и составили около 5 % от общего количества выбросов [4]. Небольшая доля выбросов этих отраслей промышленности связана с режимом их работы в этот период существования Донбасса. Несмотря на значительный отток населения из региона, для многих городов предприятия угольной отрасли сохраняют статус «градообразующих». Закрытие предприятий угольной отрасли приводит к скоплению метана в горных выработках, подтоплению территорий шахтными водами, проседанию зданий и сооружений, что усиливает напряженную экологическую ситуацию.

Отходы предприятий угольной отрасли являются большой проблемой нашего региона. На территории ДНР находится более 600 породных отвалов и золоотвалов, более половины из которых не имеют собственника и не стоят на балансе. Большая часть из них не рекультивирована, реже является горящими. Трудности регион испытывает и с бытовыми отходами. Старый полигон переполнен, а новый не определен. Для приведения системы обращения с отходами к общероссийским нормам, в ДНР разработан проект территориальной схемы обращения с отходами, которая предусматривает оптимизацию логистики по сбору отходов, строительство современных комплексов по их переработке, новых полигонов размещения отходов, а также производственных мощностей по их утилизации. Для решения проблем в сфере обращения с отходами производства и потребления в ближайшие 3 года запланировано создание объектов обращения с отходами, а именно строительство экопромышленного парка на территории бывшего металлургического комбината «Азовсталь» в г. Мариуполь [4]. Есть надежда, что ввод в эксплуатацию данного объекта позволит минимизировать объем твердых отходов на полигонах, вовлечь в повторный промышленный оборот вторичное сырье.

Вооруженная агрессия со стороны Украины существенно ухудшила и без того сложную экологическую обстановку на Донбассе. Важнейшей задачей в Донецкой Народной Республике является выявление объектов накопленного вреда окружающей среде. Это связано с предприятиями, которые не работают или ограниченно работают в связи с постоянными обстрелами, но обстановка производства может привести еще к большей опасности для населения. К ним относятся шахты Петровского района г. Донецка, которые из-за ежедневных обстрелов не могут нормально работать. Ясиноватский машиностроительный завод постоянно страдает от разрушений и попаданий снарядов. Крупнейшее государственное предприятие «Горловский химический завод» (завод "Стирол"), расположенное в г. Горловке, является примером объекта накопленного вреда окружающей среде. Завод был построен в 1930-х годах. Предприятие занималось производством химических, в том числе, взрывчатых веществ. В начале 1990-х годов завод прекратил свою деятельность, но все опасные отходы производства и остатки опасных химических веществ остались на территории завода. Исследование проб воды в зоне влияния объекта показали превышения ПДК по фенолам, нефтепродуктам, азоту аммонийному, нитритам и марганцу [4]. Летом 2022 года была организована совместная работа со специалистами войск радиационной, химической и биологической защиты МО России. Мероприятия по ликвидации негативного влияния на окружающую среду Горловского химического завода были включены в программу социально-экономического развития ДНР на 2023-2025 гг.

Донбасс практически всегда относился к регионам с недостаточным обеспечением водными ресурсами. В наши дни данная проблема стоит еще более остро. Это связано с нарушением горными выработками горизонтов подземных вод, использованием больших объемов воды в процессе работы промышленных предприятий, а также с расположением крупных водозаборных станций на территории, подконтрольной Украине. Население городов ДНР уже давно забыло, когда вода в дома и предприятия поступала круглосуточно. Сегодня ее дают раз в три дня. И это большое счастье для жителей Донецка и других городов ДНР, когда она поднимается в краны многоэтажных домов. Для водоснабжения населения ДНР был сооружен водовод «Дон-Донбасс», который не решил эту проблему. В настоящее время происходит размещение пластиковых емкостей для воды во дворах многоэтажных домов. Это привело к образованию постоянной очереди за водой и проблеме ее поднятия на этажи для людей преклонного возраста. Есть намерения привлечения шахтных вод для использования в технических целях.

В процессе эксплуатации угольных месторождений и в результате закрытия нерентабельных шахт, значительно увеличился водообмен между горизонтами подземных вод и поверхностными водотоками. Поступление техногенных шахтных вод в водоносные горизонты формирует ореолы загрязненных подземных вод, непригодных для хозяйственного и питьевого водоснабжения местного населения. За счет поступления сбросов шахтных вод в речную сеть значительно ухудшилось качество поверхностных вод. Такие результаты отмечались рядом исследователей при ликвидации всех шахт Восточного Донбасса [2]. Минимизация воздействия техногенных шахтных вод на поверхностную и подземную гидросферы должна быть приоритетной задачей природоохранных органов.

Донбасс всегда был богат сельскохозяйственными землями. Во время боевых действий происходит загрязнение и засорение почв в результате сгорания боеприпасов, разливе и сгорании горюче-смазочных материалов, повреждается почвенный покров. Часть сельскохозяйственных земель была заминирована еще в 2015 году и не разминирована до сих пор, потому как сделать это сейчас не представляется возможным. Но даже в освобожденных районах земли придется сначала очистить от неразорвавшихся снарядов, остатков мин, осколков, брошенной техники. Неразорвавшиеся боеприпасы грозят человеческими жертвами, а брошенная техника наносит серьезный ущерб плодородности почв и качеству подземных вод. Лишь по самым оптимистичным оценкам и прогнозам на то, чтобы извлечь все мины и боеприпасы, находящиеся в земле и в водной среде, понадобится не менее десяти лет после того, как военные действия будут полностью прекращены.

На территории Донецкой Народной Республики накоплено большое количество химических средств защиты растений. Учитывая их токсичность и плохое состояние хранения, увеличиваются риски загрязнения почвенного слоя и подземных водоносных горизонтов. Именно в районах, прилегающих к линии фронта, сложно дать полную объективную оценку состоянию окружающей среды и остановить процесс ухудшения экологической обстановки.

Донбасс всегда имел самобытную природу, большое число заповедников, ландшафтных парков и заказников. Наиболее известными из них являются парки "Меотида" на побережье Азовского моря, "Донецкий кряж", и заповедник "Каменные могилы". Бесконечные обстрелы Донбасса не только уносят жизни людей, уничтожают города и промышленность. Они также наносят большой урон заповедникам региона: погибшие от осколков и пожаров редкие животные и птицы, уничтоженные краснокнижные растения, повреждена степная растительность с редкими видами и около 1300 га леса. К особо опасным факторам следует отнести загрязнение почв от боеприпасов с фосфором. Ещё до 2022 было установлено 12-кратное превышение норм ПДК по общему фосфору и более, чем 240-кратное превышение фонового значения по подвижному фосфору [4]. И сейчас эта опасность сохраняется.

Экологические проблемы Донбасса требуют комплексного подхода к их решению. Наиболее важной, требующей быстрейшего решения, является проблема увеличения водных

ресурсов ДНР. Откладывать решение этой проблемы на момент окончания СВО и восстановления канала «Северский Донец - Донбасс» означает дальнейшее ухудшение здоровья населения и состояния окружающей среды Донбасса. По-прежнему актуальными остаются вопросы улучшение системы управления отходами, снабжение промышленных предприятий новейшим оборудованием и внедрением современных технологий добычи и переработки полезных ископаемых. Только совместными усилиями общества, государства и бизнеса можно достичь устойчивого будущего для Донбасса и создания благоприятной среды для проживания на его территориях.

Литература.

1. Вернадский, В.И. Научная мысль как планетное явление // Москва. – 1972. – 475 с.
2. Закруткин, В. Е. Угледобывающие районы как очаг экологической напряженности / В. Е. Закруткин, Е. В. Гибков, Г. Ю. Скляренко, О. С. Решетняк // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. - 2018. - № 2. - С. 75-83.
3. Режабек, Б. Г. Учение о ноосфере для широкого круга читателей // М.: ИНРИ. - 2015. – 96 с.
4. Государственный комитет по экологической политике и природным ресурсам при главе Донецкой Народной Республике. https://gkecopoldnr.ru/category/publication/

NOOSPHERIC THINKING AND MODERN COMPONENTS OF THE ENVIRONMENTAL SITUATION IN DONBASS

T. P. Volkova
FGBNU «Republican Academic Research and Design Institute of Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Surveying» (FGBNU «RANIMI»), Donetsk, DPR, Russia
e-mail:voltep@rambler.ru

Abstract. The data on the current state of the biosphere in Donbass are presented. A comparative analysis of pollution of all environmental components by enterprises of various industries has been carried out.

Keywords: biosphere, lithosphere, noosphere, technogenesis, emissions from enterprises.

УДК 551.477

К ПРОБЛЕМЕ ИЗУЧЕНИЯ СВЯЗИ СЕЙСМИЧНОСТИ И ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ С ЦЕЛЬЮ КОНТРОЛЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОЙ ЗОНЕ

Ю.М. Вольфман, В.С. Гобаренко, М.Н. Бондарь, Г.Н. Бушмакина;
Институт сейсмологии и геодинамики ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
e-mail: seism.volf@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются аспекты хронологической последовательности между землетрясениями и извержениями грязевых вулканов. Предложены мероприятия по сейсмологическому исследованию взаимосвязи сейсмичности и процессов грязевого вулканизма Керченско-Таманской зоны с целью повышения эффективности контроля сейсмической обстановки в районе размещения стратегического объекта общегосударственного значения – Крымского моста и его инфраструктуры.

Ключевые слова: грязевые вулканы, пароксизмальная стадия, извержение, сейсмичность, землетрясение, тектонические напряжения, пластические и хрупкие деформации.

С момента присоединения Крыма к Российской Федерации в пределах Керченского полуострова осуществляется беспрецедентная концентрация транспортных,

энергопоставляющих и иных коммуникаций (Крымский мост, сооружения энергомоста «Российская Федерация–полуостров Крым», автотрасса «Таврида» и т.п.). Многофункциональный коридор и элементы инфраструктуры, осуществляющие жизнеобеспечение Крыма, относятся к категории стратегических объектов общегосударственного значения. При их эксплуатации необходимо свести до минимума риски природного характера, обусловленные высоким уровнем региональной сейсмичности и проявлениями грязевого вулканизма. В этой связи актуальной задачей является изучение взаимосвязи процессов сейсмогенеза и грязевулканической активности с целью повышения эффективности контроля сейсмической обстановки в пределах Керченско-Таманской зоны.

О весьма высоком уровне сейсмичности региона свидетельствуют результаты многолетних сейсмологических наблюдений, нарративные источники и данные археологических раскопок. Последние свидетельствуют о многочисленных катастрофических событиях прошлого, вызвавших разрушения в поселениях Керченского полуострова, оцениваемые в 8, 9 и более баллов [3, 5, 9-11]. Кульминационным актом признания высокого уровня сейсмической опасности района является закрытие возводимой в 80-е годы прошлого века Крымской АЭС. Результатами проведенных в этот период сейсмологических, геолого-геофизических, инженерно-геологических и историко-архивных исследований обоснован уровень сейсмической опасности в 9 баллов для средних грунтов. Учитывая чрезвычайно сложные инженерно-геологические условия (наличие грунтов III категории, высокую степень обводненности геологического разреза, развитие абразионных, оползневых и суффозионных процессов), данная оценка не является предельной [4, 5, 10]. Эти факторы представляют потенциальную угрозу, поскольку, согласно макросейсмическим шкалам, при возникновении 9-10-балльных землетрясений происходят разрушение зданий, деформации плотин и дамб, повреждения мостов, разрывы трубопроводов, искривления железнодорожных рельсов и т.п.

Основной сейсмоопасной зоной Крымско-Черноморского региона является Южнобережная зона, в пределах которой произошло катастрофическое землетрясение 11.09.1927 года с Mw=6,9 [13]. Здесь же локализовано преобладающее количество зарегистрированных землетрясений. Однако результаты анализа регионального каталога Института сейсмологии и геодинамики КФУ им. В.И.Вернадского за период с 1950 по 2024 годы свидетельствуют о том, что в настоящее время сейсмическая активность Керченско-Таманской зоны не только сопоставима с Южнобережной зоной, но и по ряду показателей значительно превышает ее уровни. Так, в пределах восточного сегмента региона (43,5-47º с.ш.–35-38º в.д.), куда входит Керченско-Таманская зона, за период с 1950 по 2024 годы произошло 828 землетрясений (23% от общего количества в регионе), в которых выделилось около $1048 \cdot 10^{12}$ *Дж* сейсмической энергии, что составляет 98% (!) от суммарной энергии всех землетрясений Крымско-Черноморского региона. В то же время, в его западной части (43,5-47º с.ш.–30-35º в.д.), включающей Южнобережную зону, произошло 2723 землетрясения (75% от общего количества), при этом их вклад в общий энергетический баланс региона составляет менее $22 \cdot 10^{12}$ *Дж* сейсмической энергии (менее 2% от суммарной энергии региона). Это иллюстрируют схемы распределения величин логарифма суммарной сейсмической энергии и количества землетрясений Крымско-Черноморского региона в период с 1950 по 2024 годы (рис. 1).

С другой стороны, в регионе велики риски, обусловленные проявлениями грязевого вулканизма. Грязевые вулканы представляют реальную угрозу, поскольку их извержения сопровождаются выносом материала с больших глубин и его разбросом на значительные расстояния, проседаниями поверхности, выбросами самовозгоревшегося газа, местными землетрясениями, изменениями рельефа, приводящими к деформации и разрушению зданий и коммуникаций [2, 11, 12, 15]. Также в зоне действия вулкана происходят значительные изменения сейсмических свойств грунтов вплоть до полной деградации последних [7, 11]. В пределах Керченско-Таманской зоны насчитывается более действующих 100 грязевых вулканов. По данным [11, 15] в течение последних 120 лет здесь произошло более 30 крупных извержений, в том числе – взрывного типа. Так, активизация грязевого вулканизма на

Керченском полуострове проявилась в виде многократных извержений сопочной брекчии самого крупного из крымских вулканов – Джау-Тепе (в 1909, 1914, 1920, 1925, 1927 и 1942 годах). При извержении 18.03.1914г. подземный гул перерос в землетрясение; в радиусе 10 км

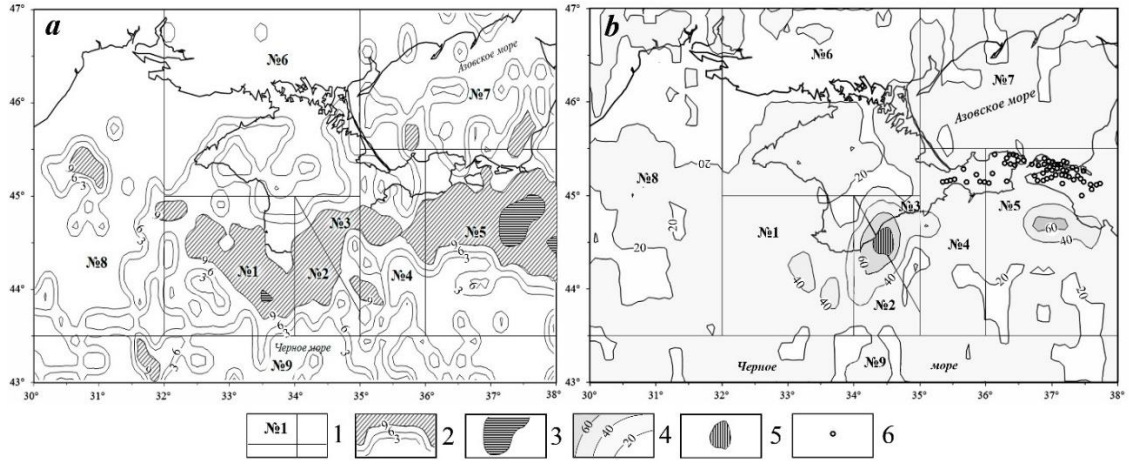


Рис. 1. Распределение величин логарифма суммарной выделившейся сейсмической энергии (*а*) и количества землетрясений (*б*) Крымско-Черноморского региона в период с 1950 по 2024 годы (размер расчетной ячейки 2x2º). *Условные обозначения:* 1 – границы и номера сейсмических районов; 2-3 – изолинии равных значений (2) и область максимальных ($Lg\Sigma E \geq 12{,}0$) значений (3) логарифма суммарной выделившейся энергии; 4-5 – изолинии равных значений (4) и область локализации (5) максимального (более 200) количества землетрясений; 6 – грязевые вулканы.

Керченском полуострове проявилась в виде многократных извержений сопочной брекчии самого крупного из крымских вулканов – Джау-Тепе (в 1909, 1914, 1920, 1925, 1927 и 1942 годах). При извержении 18.03.1914г. подземный гул перерос в землетрясение; в радиусе 10 кмсодрогалась земля, последовал выброс грязебрекчий на высоту 40-60 м. В августе 1982 года произошло взрывное извержение Джарджавского и Насырского вулканов. Импульсные извержения (сопровождаемые взрывами газа, выбросами на 20-50 м сопочной брекчии) сопки Андрусова (Булганакское поле к северу от Керчи) зафиксированы в 1986 году. В результате извержения вулкана вблизи деревни Новоселовка Ленинского района 03-04.12.2015 г. под угрозой затопления грязевыми потоками оказались жилые и хозяйственные постройки, а также сельское кладбище. Было установлено, что одновременно с извержением Новоселовского вулкана произошло раскрытие кальдер вулканов, расположенных непосредственно в зоне трассы «Таврида» (Джарджавского, Солдатско-Слободского и др.) [12], что свидетельствует об одновременных изменениях напряженно-деформированного состояния среды на большой территории. На Таманском полуострове также установлены многочисленные случаи активизации грязевых вулканов (Синяя балка, Сопка, гора Миска, Голубицкая, Карабетова гора и многие другие), а в непосредственной близости от него в Азовском море 26.08-09.09.1988 г. произошло образование грязевулканического острова [5, 11].

Проблема взаимосвязи сейсмичности и грязевого вулканизма явилась объектом ряда исследований, результаты которых изложены в публикациях [1, 2, 6, 8, 14, 16-18]. Анализ этих работ показал расхождение взглядов авторов на проблему – от полного отрицания связи между процессами извержения грязевых вулканов и возникновением землетрясений [7, 16] до констатации факта временно*й* зависимости между периодами грязевулканической активности и происходящими землетрясениями [1, 2, 8, 17, 18]. В последнем случае обосновываются разные последовательности: а) грязевые извержения происходят после землетрясений; б) извержения грязевых вулканов предваряют землетрясения; в) извержения вулканов обусловливают проявления локальной сейсмичности в виде относительно слабых землетрясений в непосредственной близости от вулканов. При этом отмечается, что общей

причиной как повышенной сейсмической активности, так и проявлений грязевого вулканизма является периодическое возрастание тектонических напряжений в земной коре, обусловленное изменениями напряженно-деформационного состояния геологической среды. Следует отметить, что в отношении последовательности извержения грязевых вулканов и возникновения землетрясений превалирующей является точка зрения, согласно которой землетрясения играют роль спускового механизма или триггера для грязевулканических извержений [1, 2, 8, 17, 18]. Однако, по мнению других исследователей, влияние землетрясений на деятельность грязевых вулканов нельзя считать доминирующим, поскольку известны случаи, когда периодам максимальной активности грязевых вулканов не предшествовали какие-либо землетрясения [7, 16]. Более того, известны примеры, когда была зафиксирована активизация грифонно-сальзовой деятельности накануне предстоящих сейсмических событий, т.е. в период подготовки землетрясений [16]. Весьма интересны результаты исследования сейсмического режима грязевулканической системы Сальсе-ди-Нирано (Италия) до и после землетрясения 30.06.2013 г. с M=4,7 [18]. По записям широкополосной сейсмостанции в полосе частот 20 Гц установлено длительное увеличение амплитуд за несколько часов перед сейсмическим событием, превышающее на 90% их фоновые значения за весь 2012 год. В минуты, непосредственно предшествующие землетрясению, это превышение составило более 95%. Сигнал представлен ритмичными высокочастотными импульсами «барабанного боя», длящимися от нескольких минут до нескольких часов, позволяя рассматривать его в качестве возможного предвестника сейсмического события.

Одной из причин неоднозначности результатов анализа взаимосвязи сейсмичности и грязевого вулканизма является тот факт, что при сопоставлении этих процессов исследователи ориентируются, в основном, на их пароксизмальные проявления – на моменты землетрясения и извержения грязевых вулканов. Однако общеизвестно, что изменения напряженно-деформированного состояния геологической среды обусловливают возникновение как пластических, так и хрупких деформаций. Пластические деформации начинают проявляться задолго до пароксизмальных стадий – с момента нарушения динамического равновесия геосистемы вследствие уменьшения объема очага вулкана, аномально высоких межпластовых давлений, изменений состава флюидов. И только при достижении критических значений напряжений процесс переходит в пароксизмальную стадию, реализуясь в виде извержения взрывного типа или активного излияния сопочной брекчии. Землетрясения же отражают процесс мгновенного хрупкого разрушения среды в момент, когда величина напряжений превышает предел упругости горных пород и возможность реализации деформаций в массиве путем только пластических течений. Таким образом, взаимосвязь грязевого вулканизма и сейсмичности в явном виде проявляется только после длительного периода реализации пластических деформаций – в момент возникновения хрупких деформаций и разрушения среды в виде землетрясений. Временной интервал между начальной и конечной стадиями этого процесса зависит от интенсивности возрастания напряжений и может изменяться от нескольких часов до нескольких месяцев и даже лет.

На возможность такого сценария указывают соотношения периодов повышенной сейсмической активности и грязевого вулканизма непосредственно в Керченско-Таманской зоне. Так, в конце 80-х–начале 90-х годов усиление сейсмичности в регионе предварялось образованием грязевулканического острова в Азовском море (26.08-09.09.1988 г.), активизацией грязевых вулканов Таманского (Синяя балка, Сопка, Миска, Голубицкая) и Керченского (сопка Андрусова, Насырский) полуостровов (рис. 2). Всплеску сейсмической активности 2015-2017 годов предшествовало извержение вулкана 03-04.12.2015 г. в с. Новоселовка (Керченский п-ов). В это же время отмечено раскрытие кальдер Солдатско-Слободского, Джарджава и других вулканов на значительном удалении от Новоселовского [12], что свидетельствует о синхронных изменениях напряженного состояния среды на большой территории.

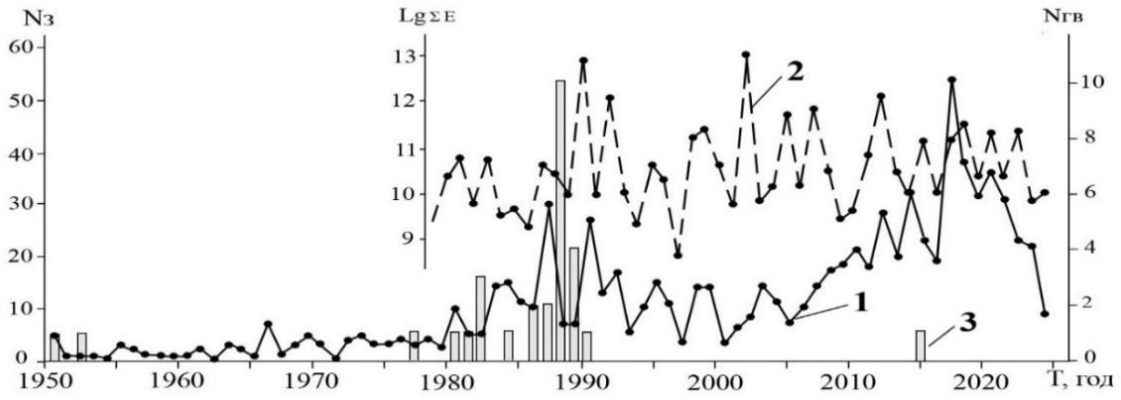


Рис. 2. Хронологическое (по годам) соотношение количества землетрясений Nз (график 1), величин логарифма суммарной выделившейся сейсмической энергии Lg∑*E* (2) и активных проявлений грязевого вулканизма Nгв (3) Керченско-Таманской зоны.

Приведенные данные указывают на целесообразность исследования сейсмологическими методами взаимосвязи процессов грязевого вулканизма и сейсмичности в Керченско-Таманской зоне. Объектом исследований послужат фиксируемые сейсмоприемниками в непрерывном режиме микросейсмические вариации в очагах грязевых вулканов на разных стадиях их развития (от спокойного состояния до пароксизмов) с целью корреляции этих изменений с параметрами сейсмической активности региона. Предлагаемый комплекс мероприятий дополнит существующие системы контроля стратегических объектов, позволит осуществлять непрерывный мониторинг динамики развития сейсмических и грязевулканических процессов с целью предупреждения катастрофических сценариев их проявления, а также создаст предпосылки для выявления предвестников землетрясений и разработки системы средне- или краткосрочного сейсмического прогноза в пределах Керченско-Таманской зоны.

Работа выполнена в рамках научной темы FZEG-2024-0016 Министерства науки и высшего образования РФ.

Литература.

1. Алиев Ад.А. Грязевые вулканы Каспийского моря / Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2014. № 1. С.33-44.
2. Алиев Ад. А., Етирмишли Г. Д. Новые данные об извержениях грязевых вулканов в Азербайджане. Геология и геофизика Юга России. 2021. 11 (2). С.22-35.
3. Бунэ В.И., Медведева Н.С. Оценка магнитуды землетрясения 63 г. до н.э. в Керченском проливе // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1990. № 3. С.61–63.
4. Винокуров Н.И., Корженков А.М., Родкин М.В. К оценке сейсмической опасности района Керченского пролива по данным археосейсмологии // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42, № 2. С.51–66.
5. Геология и геодинамика района Крымской АЭС / Отв.ред. Гавриленко Н.М., Чекунов А.В. К.: Наукова думка, 1992. 188 с.
6. Гулиев И.С., Керимов В.Ю., Етирмишли Г.Д., Юсубов Н. П., Мустаев Р.Н., Гусейнова А.Б. Современные геодинамические процессы и их значение в восполнении запасов углеводородов в Черноморско-Каспийском регионе // Геотектоника, 2021, № 3. С.96–112
7. Гулиев И.С., Юсубов Н.П., Гусейнова Ш.М. О механизме образования грязевых вулканов в Южно-Каспийской впадине по данным 2D- и 3D-сейсморазведки // Физика Земли, 2020, № 5. С.131–138.
8. Мурадиев И.Б., Бабаев Г.Р., Алиев Я.Н., Самедова К.Ф., Бабаев Т.Х. Изучение взаимосвязи землетрясений и извержений грязевых вулканов Апшеронского полуострова // Геофизика 5.2023. С.72-77.

9. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Под ред. Н.В. Кондорской и Н.В. Шебалина / Ч. 2. Крым и Нижняя Кубань. – М.: Наука, 1977. С.55–68.
10. Овсюченко А.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Мараханов А.Н., Рогожин Е.А. Новые сведения об очагах сильных землетрясений в районе Керченского полуострова // Доклады АН. 2017. Т. 472, № 1. С. 89–92.
11. Овсюченко А.Н., Собисевич А.Л., Ларьков А.С., Сысолин А.И., Андреева Н.В., Лиходеев Д.В. К оценке опасности грязевого вулканизма для объектов капитального строительства / Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2 (63), 2023. С.35-44.
12. Пасынков А.А., Вахрушев Б.А. Грязевой вулканизм Керченского полуострова как негативный фактор строительства трассы «Керчь-Севастополь» // Ученые записки КФУ им. В.И. Вернадского. География. Геология. Том 2 (68). № 1. 2016. С.110–122.
13. Пустовитенко Б.Г. Динамические параметры очагов разрушительных крымских землетрясений 1927 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2001 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2003. С.124-130.
14. Холодов В.Н. О происхождении грязевых вулканов // Геологія і корисні копалини Світового океану. 2019. 15, № 4. С.57-80.
15. Шнюков Е.Ф. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. К.: Наукова думка, 1992. С. 199.
16. Устюгов Г.В., Ершов В.В. Извержения грязевых вулканов Азербайджана и их корреляция с сильными землетрясениями // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2019. № 4. С. 6-13.
17. Bonini M. Mud volcano eruptions and earthquakes in the Northern Apennines and Sicily, Italy // Tectonophysics 474 (2009). P.723–735.
18. Lupi M, Ricci B., Kenkel J. Ricci T., Fuchs F., Miller S.A., Kemna A. Subsurface fluid distribution and possible seismic precursory signal at the Salse di Nirano mud volcanic field, Italy // Geophys. J. Int. (2016) 204. P.907–917.

ON THE PROBLEM OF STUDYING THE RELATIONSHIP BETWEEN SEISMICITY AND MUD VOLCANIC ACTIVITY IN ORDER TO CONTROL THE SEISMIC SITUATION IN THE KERCH-TAMAN ZONE

Yu.M. Volfman, V.S. Gobarenko. M.N. Bondar, A.M. Ostanin; e-mail: seism.volf@gmail.com
Institute of seismology and geodynamics of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russia.

Abstract. The article considers the types of chronological sequence between earthquakes and mud volcano eruptions. It proposes measures for seismological study of the relationship between seismicity and mud volcanism processes in the Kerch-Taman zone in order to increase the efficiency of monitoring the seismic situation in the area of the strategic facility of national importance – the Crimean Bridge and its infrastructure.

Keywords: mud volcanoes, paroxysmal stage, eruption, seismicity, earthquake, tectonic stresses, plastic and brittle deformations.

УДК55:61(47+57)СНГ

МЕДИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ РОССИЙСКОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА: ИСТОРИЯ УСПЕХА

И.Ф. Вольфсон
Российское геологическое общество (РосГео), г. Москва, Россия

Аннотация. Медицинская геология – актуальное направление естественных наук, которое исследует влияние геологических объектов и процессов на живые организмы. Несмотря на то, что медицинская геология в ее нынешнем статусе позиционируется в качестве

новой дисциплины, она имеет прочный научный фундамент в России и странах Содружества Независимых Государств (далее СНГ). Современные исследования в области геологии, геохимии, биогеохимии, почвоведения и медицины обеспечены результатами новаторской научной деятельности большого отряда наших предшественников, проводивших исследования в области наук о Земле и медицины. Результаты работ Бируни, Авиценны, М.В. Ломоносова, В.И. Вернадского, А.П. Виноградова, А.Н. Сысина, В.В. Ковальского, А.П. Авцына, А.И. Перельмана, Г.В. Остроумова, П.Г. Царфиса, И.Л. Комова, В.К Лукашова, Ю.Е. Саета и других ученых древности и недалекого прошлого привлекли в сферу науки «о геологии и здоровье людей» многих последователей как в России, так и в странах СНГ [24, 27]. Медицинская геология сегодня все увереннее объединяет различные отрасли медицины и геологии в комплексную систему знаний о здоровье и условиях существования живых организмов, в первую очередь, человека. В настоящее время в России и СНГ активно исследуются геологические и геохимические обстановки воздействия на здоровье населения химических элементов, особенности их накопления в компонентах окружающей среды – почве, воде, донных отложениях и атмосфере, в трофических цепях и ряд других [9, 19].

Ключевые слова: Геология, геохимия, медицинская геология, биология, медицина, Содружество Независимых Государств.

Введение

Медицинская геология, изучающая вопросы взаимоотношений человека и объектов геосферы, является одним из наиболее перспективных направлений в области научного пограничья. Данное научное направление опирается на опыт и знания геологических (тектоники плит, геодинамики, вулканологии, геохимии, минералогии, литологии, гидрогеологии, гидрогеохимии и др.) и медико-биологических дисциплин (эпидемиологии, эндокринологии, санитарии и гигиены, экологии, медицинской географии, элементологии, микробиологии почв, биологии, ветеринарии и др.). Одна из актуальных задач медицинской геологии - объединение различных ветвей медико-биологических и геологических наук в единую систему знаний о здоровье живых организмов [4].

Медицинская геология - стратегически значимая социально ориентированная дисциплина. Изучение обстановок, факторов и механизмов воздействия геологических объектов и процессов на здоровье людей и состояние биоты, позволяет разрабатывать профилактические меры, необходимые для успешного решения текущих и планирования перспективных задач экономики хозяйствования и воплощения в жизнь различных социальных проектов, в основе которых лежат интересы всех слоев населения. Более двадцати лет прошло с того дня, как медицинская геология (МГ) в ее современном звучании получила прописку и начала развиваться как самостоятельное направление естественных наук в России и странах СНГ [9, 18].

История вопроса

Знакомство с основами современной медицинской геологии отечественных ученых состоялось в мае 2002 г. в Москве, в Государственном геологическом музее им. В.И. Вернадского РАН, во время лекции профессора Роберта Финкельмана – крупного ученого-геохимика руководителя международной программы по энергетическим ресурсам Геологической службы США и одновременно одного из сопредседателей созданной к тому времени при Международном союзе геологических наук (IUGS-МСГН) Рабочей группы по медицинской геологии (Medical Geology Working Group – MG IWG).

Надо сказать, что визиту Р. Финкельмана в Россию предшествовал ряд организованных им и коллегами по Рабочей группе мероприятий, призванных объединить усилия ученых и практиков - медиков, геологов, биологов, химиков, лиц, принимающих решения в области экологии и здоровья населения, чьи знания и опыт были нацелены на создание научно-методических основ прогноза, профилактики и лечения эндемических и экологозависимых заболеваний, включая профессиональные болезни. В организационном плане Финкельманом и его коллегами были предприняты активные и достаточно успешные действия по интенсификации деятельности упомянутой выше Международной рабочей группы по

медицинской геологии (MG IWG). В этой работе активное участие принимал член-корреспондент Национальной Академии наук Республики Беларусь крупный ученый-геохимик Валентин Константинович Лукашов. Роль В.К. Лукашова в дальнейшем распространении знаний МГ в странах СНГ трудно переоценить. К несчастью, Валентин Константинович безвременно ушел из жизни в 1998 году в результате сердечного приступа, случившегося с ним во время первого заседания MG IWG, проходившего в столице вузовской науки Швеции городе Упсале.На том, первом заседании Рабочей группы, председательствовал шведский ученый-геохимик, руководитель Департамента геохимии Геологической службы Швеции, в недалеком будущем первый избранный Председатель Международной медико-геологической ассоциации Олле Селинус. Неслучайно здесь были упомянуты имена трех крупных ученых: Р. Финкельмана, В.К. Лукашова и О. Селинуса. Все они эксперты международного уровня в области экологической геохимии – научного фундамента зарождавшейся в 1990-е годы современной медицинской геологии.

Говоря о вкладе Олле Селинуса (1943-2023) в развитие МГ, необходимо вкратце рассказать о его многолетнем, безупречно проведенном в 1980-е гг. исследовании причин возникновения, так называемой «болезни лосей», приведшей к падежу многочисленного поголовья гордости животного мира Скандинавии. Вместе с ветеринарами, охотоведами, криминалистами, геохимиками и геологами, которые составили костяк «временного межотраслевого трудового коллектива», ему удалось выяснить, что причиной тяжелой смертельной болезни животных стал молибден, который в избыточных концентрациях поступал в организм животных по пищевым цепям, в первую очередь, из мхов. Биодоступность молибдена возросла из-за ошибочных действий человека: вследствие интенсивно применявшегося известкования (лаймирования) почв, подвергшихся деструкции кислотными дождями, приносимыми с Юга Европы, возросли значения pH среды. При таких условиях концентрация молибдена, поступавшего по пищевым цепям, в тканях печени и почек лосей возросла до 40%, а концентрации кадмия и меди снизились на 40% и 50% соответственно. В итоге, в ферментах ткани печени лосей происходило замещение их активной составляющей - меди на молибден и, как следствие, гибель животных от молибденоза.

Данное исследование, его теоретическое обоснование и практическое воплощение, вошли в перечень классических работ фундаментальной медицинской геологии, наряду с исследованиями обстановок и механизмов возникновения балканской эндемической нефропатии, лихорадки долины (калифорнийского кокцидиоза), уровской и кешанской болезней, флюороза, эндемического зоба и ряда других заболеваний, которые демонстрируют сходство формирования неблагоприятных природных и техногенных факторов воздействия на организм высших животных и человека.

Одним из успешных примеров организации работ в области МГ стал международный научно-исследовательский проект IUGS-454 «Медицинская геология» Международного союза геологических наук, в рамках которого в конце 1990-х годов был собран и изучен богатый фактический материал по особенностям распространения эндемических заболеваний, обусловленных геологическими факторами в таких странах, как Китай, Тайвань, Таиланд, Сербия, Литва, США, Чили, Бразилия, Мексика и др. В рамках проекта были получены уникальные результаты по эколого-геологическим обстановкам и механизмам возникновения эндемических заболеваний, изучены различные аспекты пылевого загрязнения Планеты и воздействия природной пыли на здоровье населения ряда территорий и регионов, медико-экологические последствия вулканической деятельности, особенности химического загрязнения питьевых вод в связи с возникновением и развитием заболеваний сердечно-сосудистой системы, болезней почек, диабета «2-го типа» в ряде стран мира. На новый уровень вышли радиогеоэкологические исследования с их извечной проблемой радона, а также ряд направлений профессиональной медицины. Перечисленные примеры и результаты исследований стали основой первого фундаментального труда “Основы медицинской

геологии" (Essentials of Medical Geology), увидевшего свет в 2005 г. в издательстве Elsevier [22].

Медико-геологическая секция РОСГЕО (МГС РОСГЕО)

Медико-геологическая секция Российского геологического общества (МГС РОСГЕО) была создана по инициативе руководства РОСГЕО в лице президента В.П. Орлова, первого вице-президента Е.Г. Фаррахова и первого Председателя секции Н.В. Милетенко (Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации) во исполнение решения XXXII Сессии Международного геологического конгресса, проходившей в 2004 г. во Флоренции об учреждении «де-факто» Международной медико-геологической ассоциации. Эта инициатива была поддержана Президентом Российской Академии медицинских наук (РАМН) В.И. Покровским. От медицинского сообщества для работы в МГС РОСГЕО в качестве сопредседателя был командирован член-корреспондент РАМН, заместитель директора НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды Н.В. Русаков. Днем основания секции стало 1 марта 2005 года, когда во Всероссийском НИИ минерального сырья им. Н.М. Федоровского (ныне ФГБУ «ВИМС») на чтениях памяти д.г.-м.н. А.И. Гинзбурга был сделан доклад на тему «Современная медицинская геология, основные проблемы и пути их решения» (к.г.-м.н. И.Ф. Вольфсон) и состоялась встреча представителей медицинской и геологической общественности. С того момента официально начала свою деятельность Медико-геологическая секция РОСГЕО, которая регулируется комплектом специально разработанных документов: о членстве в секции, о базовых организациях и т.д. Руководящим органом секции является конференция.

В 2006 г. году, благодаря усилиям международного научного сообщества, во исполнение решений XXXII Сессии Международного геологического конгресса, проходившей во Флоренции в 2004 г., была «де-юре» учреждена Международная Медико-геологическая ассоциация (IMGA-ММГА). В июле 2006 года, Россия в лице членов Медико-геологической секции РОСГЕО, вместе с учеными ряда НИИ и вузов Казахстана, Украины, Беларуси, Таджикистана и Армении, в соответствии с Уставом и требованиями Международной медико-геологической ассоциации (ММГА) вошла в Региональное подразделение ММГА Россия - СНГ (РП ММГА Россия - СНГ). Официальная дата учреждения РП ММГА Россия - СНГ - 26 июля 2006 года. После создания РП ММГА Россия - СНГ основными документами, регламентирующими деятельность регионального подразделения, являются Устав IMGA-ММГА и Регламент ее деятельности. Некоторые материалы по организационным вопросам деятельности регионального подразделения освещались в газете Российские Недра - печатном органе Федерального агентства по недропользованию Минприроды России. Тогда же, в 2006 году, в издательстве Санкт-Петербургского университета в Трудах Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей была издана коллективная монография «Биокосные взаимодействия: жизнь и камень» (ред. В.В. Гавриленко, Е.Г. Панова), в которой большой раздел впервые в отечественной научной литературе был посвящен проблемам медицинской геологии [4].

События развивались стремительно и уже в августе 2008 г. представители РП ММГА Россия - СНГ успешно выступили с докладами на международной конференции по проблемам медицинской геологии в рамках программы XXXIII Сессии Международного геологического конгресса, проходившей в г. Осло (Норвегия) [23].

В 2010 г. в США в издательстве Nova Science Publishers в серии Earth Sciences in the 21st Century опубликована книга Man and the Geosphere, в которой широко представлены результаты исследований в области медицины и геологии российских ученых и их коллег из США, Канады и Республики Украины [29].

В 2010 году в издательстве Springer вышла книга Medical Geology. A Regional Synthesis, в которую вошел раздел, посвященный состоянию исследований в области медицинской геологии в странах СНГ, составленный учеными и специалистами из России, Армении, Белоруссии и Казахстана [28].

В 2010 г. РОСГЕО осуществило издание сборника статей Медицинская геология: состояние и перспективы (отв. ред. И.Ф. Вольфсон), в котором было отражено текущее на тот момент понимание проблем и обозначены перспективы научного направления, в первую очередь в России. В сборник также вошли материалы эколого-геохимических исследований горнопромышленных и урбанизированных территорий Республики Армении [12]. К настоящему времени членами РП ММГА Россия – СНГ опубликованы статьи по теме геология и здоровье в журналах ВАК Российской Федерации: Разведка и охрана недр, Горный журнал, Экологический вестник России, АНРИ, Клиническая геронтология и др., а также в высоко рейтинговых зарубежных изданиях, входящих в библиографические и реферативные базы данных рецензируемой научной литературы Scopus и Web of Science [24, 25, 26].

Среди основных задач Медико-геологической секции РОСГЕО и РП ММГА Россия-СНГ по-прежнему остаются привлечение ученых и практиков стран Содружества Независимых Государств к совместным исследованиям, разработка международных и региональных программ в области геологии и здоровья, создание методических рекомендаций по медицинской геологии для геологов и недропользователей, содействие распространению передового опыта отечественных и зарубежных ученых через систему международных семинаров, вебинаров, конференций и симпозиумов, публикация результатов научных работ в области геологии и здоровья в специализированных научных изданиях России, стран СНГ и Дальнего зарубежья, создание курса лекций по медицинской геологии для высшей школы с целью подготовки кадров высокой квалификации актуального и перспективного научного направления.

В числе достижений ученых и практиков стран СНГ отметим детально описанные медико-геологические особенности территорий различной металлогении - рудоносных, угленосных и нефтегазоносных осадочных бассейнов, включая условия формирования месторождений лечебных минеральных вод и бальнеологических ресурсов [10, 15]. Ими получены новые данные о лечебных свойствах минерального сырья – шунгитовых породах, мумие, кремнях, глинах, цеолитах и цеолитолитах [20, 30]. Активно развивается микроэлементология (биотическая медицина) – научное направление, изучающее состав, формы нахождения микроэлеметов, механизмы их влияние на состояние гомеостаза органов и систем человека на фоне избытка или, наоборот, дефицита микроэлементов в пищевых цепях. Разработаны научно-методические основы радиогеоэкологической оценки территорий проживания и осуществления профессиональной деятельности при проведении геологоразведочных, добычных работ, в первую очередь с позиций радонобезопасности. С использованием ГИС-технологий создаются геолого-геохимические модели формирования медико-экологических обстановок территорий посещения, проживания и осуществления профессиональной деятельности [8]. Важное значение приобретает создание научно-методической основы медико-экологического мониторинга состояния здоровья населения в связи с воздействием на здоровье химических элементов, содержащихся в компонентах окружающей среды урбанизированных и горнопромышленных территорий [11, 16, 17] .

Обсуждение сказанного

Большое внимание членами Медико-геологической секции РОСГЕО традиционно уделяется исследованиям состояния и использования трудовых ресурсов в геологической отрасли, а также разработке научно-обоснованных предложений по подготовке требований к охране труда при проведении геологоразведочных работ [1, 2].

Геологоразведочные работы являются по своей сути интегральным видом деятельности, имеющим мультипликативный характер, включающим, по существу, все виды промышленных рисков и возможных воздействий на здоровье работников. Поэтому создание технических регламентов для геологической отрасли крайне актуально. На основании полученных специалистами РОСГЕО результатов появилась реальная возможность сформировать предложения по совершенствованию нормативных правовых актов, связанных с использованием трудовых ресурсов и охраной труда в геологической отрасли по направлениям «безопасность и охрана труда» и «использование трудовых ресурсов». Условия

труда геологов и специалистов смежных направлений деятельности, благодаря вкладу специалистов РОСГЕО, рассматриваются отныне с позиций знаний и опыта актуальных направлений наук о Земле – медицинской геологии и медицинской географии, изучающих различные аспекты воздействия геологических процессов и объектов на здоровье человека. Работами РОСГЕО в данном направлении доказано, что геологические исследования сегодня приобретают очевидную социальную направленность, играя все большую роль не только в деле обеспечения минерально-сырьевыми и топливно-энергетическими ресурсами и питьевой водой, но и в защите прав населения на экологически безопасную среду обитания и безопасное осуществление профессиональной деятельности [3]. Этот вывод подтверждается результатами комплексных медико-экологических и медико-социальных исследований, проведенных коллективами специалистов РОСГЕО и их коллег из региональных отделений Общества с участием и при поддержке представителей медицинского сообщества, нацеленных на выявление основных природных и техногенных факторов воздействия на здоровье населения, проживающего и осуществляющего профессиональную деятельность на территориях геологического риска, регионов поисков, разведки, добычи и переработки углеводородного сырья и минерально-сырьевых центров экономического развития [5, 6, 21].

Достижения в решении медико-экологических проблем геологии и недропользования Российского геологического общества широко представлены в научной программе ежегодного эколого-промышленного форума «Великие реки России» (город Нижний Новгород, выставочный комплекс «Ярмарка»), на котором РОСГЕО отвечает за организацию работы Секции №6 «Геоэкология» научной программы Форума и проведение конференции по теме: «Опасные геологические процессы в бассейнах великих рек России», которая пользуется неизменным успехом у участников и гостей Форума [7].

Президентом РОСГЕО доктором экономических наук Виктором Петровичем Орловым в 2019 г. было внесено предложение о создании на базе форума «Великие реки», крупного научно-организационного мероприятия, проводимого на регулярной ежегодной основе, специальной площадки – «Нижегородский экологический форум» - по образу Санкт-Петербургского международного экономического форума или Восточного международного экономического форума, на которой нашли бы отражение все накопившиеся к текущему моменту экологические проблемы не только России, но и Мира.

Активная работа РОСГЕО по изучению медико-экологических проблем геологии и недропользования не осталась незамеченной мировым научным сообществом. Подтверждением твердых позиций и достижений РОСГЕО в области защиты окружающей среды и здоровья профессионалов-геологов и населения территорий геологического риска стало проведение Седьмой Международной конференции МедГео, организованной Обществом совместно с Международной медико-геологической ассоциацией при поддержке Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федерального агентства по недропользованию (МедГео-2017 – MedGeo’17, 28 августа – 01 сентября 2017 г.,г. Москва, г-ца Салют). В работе конференции приняли участие 187 человек из тридцати стран всех пяти континентов. Было заслушано 112 устных докладов, включая пленарные выступления ведущих специалистов мирового уровня в области геологии, экологии и здоровья. На стендовой сессии были представлены более 50 докладов, некоторые из которых были отмечены дипломами Оргкомитета [13].

Отрадным итогом МедГео-2017 стали защиты нескольких диссертационных работ молодыми учеными России и зарубежных стран, а также установившиеся тесные рабочие контакты участников конференции, воплотившиеся к настоящему времени в публикациях ряда совместных научных статей в высокорейтинговых зарубежных журналах, заявки на гранты на финансирование совместных исследований по линии профильных комитетов БРИКС и российских фондов поддержки научных исследований. Итогам конференции МедГео-2017 был посвящен специальный номер журнала Разведка и охрана недр (№1,2018 г.).

По итогам конференции был составлен проект и подана заявка на участие в конкурсе Минприроды на выполнение работ на средства федерального бюджета по государственному

контракту 2017-2018 гг. по теме НИР: «Научные исследования в области совершенствования государственной политики в части стратегического планирования геологоразведочных работ с учетом оценки влияния естественных и техногенных геологических процессов и явлений на окружающую среду и разработка научно-обоснованных предложений», в работе над которым Общество приняло участие в качестве соисполнителя, пригласив для выполнения исследований не только специалистов-геологов РОСГЕО, но и коллег из НИИ и организаций медико-биологического профиля.

Успешное проведение конференции МедГео-2017 стало основой принятия решения по проведению в России еще одного масштабного международного научно-организационного мероприятия. В августе 2019 г. в Пекине (КНР) постоянно действующий оргкомитет Международного симпозиума по экологической геохимии (ISEG), проводимого на регулярной основе один раз в три года, откликнулся на предложение РОСГЕО и принял решение о проведении двенадцатого по счету симпозиума ISEG'22 в августе 2022 года в городе Москве. Данное событие, прошедшее с большим успехом в стенах Всероссийского НИИ им. Н.М. Федоровского (ФГБУ «ВИМС») под названием ГеОС-2022, стало крупным научным всероссийским смотром-форумом достижений современной геохимии, экологической геологии, экологии, медицины и биологии, в котором приняли участие более 100 ученых из российских организаций, из стран Ближнего и Дальнего зарубежья с мировым именем, известных по публикациям в высокорейтинговых международных периодических изданиях. Итогам конференции были посвящены специальные выпуски журнала Разведка и охрана недр (№1, №4, 2023 г.).

Заключение

Приводимые в данной статье результаты исследований ученых и практиков стран СНГ по проблеме «геология и здоровье» открывают новые возможности в деле развития и совместного применения на практике опыта и достижений в области наук о Земле и медико-биологических дисциплин с целью сохранения и приумножения наследия отечественных научных школ. В частности, эти достижения позволяют уже сегодня включить медико-геологические исследования в перспективный план действий Межправительственного совета стран СНГ по разведке, использованию и охране недр (Межправсовет) по разделам «Геологические, геохимические и геоэкологические проблемы», «Геоэкологический мониторинг и создание геоэкологической карты стран СНГ и сопредельных территорий», а также вплотную приблизиться к решению важнейшей задачи - подготовки кадров медицинской геологии в ВУЗе.

В процессе адаптации и развития современных инновационных научных направлений велика роль общественных профессиональных организаций. Доказательством тому служит интенсивная и весьма продуктивная деятельность Российского геологического общества, в короткие сроки сумевшего создать в своей структуре подразделение, ставшее во главе научно-исследовательских работ в области геологии и здоровья не только в России и странах СНГ, но и получившее признание своими достижениями у коллег из Ближнего и Дальнего зарубежья [13, 14].

Усилия общественной организации отечественных геологов находят отклик у руководства геологической отрасли. Доказательством тому служат комплексные предложения, разработанные специалистами РОСГЕО в целях обеспечения медико-экологической безопасности работников отрасли, занятых на геологоразведочных работах, осуществляемых в сложных географических и климатических условиях удаленных территорий России, сформулированные в процессе проведения работ по теме НИР Минприроды России: «Научные исследования в области совершенствования государственной политики в части стратегического планирования геологоразведочных работ с учетом оценки влияния естественных и техногенных геологических процессов и явлений на окружающую среду и разработка научно-обоснованных предложений». Среди этих предложений в качестве основного отметим необходимость разработки и создания научно-методических основ мониторинга состояния здоровья профессионалов и населения, осуществляющих трудовую

деятельность и проживающих в сложных климатических условиях на территориях рудной металлогении и нефтегазоносности, объектов геологоразведочных работ и горнодобывающей промышленности, металлургии и нефтегазовой отрасли и др.

Результаты предлагаемых мониторинговых исследований могут послужить основанием для проведения медико-экологического и социально-экономического анкетирования населения в целях содействия выработке конструктивных решений лицам, принимающими решения в области экологической политики и создания планов и стратегий экономического развития регионов России.

Литература.

1. Алексеев В.М., Фаррахов Е.Г., Вольфсон И.Ф. К вопросу о производственном травматизме и профессиональных заболеваниях при проведении геологоразведочных работ // Разведка и охрана недр. 2017. №8. С. 55-62.
2. Алексеев В.М., Фаррахов Е.Г., Вольфсон И.Ф. Некоторые организационно-правовые аспекты обеспечения охраны и безопасных условий труда // Отечественная геология. 2018. № 2. С. 22-31.
3. Викулин А.В., Вольфсон И.Ф., Грачев Л.А., Долгая А.А. Геология, медицина и социум // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2015. №1 (25). С. 41-55.
4. Вольфсон И.Ф., Кремкова Е.В., Печенкин И.Г. Медицинская геология сегодня: цели, задачи и пути их решения // в кн. Биокосные взаимодействия: жизнь и камень / под. ред В.В. Гавриленко, Е.Г. Панова. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2006. Труды СПБОЕ. Серия 1. Т.96. С.107-124.
5. Вольфсон И.Ф., Дасаева Л.А., Матюхина Е.Б., Фаррахов Е.Г. Климатогеографические, социальные и экологические проблемы здоровья населения Якутии // Жизнь без опасностей. 2013. №1. С. 80-83.
6. Вольфсон И.Ф., Викулин А.В., Дасаева Л.А., Печенкин И.Г., Фаррахов Е.Г. Медицинская геология в деятельности Российского геологического общества // Разведка и охрана недр. 2016. № 5. С. 58-62.
7. Вольфсон И.Ф., Круглов В.А., Фаррахов Е.Г. Медико-экологические проблемы геологии и недропользования в программе ежегодного эколого-промышленного форума "Великие реки России" (г. Нижний Новгород, 2008-2019) // Разведка и охрана недр. 2020. № 1. С. 46-50.
8. Вольфсон И.Ф. Медико-экологические аспекты многоцелевого геохимического картирования// Разведка и охрана недр. 2022. № 2. С. 56-61.
9. Вольфсон И.Ф. Медицина и геология: на пути к взаимопониманию // Разведка и охрана недр. 2023. № 1. – С. 38-43. – DOI 10.53085/0034-026X_2023_01_38.
10. Жидкова Е.С., Кремкова Е.В., Печенкин И.Г Роль медицинской геологии в решении экологических проблем предгорных равнин и оздоровления их населения // Разведка и охрана недр. 2023. № 1. С. 29-38. DOI: 10.53085/0034-026X_2023_01_29
11. Левченко Е.Н., Волкова Н.М. Влияние горнопромышленных предприятий на экологическую обстановку Северо-Западного федерального округа на примере Мурманской области // Разведка и охрана недр. 2023. № 1. С. 53-63. DOI: 10.53085/0034-026X_2023_01_53
12. Медицинская геология: состояние и перспективы: сб. статей / под. ред. И.Ф. Вольфсон. Москва: Российское геологическое общество, 2010. 217 с.
13. Орлов В.П., Фаррахов Е.Г., Вольфсон И.Ф., Алексеев В.М., Прозорова М.В. Современное состояние и перспективы медицинской геологии (к итогам VII конференции Международной медико-геологической ассоциации Мед-Гео-2017) // Разведка и охрана недр. 2018. № 1. С.3-7.
14. Орлов В.П. Фаррахов Е.Г., Вольфсон И.Ф., Алексеев В.М., Захарова Л.Е., Шумкова В.М., Прозорова М.В. Научно-исследовательская и организационная деятельность Российского геологического общества // Разведка и охрана недр. 2021. №6. С. 67-74.

15. Печенкин И.Г., Печенкин В.Г. Динамические модели рудообразования в осадочном чехле Туранской плиты // Литология и полезные ископаемые. 1998. № 4. С. 383–396.
16. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.:Недра, 1990. 194 с.
17. Спиридонов И.Г., Левченко Е.Н., Бобков Р.А., Вольфсон И.Ф. Актуальные проблемы экологической геохимии // Разведка и охрана недр. 2021. №10. С. 40-45.
18. Фаррахов Е.Г. , Вольфсон И.Ф. Медицинская геология: состояние и перспективы в России и странах СНГ // Разведка и охрана недр. №2. 2010. С.52-62.
19. Эльпинер Л.И. Качество подземных вод и здоровье населения // Питьевые подземные воды. Изучение, использование и информационные технологии: материалы международной научно-практической конференции. / под. ред. Б.В. Боревский, И.С. Зекцер, В.В. Куренной. Пос. Зеленый Московская область. 18-22 апреля 2011 г. Изд-во ВСЕГИНГЕО, 2011. Часть 1. С. 40-55.
20. Юшкин Н.П. Минеральный мир и здоровье человека // Вестник Отделения наук о Земле РАН Электронный научно-информационный журнал раздел: научные публикации – scientific publication № 1(22)' 2004. URL: http: //www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/scpub-1.pdf
21. Якушина О.И., Беспалова Ю.В., Вольфсон И.Ф., Дасаева Л.А., Фаррахов Е.Г. Влияние экологических факторов на здоровье населения нефтегазоносных территорий на примере Тюменской и Калининградской областей Российской Федерации // Разведка и охрана недр. 2018. № 1. С. 18-24.
22. Essentials of Medical Geology. Impacts of the Natural Environment on Public Health (2005) Selinus O, Lindh U, Fuge R, Centeno J, Alloway B, Smedley P, Finkelman R (Eds.) Elsevier Academic Press, printed in China.
23. Farrakhov E, Miletenko N, Pechenkin I, Pronin A, Volfson I, Beiseyev O, Bogdasarov M, Komov I Sedimentary basins: Medical and geological aspects of the studies // In Proceedings of the 33rd International Geological Congress, Oslo, Norway, Aug. 6–14, 2008. X-CD Technologies (CD ROM).
24. Farkhutdinov I., Farkhutdinova L., Zlobina A., Farkhutdinov A., Volfson I., Matveenko I. Historical aspects of medical geology Earth Sciences History Vol. 39, No. 1, 2020. P.172–183.
25. Farkhutdinov I., Soktoev, B., Zlobina A., Farkhutdinov A., Zhang Ch., Chesalova E., Belan L., Volfson I. Influences of geological factors on the distribution of uranium in drinking water limescale in the junction zone of the East European Platform and the Southern Urals // Chemosphere, 2021. V. 282. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131106.
26. Golovin AA, Krinochkin LA and Pevzner VS Geochemical specialization of bedrock and soil as indicator of regional geochemical endemicity // Geologija. 2004. 48: P. 22–28.
27. Vinogradov AP (1964) Provinces biogéochimiques et leur rôle dans l'évolution organique // In U. Colombo and G.D Hobson (Eds.), Advances in organic geochemistry: Proceedings of the International meeting, Milan, Italy, 1962: P. 317–338. New York, NY: Macmillan.
28. Volfson IF, Farrakhov EG, Pronin AP, Beyseev OB, Bogdasarov MA et al. The medical geology community in Russia and the NIS // In Medical geology. A Regional synthesis (2010a) (Eds.) Selinus O, Fikelman R, Centeno J Springer Dordrecht Heidelberg London New York: P. 221-258.
29. Volfson IF, Paul W, Pechenkin I Geochemical anomalies: Sickness and health // In Man and the Geosphere (2010 b). (Earth Sciences in the 21st Century). Editor: Florinsky IV. Nova Science Publishers, Inc: P. 69-114.
30. Volfson IF On the history and practice of medicinal mineralogy // In Amber in the History of Medicine: Proceedings of the International Conference. Eds. I.A. Polyakova, Ch.J. Duffin, T.I. Suvorova; Kaliningrad Regional Amber Museum.-Kaliningrad (September 14-16, 2015), 2016.-272 p. ISBN 978-5-903920-43-3:9-15: P. 9-16.

MEDICAL GEOLOGY DIVISION OF THE RUSSIAN GEOLOGICAL SOCIETY: HISTORY OF SUCCESS

Iosif F. Volfson
Russian Geological Society (RosGeo)
e-mail: rosgeo@yandex.ru

Abstract. Broadly defined, medical geology examines the impact of geologic materials and geologic processes on living organisms. Though medical geology is an emerging discipline, it has a firm foundation within the Russia – NIS scientific community. Current research in the fields of geology, geochemistry, biogeochemistry, soil sciences, and medicine has been conditioned by the pioneering work of several of our compatriots in developing environmental geosciences. Specifically, the research of Biruni, Avicenna, M.V. Lomonosov, V. Vernadskii, A. Vinogradov, A. Sysin, V. Kovalsky, A. Avtsyn, A. Perelman, G. Ostroumov, P. Tsarfis, I. Komov, V. Lukashov, Y. Sayet has attracted many followers within Russia and NIS. Medical geology attempts to unite different branches of medicine and geology into a comprehensive system of knowledge and inquiry in order to study the health of living organisms. Currently the most important fields within Russia – NIS are: geological and geochemical aspects of medical geology, the toxic elements such as uranium, fluoride, radon, arsenic in subsurface geospheres, the therapeutic usage of minerals in terms of biological functions of the elements, metals in medicine and industry, and economic minerals in medicine, medical radiogeology and etc.

Key words: Geology, geochemistry, Medical Geology, biology, medicine, Newly Independent States.

УДК 504.5

ИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)

А.П. Гусев
Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Беларусь
e-mail: andi_gusev@mail.ru

Аннотация. Предложен геосистемный подход к оценке состояния геологической среды. Объекты исследований – природно-антропогенные ландшафты. Цель работы – оценка состояния геологической среды по комплексу индикаторов техногенного воздействия, устойчивости и современных геологических процессов. Предложены критерии оценки напряженности состояния геологической среды. В природно-антропогенных ландшафтах оценены техногенный риск, устойчивость геологической среды и геодинамический риск. Критическая напряженность состояния геологической среды установлена для 4,8% площади района исследований.

Ключевые слова: геологическая среда; геосистемный подход; оценка; напряженность; устойчивость; техногенный риск; геодинамический риск.

Геологическая среда – это область взаимодействия поверхностных географических систем (ландшафтов) с литосферой. Техногенно нагруженные территории (города, промышленные зоны, разрабатываемые месторождения полезных ископаемых и т.д.) представляют собой, с одной стороны, объекты, воздействующие на геологическую среду, с другой стороны, объекты, на которые оказывают влияние в разных пространственно-временных масштабах как сама геологическая среда, так и глубинные литосферные процессы. В настоящей работе геологическая среда рассматривается как подземная подсистема природно-антропогенных геосистем. Геосистемный подход к геологической среде позволяет объединить данные геохимических, геофизических, инженерно-геологических, гидрогеологических, ландшафтных, биоэкологических исследований (фитоиндикацию), дистанционное зондирование Земли в единой оценочной системе.

Цель работы – диагностика состояния геологической среды на основе комплекса индикаторов техногенного воздействия, устойчивости и современных геологических процессов (на примере Гомельской области). Решаемые задачи: 1) разработка критериев и индикаторов для диагностики напряженности состояния геологической среды; 2) оценка техногенного риска; 3) оценка устойчивости геологической среды; 4) оценка геодинамического риска; 5) интегральная оценка напряженности состояния геологической среды в природно-антропогенных ландшафтов.

Район исследования – Гомельская область, расположенная на юго-востоке Беларуси. В пределах территории выделены холмисто-моренно-эрозионный, вторично-моренный, водно-ледниковый, аллювиальный террасированный, озерно-аллювиальный, озерно-болотный рода ландшафтов. Все ландшафты преобразованы хозяйственной деятельностью и относятся к категории природно-антропогенных ландшафтов. Операционными территориальными единицами оценки напряженности состояния являются выделы, соответствующие границам родов природных ландшафтов.

Система индикаторов состоит 3 групп:

1. Индикаторы техногенного воздействия (техногенного риска): удельная площадь территорий с трансформированной геологической средой, в %; распаханность (агрогенная трансформация), %; плотность транспортных (железнодорожных и автомобильных) коммуникаций, км/км^2; удельная площадь опасного загрязнения геологической среды, %; наличие экологически опасных объектов;

2. Индикаторы устойчивости геологической среды: защищенность грунтовых вод, балл; защищенность напорных подземных вод, балл; топографический индекс влажности (Topographic Wetness Index); индекс водной эрозии или LS Factor; коэффициент экологической стабильности ландшафта ($К_с$); вегетационный индекс – NDVI (среднее значение за летний сезон) [4];

3. Индикаторы опасных и неблагоприятных геологических процессов (риск современной геодинамической активности): сейсмичность (риск максимальной интенсивности сейсмических сотрясений с вероятностью 10% за 50 лет по шкале MSK-64 [2]); пораженность территории экзогенными геологическими процессами, %; плотность космолинеаментов, км/км^2; плотность тектонических нарушений, выявленных геофизическими методами, км/км^2; содержание тропосферного метана, ppb; плотность глубинного теплового потока, мВт/м^2; газогеохимические аномалии в почвах и подземных водах (гелий, водород, радон), аномальные вариации геофизических полей, аномалии современных вертикальных движений земной поверхности [5, 6].

Топографический индекс влажности и индекс водной эрозии определяются по цифровой модели рельефа SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) в программе SAGA. Коэффициент экологической стабильности рассчитывается по формуле $К_с=\Sigma s_i \cdot k_i$, где s_i – удельная площадь вида землепользования; k_i – экологическая значимость этого вида землепользования [1]. Для получения значений NDVI используется MOD13Q1; содержания тропосферного метана – данные спутника Sentinel-5P с сенсором TROPOMI. Защищенность подземных вод оценена по буровым скважинам (всего 980 скважин). Кроме того, использован картографический материал (ландшафтная карта Республики Беларусь, 1:500000, космотектоническая карта Беларуси, 1:500000) и интернет-сервисы (Google Earth, OpenStreetMap).

Все индикаторы ранжируются по шкале риска на 4 категории (очень слабый риск; слабый риск; средний риск; высокий риск) и оцениваются в баллах. Для каждой группы (техногенное воздействие, устойчивость, геологические процессы) определяется средний балл риска. Интегральная оценка напряженности состояния геологической среды определяется как средний балл по 3 группам индикаторов. Предлагается 4 категории напряженности: нормальная, удовлетворительная, критическая и кризисная.

Рассмотрим результаты оценки напряженности состояния геологической среды в природно-антропогенных ландшафтах на территории Гомельской области. Установлено, что

удельная площадь территорий с трансформированной геологической средой в зависимости от выдела изменяется от 0,1 до 22,1% (среднее значение 4,6%); показатель распаханности – от 0,5 до 73,5% (среднее значение – 28,0%). Величина удельной площади с опасным загрязнением изменяется от 0 до 100% в зависимости от выдела. В целом выделы с высоким уровнем техногенного риска отсутствуют. Средний уровень техногенного риска характерен для 12,0% территории, а для значительной части (69,7%) ландшафтов уровень риска низкий.

Оценка защищенности подземных вод выполнялась по В.М. Гольдбергу [3]. Грунтовые воды на территории региона преимущественно (91,1% площади) относятся к категории незащищенных. Только на 8,9% территории грунтовые воды характеризуются как слабо защищенные. Такая ситуация обусловлена особенностями литологического состава зоны аэрации и относительно небольшой ее мощностью. Напорные воды в большинстве случаев (75,8% территории) характеризуются как относительно защищенные, а только 18,4% территории – как слабо защищенные.

Оценка рельефа осуществляется на основе геоморфометрических показателей – LSF (LS Factor – оценивает риск водной эрозии) и TWI (Topographic Wetness Index – оценивает риск заболачивания и подтопления). Принято допущение, что увеличение значений TWI и LSF обуславливает риск потенциального развития соответственно заболачивания и водной эрозии, что, в свою очередь, снижает устойчивость геологический среды. По индексу TWI значительная часть территории имеет высокую устойчивость (69,6% от общей площади), однако, 8,6% территории подвержено высокому риску заболачивания. По индексу LSF высокую устойчивость имеет 28,4% территории, в 13,7% – низкую. Индикатором устойчивости геологической среды является растительный покров (его продуктивность, которую оценивают по NDVI [4]) и структура землепользования [1]. Предполагается, что увеличение NDVI способствует росту устойчивости геологической среды. Низкая устойчивость по NDVI характерна для 7,8% территории. Для значительной части ландшафтов величина NDVI характерна высокая продуктивности, что положительно влияет на устойчивости геологической среды. Геосистемы с низким значением Кс (<0,33) характеризуются значительной трансформацией природных компонентов, доминированием антропогенных процессов, нарушенным экологическим балансом, на территории региона они занимают 8,9% площади. Интегральная оценка с учетом всех рассмотренных показателей установила, что ландшафты региона характеризуются средней (87,1%) и низкой (12,9%) устойчивостью геологической среды. Наиболее уязвимым местом геологической среды ландшафтов региона является крайне низкая защищенность грунтовых вод.

Оценка сейсмического риска: удельная площадь территории с балльностью 6-7 баллов составляет 11,7%, большая часть территории (68,4%) относится к зоне 5-6 баллов. Для региона характерно проявления таких экзогенных геологических процессов, как заболачивание и подтопление, ветровая эрозия, водная эрозия, суффозия, гравитационные процессы. Высокий риск характерен только для озерно-болотного ландшафта, средний риск – для выделов водно-ледникового, аллювиального террасированного и пойменного ландшафтов. Для значительной части территории характерен низкий (62,4%) и очень низкий риск (17,8%) экзогенных геологических процессов. В целом геодинамический риск характеризуется как низкий (73,5% площади) и очень низкий (24,6%). Однако, имеются выделы ландшафтов, где зафиксированы проявления современной геодинамической активности, приуроченные к зоне сочленения северной ступени Припятского прогиба и Северо-Припятского плеча. Наивысший уровень геодинамического риска в регионе – средний (2,0% территории).

Оценка напряженности состояния геологической среды в ландшафтах, учитывающая как природные, так техногенные факторы, показала, что критическая напряженность характерна для 4 выделов природно-антропогенных ландшафтов, относящихся к моренно-зандровым, водно-ледниковым, вторично-моренным и холмисто-моренно-эрозионным родам и занимающих 4,8% площади области. В этих ландшафтах при увеличении техногенной нагрузки произойдет деградации их устойчивости и активизация неблагоприятных и опасных геологических процессов. Критическая напряженность обусловлена пространственным

сопряжением наиболее высокого техногенного риска с низкой устойчивостью геологической среды. Вклад геодинамического риска в геологических условиях Беларуси не высок и существенного влияния на формирование напряженности экологического состояния на региональном уровне не оказывает. Однако, на локальном уровне в зонах активных разломов роль геодинамического фактора резко повышается [5, 7].

Таким образом, оценка напряженности состояния геологической среды в ландшафтах по индикаторам техногенного риска, устойчивости геологической среды и геодинамического риска, показала, что критическая напряженность характерна для 4 выделов природно-антропогенных ландшафтов, относящихся к моренно-зандровым, водно-ледниковым, вторично-моренным и холмисто-моренно-эрозионным родам и занимающих 4,8% площади Гомельской области. Наиболее проблемными свойствами геологической среды изучаемых ландшафтов являются: крайне низкая защищенность грунтовых вод (практически повсеместно); радиоактивное загрязнение (44,5% площади); значительная степень антропогенной трансформации и низкая экологическая стабильность отдельных ландшафтов (8,9% площади); повышенный геодинамический риск в ландшафтах, расположенных в зонах сочленения тектонических структур (2,0% площади).

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Х25УЗБ-079).

Литература.

1. Агроэкология / под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. М.: Колос, 2000. 536 с.

2. Айзберг Р.Е., Аронов А.Г., Гарецкий Р.Г., Карабанов А.К., Сафонов О.Н. Сейсмотектоника Беларуси и Прибалтики // Літасфера. 1997. № 7. С. 5–18.

3. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 248 с.

4. Гусев А.П. Изменения NDVI как индикатор динамики экологического состояния ландшафтов (на примере восточной части Полесской провинции) // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. 2020. №1. С. 101–107.

5. Гусев А.П. Индикаторы активных разломов (на примере Гомельской структурной перемычки) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2024. Т.66. №1. С. 35–44.

6. Гусев А.П. Газогеохимические индикаторы геодинамически активных зон // Літасфера. 2025. №1. С. 147–156.

7. Касьянова Н.А. Экологические риски и геодинамика. М.: Научный мир, 2003. 332 с.

INDICATORS OF THE STATE OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT IN NATURAL AND ANTHROPOGENIC LANDSCAPES (THE EXAMPLE OF THE GOMEL REGION)

Gusev A.P.
F. Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus
e-mail: andi_gusev@mail.ru

Abstract. A geosystem approach to assessing the state of the geological environment is proposed. The objects of research are natural and anthropogenic landscapes. The purpose of the work is to assess the state of the geological environment using a set of indicators of technogenic impact, stability and modern geological processes. Criteria for assessing the stress of the geological environment are proposed. Technogenic risk, stability of the geological environment and geodynamic risk are assessed in natural and anthropogenic landscapes. Critical stress of the geological environment is established for 4,8% of the area of the study area.

Keywords: geological environment; geosystem approach; assessment; stress; stability; technogenic risk; geodynamic risk.

УДК 551.243 (477.75)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ ПОДГОРНОГО МЕЛАНЖА В КРЫМУ

В.В. Юдин
Межрегиональная общественная организация Крымская Академия наук,
Симферополь, Республика Крым, Россия
e-mail:yudin_v_v@mail.ru.

Аннотация: Представления о геологическом строении Южного Крыма противоречивы из-за очень сложного строения и игнорирования хаотических комплексов. На основании многолетних личных исследований, впервые приводится последовательное описание строения регионального Подгорного тектонического меланжа, важного для правильного понимания геологии и экологии Крыма. Детализировано строение и положение эндогенного микстита надвигового, полимиктового вулканогенно-осадочного типа. Протяженность его выхода 130 км, видимая ширина выхода 1-5 км, толщина зоны 0,5-2 км. Горизонтальная амплитуда перемещения шарьяжа составляет 15-20 км. Возраст осадочных и магматических пород в глыбах от позднего триаса до раннего мела включительно. Подгорный меланж определяет аномальные проявления опасных геологических процессов (оползней, просадок грунта, селей, обвалов, абразии.), а также положение многих источников питьевых вод на южном берегу.

Ключевые слова: Крым, геология, тектоника, геодинамика, меланжи, олистостромы, экология.

Введение. Тектоническим меланжем (далее меланжем) называется крупная, региональная линейная в плане эндогенная геодинамическая зона брекчированных пород в сместителе высокоамплитудного надвига (шарьяжа). Микстит состоит из хаотически передробленных относительно мягких пород (матрикса) и разновеликих обломков из прочных пород (глыб - кластолитов), размерами от первых, до многих сотен метров.

За вековой период геологического изучения и до настоящего времени меланжи в Крыму не выделялись. Об этом свидетельствует анализ опубликованных государственных и авторских геологических карт Крыма [1, 2, 3 и мн. др.]. Исключение составляет не раз отклонённая и не изданная с 2023 года государственная геологическая карта Крыма, в которой на месте Подгорного меланжа нарисованы структурно несбалансированные и геометрически нереальные отдельные фрагменты меланжированных пород с недопустимыми по определению стратиграфическими контактами. Авторы и редактор этой карты - те же, что и в 2019 году [2, 3], где меланжи полностью отсутствовали. Как следствие, экогеологические свойства (функции) меланжей в Крыму ранее не изучались и рассматриваются впервые.

Актуальность выделения Подгорного меланжа заключается в том, что на горной территории его распространения расположены крупные поселки с плотной застройкой, а также магистральные шоссейные дороги с интенсивным движением и вибрационным воздействием транспорта. В условиях высокой техногенной нагрузки, а также 9-10-бальной природной сейсмичности, дезинтегрированный тиксотропирующийся матрикс меланжа представляет собой значительную опасность. К аномальному проявлению опасных геологических процессов в микститах относятся оползни, сели, обвалы, абразия и др.

Особо отметим интенсивные оползни и просадки грунта вследствие суффозии и карста в участках застройки, а также на участках изменения природного горного рельефа вдоль дорог и техногенных вибраций транспорта. Выделение и оконтуривание меланжа позволяет правильно рассчитывать приращение сейсмической бальности при строительстве в полосе его развития и рационально использовать территории, уменьшая риски от опасных геологических процессов.

Важен и гидрогеологический аспект меланжа. Глинистый матрикс из передробленных алевролитов и песчаников является водоупором, а расположенный выше аллохтон сложен

закарстованными известняками. Поэтому к зоне обводненного контакта приурочены многочисленные источники, важные для водоснабжения Южного берега Крыма.

Подгорный меланж был выделен нами 31 год назад. Он описан в разных участках Южного Крыма [4, 5, 6] и показан на авторских геологических картах [5, 7, 8,]. Ниже приведено описание строения микстита по простиранию (с юго-запада на северо-восток) в четырех условно выделенных районах.

Юго-западный район в опубликованной презентации доклада показан на авторской геологической карте и разрезах. *У мыса Айя* зона надвига в кровле меланжа отлично обнажена в береговом обрыве. Ранее, несмотря на четкую мощную зону брекчирования известняков и на подстилающий ее матрикс, этот тектонический контакт считался стратиграфическим. Общий вид меланжа показан с моря, а детали его строения - в береговых обрывах бухты Ласпинской [7]. Обломки в меланже состоят из очень разных пород, с доказанной фауной T_3, J_2, J_3 и K_1 возраста [5]. Поэтому в микстите в течение более 100 лет выделялись разновозрастные и противоречивые стратоны, якобы состоящие здесь из нормальных, экологически стабильных, осадочных пород (ай-васильская, меласская, таврическая, эскиординская и другие свиты) Они не отвечали признакам выделения стратонов и представляют собой матрикс и глыбы меланжа. Восточнее над Ласпинской бухтой в кровле микстита развит обрывистый рельеф с брекчированными известняками над противообвальной галереей трассы и опасные оползни полотна шоссе.

В районе пгт Форос также выходят не нормальные осадочные породы, а матрикс меланжа с глыбами из песчаников, лав андезитов, известняков и фрагментов опрокинутого флиша [5, 7]. На них надвинута пластина верхнеюрских известняков, смятая в пологую синклиналь. Подгорный меланж определил здесь аномальное проявление оползней.

Восточнее обнажены четыре крупных кластолита из опрокинутых на север туфопесчаников и лав среднеюрского возраста. У санатория Меллас из-под меланжа обнажается таврический флиш, который тоже находится в опрокинутом залегании [7]. Далее к востоку Подгорный меланж содержит крупные глыбы аналогичного состава. Под ним продолжается зона из флиша с надвигами и лежачими складками, которая подстилается выходящим из-под уровня моря комплексом Южнобережного меланжа [9].

У сел Оползневое - Кацивели в Подгорном меланже развито наибольшее число активных оползней и редкие кластолиты из андезитов. Ниже полосой залегает очень сложно смятый флиш таврической формации. *Под пгт. Алупка* в нём нами выявлено лежачее крыло крупной шарьяжной антиклинали [7]. Все эти породные комплексы частично перекрыты матриксом и сползающими олистолитами из известняков Массандровской олистостромы [5].

Гора Ай-Петри из J_3 известняков слагает пологую антиклиналь. Ниже залегает плохо обнаженный Подгорный меланж по породам T_3-J_2 возраста. В верхней части микстита (в овраге Холодная Балка) нами выявлены пластичные глины с фауной K_1 возраста [5]. Значительная часть меланжа здесь перекрыта сползшим к югу на 3 км крупным массивом Могаби, мелкими олистолитами и матриксом Массандровской олистостромы.

В Ялтинско-Алуштинском районе полоса выхода меланжа в плане весьма извилистая. Это связано с пологим наклоном сместителя шарьяжа, а также с горным рельефом, осложненным крупными оползшими в море массивами известняков, формирующими Ялтинский, Гурзуфский и Алуштинский. амфитеатры. *Северо-восточнее Ялты* в перекрывающем меланж комплексе и в обломках появляются терригенные породы средней юры. В самом меланже локально выявлен фрагмент с нижнемеловыми глинами, свидетельствующими о кайнозойском возрасте смещений. Сверху сползла и сползает Массандровская олистострома [4, 5, 6], которая ранее и ныне некорректно считается стратотипом массандровской «свиты» [1, 2, 3].

Над пгт Гурзуф меланж перекрыт песчаниками и алевролитами J_2. Северо-восточнее над пос. Малый маяк, в нём присутствуют кластолиты из песчаников и плагиогранитов (в карьере Шарха). Севернее в меланже известны крупные и мелкие глыбы магматических пород (Урага, Чамны-Бурун, Сераус и др.). Далее микстит примерно на одном гипсометрическом

уровне огибает Алуштинский амфитеатр. Выше и ниже во флише нами выявлены надвиги и сложные складки. Например, п*од Ангарским перевалом* вдоль дороги Подгорный меланж перекрыт и подстилается таврическим флишем, смятым в лежачие принадвиговые складки [5, 7, 8]. Постоянное оползание полотна шоссе в этой зоне микстита связано с его современной криповой активностью.

Демерджи-Карабийский район представлен в презентации доклада на авторской геологической карте и трех разрезах. *Под г. Южная Демерджи* J_3 конгломераты тектонически перекрывают пологую зону меланжа по таврическому флишу. В двух участках матрикса здесь выявлены пластичные K_1 глины. Под меланжем флиш сорван надвигами и смят в шарьяжные складки, запрокинутые на юго-восток. Далее до с. Генеральского строение микстита аналогичное. Отметим опасность игнорирования положения зон оперяющих меланжей при строительстве водохранилища на р. Улу-Узень. В условиях высокой сейсмичности и активности надвигов это недопустимо [5, рис. 5.6.3.].

Под Караби-Яйлой вдоль простирания меланжа залегание внешне (с юга) выглядит как очень пологое. Однако при рассмотрении в крест простирания с запада, в кровле микстита нами выявлены надвиговые дуплексы из глин, известняков и конгломератов J_3-K_1 возраста. Ниже расположен хаотический комплекс с кластолитами из T_3-J_2 песчаников.

В верховьях р. Ускут над меланжем обнажён таврический флиш, смятый в структуру поп-ап, которая характерна для фронтальных частей шарьяжей. Севернее поп-ап перекрыта дуплексами из J_3 конгломератов и известняков. В полосе выхода микстита развиты многочисленные оползни. Ниже залегает флиш, дислоцированный в запрокинутые на юг складки с зонами принадвиговых брекчий.

Восточный район зоны выхода Подгорного меланжа представлен в докладе на карте и разрезах. *У с. Зеленогорье (Ускут), в ур. Панагия* над меланжем обнажены великолепные крупные принадвиговые складки из конгломератов и известняков J_3 возраста, которые надвинуты на флиш [5, 7]. Микстит состоит из полностью перетёртого флиша с удлинёнными и изометричными глыбами песчаников.

Севернее села Ворон меланж перекрыт чешуями из J_3 конгломератов с подстилающей узкой зоной перетёртых предположительно нижнемеловых глин. В самом микстите выявлено обилие небольших глыб песчаников, конгломератов, обрывков флиша в опрокинутом залегании, а также аномальное развитие оползней. Ниже, в сохранившимся от дезинтеграции таврическом флише, при детальных тектонических исследованиях нами обоснована уникальная по сложности лежачая шарьяжная складка [5, 7].

Севернее города Судак при пологом холмистом рельефе полоса выхода Подгорного меланжа расширяется до 5 км. Восточнее она утончается и перекрыта в структуре поп-ап, из мощных жестких J_3 конгломератов. Палинспастическая реконструкция этой структуры позволила оценить горизонтальную амплитуду Подгорного шарьяжа в 15-20 км [5].

Таким образом, Подгорный меланж прослежен в виде извилистой в плане полосы шириной в 1–5 км вдоль всего Горного Крыма на расстояние более 130 км. Толщина хаотического комплекса от 0,5 до 2 км. Кровля микстита западнее мыса Айя расположена ниже уровня Черного моря, северо-восточнее, до Ялтинского района, она постепенно воздымается до 800-900 м и на востоке севернее Судака расположена на высоте около 500 м.

Микстит хорошо выражен в рельефе, располагается под обрывами верхнеюрских известняков Главной гряды Крымских гор и современно активен. Ниже известняков повсеместно расположен хаотический комплекс, в котором отсутствуют выделяемые ранее, складки, разломы и блоки, а также противоречивые «стратифицированные свиты».

Кластолиты расположены хаотически и имеют размеры от дециметров до сотен метров. Они сложены песчаниками и конгломератами, реже известняками, датируемыми от позднего триаса до поздней юры. В Ялтинско-Алуштинском районе в меланже присутствуют крупные кластолиты интрузивных пород, размерами до 2 км. Матрикс представлен полностью перетертыми породами по флишу таврической формации и терригенным толщам средней юры. В основании скалы Ласпи, а также гор Ай-Петри, Демерджи и др., под верхнеюрскими

породами в меланжированном комплексе местами обнаружены фрагменты пластичных глин с микрофауной нижнего мела [5].

В плане выход микстита имеет извилистую форму, что обусловлено расчлененным горным рельефом и пологим наклоном на север зоны меланжа. Вдоль всей полосы выхода отмечается аномальное развитие оползней, современных медленных эндогенных смещений, а также наличие высокотемпературных вторичных минералов: кварца, хлорита, алуштита, кальцита и др. Все это свидетельствует об эндогенном неоген-четвертичном возрасте меланжа и его активности в настоящее время.

Структуры, подстилающие меланж, сложены флишем таврической формации и имеют очень сложное строение. Здесь выделены изоклинальные, лежачие до ныряющих и дважды опрокинутых складки южной вергентности. Они сопровождаются надвигами, в которых развиты многочисленные небольшие зоны брекчирования пород.

Выделение и обоснование активного надвигового Подгорного меланжа позволяет по-новому рассматривать многие вопросы экологии, строительства и прогнозировать опасные геологические явления. В современно активном меланже и перекрывающей его Массандровской олистостроме в условиях значительной сейсмичности и крутых склонов существует значительный риск неожиданных подвижек матрикса и олистолитов. Здесь выявлено аномальное проявление оползней, обвалов и крипа. Недоучет микстита в условиях горного рельефа, повышенной сейсмичности и увлажненности может привести к опасным последствиям. Подмеланжевая полоса сложно дислоцированных, но сохранивших структуру толщ таврической серии регионально менее подвержена опасным геодинамическим процессам, более устойчива и предпочтительна для застройки. Зону меланжа рациональнее и безопаснее использовать для рекреации как парки и природные заказники

Выводы. Последовательное рассмотрение строения Подгорного меланжа с юго-запада на северо-восток позволило сформулировать следующие его признаки и их следствия:

1) выраженность меланжа в рельефе и, извилистость полосы выхода в плане, вследствие его пологого наклона на север;

2) аномальное развитие оползней, селей, обвалов, тиксотропии грунтов и абразии берега, а также присутствие гидротермальных минералов (кварц, алуштит и др.);

3) большой диапазон возраста пород в обломках меланжа (от T_3 до K_1 включительно);

4) хаотическое смешение глыб из очень разных по составу и генезису осадочных и магматических пород;

5) верхний и нижний контакты меланжа повсеместно тектонические (надвиговые);

6) выше и ниже Подгорного меланжа выявлены аномально сложные шарьяжные дислокации (структуры поп-ап, лежачие, дважды опрокинутые складки, надвиги и др.);

7) палинспастическая реконструкция структур позволила определить амплитуду горизонтального перемещения по меланжу в 15-20 км;

8) поскольку глинистый матрикс является водоупором, а над меланжем залегают закарстованные известняки, к кровле микстита приурочены многочисленные источники пресных вод, важные для водоснабжения Южного берега Крыма;

9) матрикс меланжа недопустимо считать осадочными породами стратонов. Ранее выделенные в полосе хаотического комплекса «свиты» (ай-васильская, меласская, таврическая, крымская, эскиординская, ставлухарская, ай-фокинская, скалтушинская, гераклейская и ай-васильская нерасчленённые и др.) следует привести в соответствие с критериями выделении,я согласно Стратиграфическому и Тектоническому кодексам России. Как следствие, государственные геологические карты Крыма должны отражать все 10 выделенных нами меланжей [4-9], в том числе Подгорный, очень важный для освоения Южного берега Крыма.

Экологические риски строительства зданий и сооружений на Подгорном меланже заключаются в тиксотропии и смещениях, оползании грунтов, что особенно опасно при сейсмических событиях. Здесь недопустимо строительство зданий повышенной этажности с высокой удельной нагрузкой на меланжированные породы основания. Многолетнее

игнорирование выделенного нами более 30 лет назад Подгорного, и расположенного ниже Южнобережного меланжа [8, 9] в угоду устаревшими представлениям концепции фиксизма, приводит к неоправданным рискам для экологии Южного Крыма.

Литература.

1. Геология СССР. Т. 8, ч. 1. Крым. Геологическое описание. М.: Недра, 1969. 575 с.
2. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1000000. Третье поколение. Серия Скифская. Лист L-36– Симферополь. Автор Фиколина Л. А., гл. научный редактор Белецкий С. В., С-Пб. Изд-во ВСЕГЕИ, 2019.
3. Фиколина Л. А., Белецкий С. В., Белокрыс О. А. и др. (14 соавторов) Гос. геологическая карта РФ, масштаба 1:1000000. 3-е поколение. Сер. Скифская. Лист L-36 – Симферополь. Объяснительная записка / Минприроды России, Роснедра, ФГБУ «ВСЕГЕИ», ГУП РК «Крымгеология». СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2019. 979 с.
4. Юдин В.В. Микститы Горного Крыма // Доклады АН. Москва, 1998, т. 363, № 5. С. 666-669.
1. 5/ Юдин В. В. Геодинамика Крыма. Монография. Симферополь: «ДИАЙПИ», 2011. 336 с.
5. Юдин В. В. Надвиговые и хаотические комплексы. *Монография*. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2013. 252 с.
6. Юдин В. В. Геология Крыма. Фотоатлас. Симферополь: ИТ «Ариал», 2017. 160 с
7. Юдин В. В. Геологическая карта и разрезы Горного, Предгорного Крыма. Масштаб 1:200000. Изд. второе, дополненное. С-Пб, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2018.
8. Юдин В. В. Южнобережный меланж Крыма.// Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. Симферополь: КФУ, 2024, №2. Т. 10 (76). С. 105-122.

ECOLOGICAL GEOLOGY OF THE PODGORNYI MELANGE IN CRIMEA

V.V.Yudin yudin_v_v@mail.ru

Interregional Public Organization Crimean Academy of Sciences, Simferopol, Republic of Crimea, Russia

Abstract. The ideas about the geological structure of the Southern Crimea are contradictory due to the very complex structure and ignoring of chaotic complexes. Based on many years of personal research, for the first time a consistent description of the structure of the regional Podgornyi melange is given, which is important for a proper understanding of the geology and ecology of the Crimea. The structure and position of the endogenous mixtite of the thrust, polymictic volcanogenic-sedimentary type are detailed. The length of its exit is 130 km, the apparent width of the exit is 1.5 km, and the thickness is 0.5 -2 km. The horizontal range of movement of the sharyazh is 15-20 km. The age of sedimentary and igneous rocks in blocks is from the Late Triassic to the Early Cretaceous inclusive. The Podgornyi melange determines anomalous manifestations of dangerous geological processes (landslides, subsidence, mudslides, landslides, abrasions, etc.), as well as the position of many sources of drinking water on the southern shore.

Keywords: Crimea, geology, tectonics, geodynamics, melanges, olistostromes, ecology.

СЕКЦИЯ 1
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЭПОХУ ТЕХНОГЕНЕЗА

УДК: 551.7 (56)

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МИОЦЕНОВОЙ МАЛАКОФАУНЫ НА ТЕРРИТОРИИ Г. СЕВАСТОПОЛЯ

О. О. Верис[1], В. А. Лей [2]
Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия
e-mail: olegveris77@gmail.com.[1], ley777@bk.ru[2]

Аннотация. Большая часть пород, слагающих Севастополь и его окрестности, принадлежит к миоценовой эпохе неогенового периода. Изучение слоёв данного периода проходило в первую очередь с геологической точки зрения, а палеонтологические исследования или были нацелены на фауну позвоночных, или были проведены около ста лет назад. В данной работе проводится пересмотр нескольких местонахождений миоценовой эпохи разного возраста, а также обнаруженных в них представителей малакофауны. В ходе исследования было установлено несколько новых для Крыма видов сарматских брюхоногих моллюсков, а на основе видового состава установлен возраст обсуждаемых точек. На основе характера сохранности выдвинуты предположения о тафономических и палеоландшафтных условиях.

Ключевые слова: сарматский ярус, Севастополь, моллюски, палеонтология, миоценовая эпоха, малакофауна.

Миоценовые отложения в районе г. Севастополя залегают в основном в прибрежной зоне (бухта Северная, бухты Омега и Круглая, мыс Херсонес, мыс Фиолент), что связано с постепенным отходом моря Паратетис в границы современного Черноморско-Азовского и Каспийского бассейнов в его восточной части. Их характер, степень сохранности окаменелостей и геоморфологические свойства различаются от яруса к ярусу и конкретных условий точки.

Поскольку Севастополь находится в рамках Восточного Паратетиса, в данной работе используется соответствующая шкала региональной геохронологии с опорой по Попову (2023) и др. [2,5].

Вверху – устричная банка, мыс Лермонтова, и розовые известняки на пл. Захарова. Внизу – белые известняки, мыс Кордон, красные известняки, бухта Омега.

В районе мыса Лермонтова миоценовые отложения подпираются юрскими подушечными лавами и туфами, представлены белыми известняками и мергелями. Особый интерес представляет нижняя прослойка данных отложений, заполненная устричными банками. Касательно возраста и видового определения информация противоречива. Так, Моисеева (1932) определял их как чокракские слои с *Ostrea gingensis*, а Александр Гужов указал на тарханский возраст слоёв, а вид был определён как *Crassostrea gryphoides*. Другая фауна из данного местонахождения неизвестна, но в вышележащих слоях встречаются ядра неопределённых двустворчатых моллюсков.[2]

На Северной стороне г. Севастополя в районе бухты Северной и мыса Кордон выходят богатые на окаменелости известняки. Большинство экземпляров с данной точки представлено ядрами (внутренними и внешними) двустворчатых моллюсков нескольких родов, после них по частоте встречаемости доминируют ядра неопределённых гастропод из отрядов трохида (Trochida) и неогастроподы (Neogastropoda Wenz, 1938). Иногда на ядрах встречаются перекристаллизованные раковины моллюсков, представляющие из себя тонкую кальцитовую корку. Данные слои состоят из известняков и мергелей белого цвета и отличаются высокой

твёрдостью. На основе видового состава гиббул белые известняки были определены как среднесарматские.

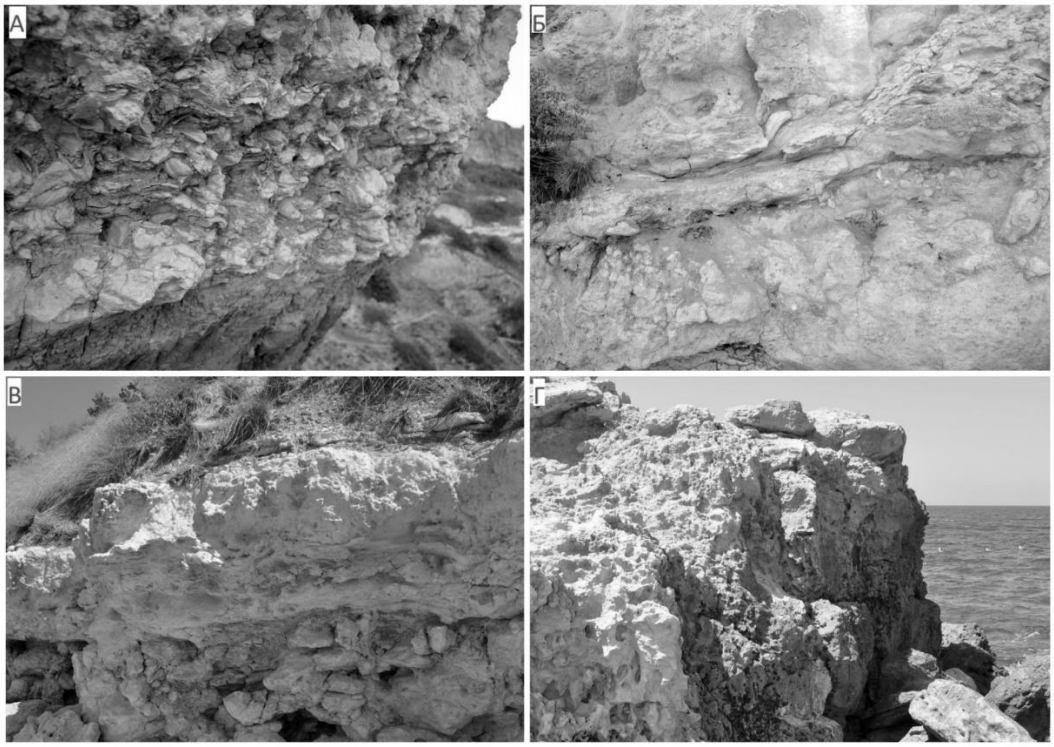


Рис. 1 – Изучаемые точки миоценовых пород на территории города Севастополя а)Мыс Лермонтова, устричные банки, б)Розовые известняки, площадь Захарова, в)Белые известняки, мыс Кордон, г)Красные известняки, бухта Омега

В конце прошлого года в район бухты Северной была повторно найдена точка с розовыми мягкими известняками, в которых были обнаружены раковины брюхоногих моллюсков удивительной сохранности. На основе встреченных видов, например, *Acteocina lajonkaireana* и *Gibbula (Kolesnikoviella) blainvillei* возраст данной точки был определён как средний сармат.

Последняя рассматриваемая точка – пляж Омега, которая также характеризуется выходами сарматских известняков, но с большой доле глины. Плотные бело-красные известняки зачастую сложены ядрами двустворчатых моллюсков, а на месте более мягких, глинисто-известковых отложений встречаются ядра двустворчатых моллюсков. По Моисееву (1932), данные слои датируются верхним сарматом.[2,3,4,5]

Сборы материала проходили с зимы 2024-2025 по лето 2025 в три этапа. Первый – декабрь-февраль, разведка мест на площади Захарова. Второй – сбор материалов с точек Площадь Захарова и Пляж Омега, по возможности, их определение. Третий этап – повторные сборы на Площади Захарова, сборы на мысе Лермонтова. После этого происходило определение найденных экземпляров. В качестве определителя использовалась работа М. Г. Сладковской 2017 года, посвящённая трохидам сарматского региояруса, фотобаза проекта Аммонит.ру и определители Колесникова 1935 года и Невесской 1993 года. После определения каждый образец был сфотографирован.

Рассмотрим видовые комплексы разных точек. Виды, ранее не наблюдавшиеся в Крыму, отмечены звёздочкой (*), а те, у которых был зафиксирован прижизненный окрас - знаком ~.

Площадь Захарова, розовые известняки[1,2,4,6]

- *Gibbula beaumonti* (d’Orbigny, 1844).
- *Gibbula pseudoangulata* (Sinzow, 1875). ~
- *Gibbula (Kolesnikoviella) blainvillei* (d’Orbigny, 1844).

- *Gibbula (Sarmatigibbula) hommairei* (d'Orbigny, 1844).*
- *Gibbula (Sarmatigibbula)* cf. *podolica* (de Montpereux, 1831). *~
- *Gibbula picta* (Eichwald, 1830). *
- *Gibbula (Kolesnikoviella)* aff. *pageana*. ~
- *Gibbula cordieriana* (Orbigny, 1844). ~
- *Sinzowia elatior* (d'Orbigny, 1844). *~
- *Acteocina lajonkaireana* (Basterot, 1825).
- *Hydrobia inflata* (Pusch, 1837).
- *Dorsanum* sp.

Кроме брюхоногих моллюсков, в розовых известняках встречаются и двустворчатые, однако они представляют из себя разрозненные фрагменты створок, неподлежащие полноценной идентификации.

Площадь Захарова, белые известняки[3,4,5]

- *Plicatiformes* sp.
- *Planocardium* sp.
- *Dorsanum* spp.
- *Gibbula (Sarmatigibbula) hommairei* (Orbigny, 1844).
- *Gibbula cordieriana* (Orbigny, 1844).
- *Gibbula sarmates* (Eichwald, 1850).

Мыс Лермонтова[4]

- *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813).

Пляж Омега[1,4]

- *Barbotella* sp.
- *Gibbula* sp.
- *Venerida* indent.

Экземпляры из розовых известняков иногда сохраняют прижизненный узор, что выглядит как чередование светлых и тёмных полос. Стоит отметить, что похожие паттерны присутствуют и у современных гастропод, обитающих в Чёрном море – гиббул *Steromphala adraitica, S. divaricata* и *S. albida*, а также триколии *Tricolia pullus*. Наличие сходных паттернов окраски у современных и ископаемых видов может говорит об адаптации к схожим условиям. Поскольку гиббулы и триколии – растительноядные виды, обитающие на водорослях, подобная окраска могла служить в качестве защитного механизма, позволяющего скрываться моллюскам в зарослях водной растительности.

Рис. 2. Сравнение паттернов окраски двух видов моллюсков: ископаемой *G. (S.) hommairei* и современной *S. albida*.

Новые данные о стратиграфии Севастополя и его окрестностей

Поскольку большинство ключевых работ по стратиграфии и палеонтологии Севастополя вышла в первой половине XX веке, из-за чего необходимо провести пересмотр имеющихся данных, а также провести обновление имеющейся информации. Так, Моисеев (1932) упоминает наличие в районе мыса Фиолент чокракских слоёв, но не упоминает о более древних слоях с *Crassostrea gryphoides*, датируемых тарханским региоярусом. В то же время картирование сарматских отложений, несмотря на почти столетнюю давность, почти не изменилось: верхний сармат был найден в районе бухты Омега, а средний – в районе бухты Северной. К несчастью, проверка других обнажений на Гераклейском полуострове, в Сухарной балке и в районе Георгиевского монастыря была отклонена из-за расположения военных частей или объектов.

Литература.

1. Колесников В. Н. Палеонтология СССР. Т. 10, ч. 2. Сарматские моллюски. / В. Н. Колесников – Ленинград, Издательство АН СССР, 1935. – 507 с.
2. Моисеев А. С. Гидрогеологический очерк г. Севастополя и его окрестностей: С 1 картой. / А. С. Моисеев. - Ленинград ; Москва : Гос. науч.-техн. геол.-разведочное изд-во, 1932. - Обл., 56 с., 1 вкл. л. карт. - (Труды Всесоюзного геолого-разведочного объединения НКТП СССР / Центр. науч.-исслед. геол.-разведочный ин-т. Сектор гидрогеологии ; вып. 137).
3. Невесская Л. А. Труды палеонтологического института. Т. 247. Определитель миоценовых двустворчатых моллюсков юго-западной Евразии. / Бабак Е.В., Багдасарян К.Г., Воронина А.А., Гончарова И.А., Невесская Л.А., Парамонова Н.П., Попов С.В. – Москва, Наука, 1993. – 411 с.
4. Подвинцев В. (SENSEI). Сарматские брюхоногие моллюски – Палеонтологический портал «Аммонит.ру». – Москва, 2005-2025. – URL: https://www.ammonit.ru/text/1215.htm (дата обращения 04.04.2025).
5. Попов С. В. Труды палеонтологического института. Т. 299. Неоген Восточного Паратетиса: региоярусная шкала, опорные разрезы и проблемы корелляции. / Александрова Г.Н., Ахметьев М.А., Банников А.Ф., Былинская М.Е., Головина Л.А., Гончарова И.А., Запорожец Н.И., Застрожнов А.С., Лазарев С.Ю., Палку Д.В., Пинчук Т.Н., Попов С.В., Ростовцева Ю.В. – Москва, изд. РАН, 2023. – 504 с.
6. Sladkovskaya M. G. Trochidae (Gastropoda) from the Sarmatian Basin of the Eastern Paratethys // Paleontological Journal. – 2017 – 51(14). – p. 1453-1583.

FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF MIOCENE MALACOFAUNA IN THE TERRITORY OF SEVASTOPOL

O. O Veris1, V. A. Ley2
Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
e-mail:ley777@bk.ru, olegveris77@gmail.com

Abstract. Most of the rocks composing Sevastopol and its surroundings belong to the Miocene epoch of the Neogene period. The study of the layers of this period took place primarily from a geological point of view, and paleontological studies were either aimed at the vertebrate fauna, or were conducted about a hundred years ago. In this work, we review several sites of the Miocene epoch of different ages, as well as representatives of malacofauna found in them. During the study, several species of Sarmatian gastropods new to Crimea were identified, and the age of the points under discussion was determined based on the species composition. Based on the nature of the preservation, assumptions are made about taphonomic and paleolandscape conditions.

Key words: sarmatian stage, Sevastopol, mollusks, paleontology, miocene epoch, malacofauna.

УДК 556.3

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИИ Г. СЕВАСТОПОЛЯ

В.Е. Иванов
ООО Севастопольский институт геодинамики и инженерно-технических изысканий (ООО «СИГИИНТИЗ»), г. Севастополь, Россия
e-mail:vladiwolf@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены основные особенности гидрогеологии г. Севастополя. Выполнено районирование территории. Определены основные закономерности залегания подземных вод. Показана связь распространения подземных вод со структурно-тектоническими особенностями региона.

Ключевые слова. Гидрогеология, макроблок, подземные воды, тектонические нарушения.

Анализ литературных [1,2,4] и архивных материалов, а также новейшие результаты бурения разведочных скважин на-воду позволили существенно расширить и уточнить представление о гидрогеологии юго-западного Крыма. Изучение данных многолетних наблюдений подтвердили, что решающее значение на динамику и залегание горизонтов подземных вод оказывают структурно-тектонические особенности региона.

Характерной особенностью геологического строения юго-западного Крыма является наличие крупного регионального тектонического нарушения, известного под названием *Георгиевского разлома.* Он разделяет территорию юго-западного Крыма на два обособ-ленных мегаблока, которые отличаются по геологическому строению и истории развития. Фактически это относительно широкая (более 1 км) зона эшелонированных тектонических нарушений, смещение горных пород по которым создало мозаику взаимно смещённых блоков. Смещения отличались по кинематике и амплитуде, они многократно оживлялись в периоды тектонической активизации региона.

Территория восточнее зоны Георгиевского разлома по особенностям геологического строения не имеет аналогов в Крыму. Для этого района характерно широкое распространение верхнеюрских (кимеридж-титонских) массивов рифогенных известняков. Они трансгрессивно залегают на терригенных отложениях средней юры, а местами – на более древних породах флиша Таврической серии. Известняковые массивы представляют собой обособленные блоки, разделённые разломами и тектоническими депрессиями – грабенами, которые заполнены песчано-глинистыми породами нижнего мела. В Байдарской и Варнаутской долинах нижнемеловые отложения заполняют глубокие депрессии, борта которых сложены кимеридж-титонскими известняками [3].

Иное геологическое строение характерно для района, расположенного западнее Георгиевского разлома. Большую часть территории здесь занимает Гераклейское плато, сложенное моноклинально залегающими осадочными породами верхнего миоцена, полого (2-4°) падающими на запад-северо-запад. На отдельных участках угол падения сарматских пород увеличивается до 45° и более.

Системы тектонических нарушений диагонального и ортогонального простираний разделяют Гераклейское плато на отдельные блоки. Главенствующее значение имеют разломы диагонального (северо-западного и северо-восточного) простирания. Важно также принять во внимание наличие ортогональных тополинеаментов, определяющих расположение очертаний Севастопольской, Карантинной, Песчаной, Стрелецкой, Круглой, Камышовой и Казачьей бухт, служащих естественным продолжением балок.

Следует отметить, что крупные субширотные разломы сдвиговой кинематики, характерные для окрестностей Балаклавы, в пределах Гераклейского плато практически отсутствуют и проявлены только на его северной границе, определяя простирание и конфигурацию Севастопольской бухты.

На основании структурно-тектонического и гидрогеологического районирования нами выделены 7 макроблоков, существенно отличающихся по особенностям залегания и динамике

подземных вод (рис. 1). Ниже приводится их обобщённая характеристика.

Макроблок I. Занимает большую часть территории Гераклейского плато, за исключением его юго-восточной окраины. Здесь существуют следующие водоносные горизонты.

1. Сезонные грунтовые воды «верховодка» и четвертичный водоносный горизонт. Приурочены к локальному распространению слоёв среднесарматских глин, а также к делювиально-пролювиальным отложениям днищ балок. Формируется после ливневых дождей или при таянии снега, при отсутствии организации отведения ливнестоков. Связан с просачиванием поверхностных вод сквозь толщу выветрелых известняков и концентрированием их над выдержанными горизонтами глинистых грунтов, которые в данном районе играют роль естественных водоупоров. Практического значения не имеет.

2. Среднесарматский водоносный горизонт. Водовмещающими отложениями данного водоносного горизонта являются органогенно-обломочные и оолитовые кавернозные и трещиноватые известняки, развитые почти повсеместно на территории Герак-лейского полуострова, в пределах которого они залегают непосредственно на дневной поверхности. В качестве регионального водоупора этого водоносного горизонта служат глины нижнего сармата. Абсолютные отметки кровли водоупора колеблются от + 30 на востоке до –100 на западе макроблока. Над постоянным, выдержанным в пространстве водоносным горизонтом залегают более мелкие, локальные зоны распространения грунтовых вод, многие из которых гидравлически связаны с морем. Локальные водоносные среднесарматские горизонты отсутствуют вблизи балок, которые играют роль естественных дрен.

3. Тортонский водоносный горизонт. Водовмещающими отложениями тортонского водоносного горизонта служат светло-серые и почти белые песчанистые мелко-детритусовые и часто крупнокристаллические перекристаллизованные известняки, часто содержащие прослои тонкозернистого кварцевого песка.

В пределах макроблока № 1 они залегают под мощным слоем нижнесарматских глин и практически повсеместно являются водоносными. Водоносный горизонт является на-порным. Его мощность колеблется от 30-40 м в центральной и восточной частях макроблока до 6 м в западной части (побережье бухты Круглая). Средний дебит составляет 1.7 $м^3$/час, а в отдельных скважинах он достигает более 30 $м^3$/час. Абсолютные отметки кровли водоносного горизонта колеблются от 0 м на востоке до –130 м на западе макроблока.

Макроблок I-а. Обособлен от макроблока I крупным субмеридиональным разломом, проходящим по осевой части Казачьей бухты. В связи с вертикальными дифференци-рованными тектоническими движениями в раннесарматское время макроблок, располо-женный западнее разлома, испытал относительное поднятие. В настоящее время кровля нижнесарматских глин расположена на абсолютной отметке около 50 м, что приблизительно на 40-50 м выше, чем в районе бухт Камышовой и Круглой.

Макроблок характеризуется отсутствием подземных вод на кровле нижнесарматских глин и тортонского водоносного горизонта. Очевидно, эти подземные воды сдренированы по крупному субмеридиональному тектоническому нарушению, разделяющему макро-блоки I и I-а. В пределах макроблока установлен только малодебитный поверхностный горизонт подземных вод, гидравлически связанный с морем.

Макроблок II. Расположен в юго-восточной части Гераклейского плато. Здесь отложения среднего и верхнего миоцена залегают на размытой поверхности среднеюрских вулканитов. Водоупор, характерный для макроблока № 1 – нижнесарматские глины, разделяющие тортонский и нижнесарматский водоносные горизонты, здесь отсутствует. Восточной границей является зона Георгиевского разлома. В пределах макроблока существуют четвертичный и среднесарматский водоносные горизонты.

1. Четвертичный водоносный горизонт. Водовмещающими породами являются четвертичные делювиально-пролювиальные суглинки, развитые по днищам балок. Особенно водообилен в балках, в бортах которых обнажаются среднесарматские водоносные горизонты. Вода, поступающая из многочисленных родников на склонах балок, в основном питает этот

водоносный горизонт. В меньшей степени питание горизонта происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков в пределах водосборной площади балок. В настоящее время водоносный горизонт играет второстепенную роль и используется для полива земель садоводческих товариществ. О существовании ранее колодцев, эксплуатировавших четвертичный водоносный горизонт, Моисеев А.С. [1] сообщал следующее: «В верховьях балки Бермана имеется колодец, отрытый в днище балки и заложенный в делювии, область питания которого находится в юрских известняках».

2. Среднесарматский водоносный горизонт. Характерной особенностью отложений среднего сармата в пределах макроблока № 2 является наличие слоёв кварцевых гравелитов. Они образовались в результате размыва верхнеюрских конгломератов, и, вероятно, маркируют этапы тектонической активизации региона. Часто гравелиты подстилаются глинами, что создаёт идеальные условия для формирования водоносных горизонтов. Среднесарматские подземные воды в пределах макроблока № 2 в основном приурочены к слоям гравелитов.

Макроблок характеризуется изменчивыми гидрогеологическими характеристиками, связанными со сложной клавишной тектоникой района. Многочисленные разломы ортогональной и диагональной ориентировки разбивают территорию макроблока на ряд более мелких блоков, в пределах которых гидрогеологические характеристики могут существенно изменяться.

Среднеюрские вулканиты района м. Фиолент практически безводны.

В пределах макроблока нами выделен блок II-а, который является переходным между макроблоками I и II. Здесь уже слабо проявлены черты, присущие макроблоку I, а именно: наличие маркирующего горизонта нижнесарматских глин, отделяющих среднесарматский и тортонский водоносные горизонты.

Макроблок III. Находится в северо-восточной части Гераклейского плато. Для этой территории характерно сложное блоковое строение, единый, выдержанный водоносный горизонт отсутствует. Образования сарматского яруса трансгрессивно залегают на размытой поверхности верхнемеловых мергелей и палеогеновых нуммулитовых известняков. Подземные воды обнаружены в южной части макроблока. Это – нижнемеловой, малодебитный водоносный горизонт, приуроченный к трещиноватым песчаникам. Глубина залегания подземных вод – около 120 м от поверхности. Верхнемеловые мергели и палеогеновые нуммулитовые известняки практически безводны, кое-где подземные воды встречаются в сарматских известняках.

Макроблок IV. Расположен восточнее зоны Георгиевского разлома. Наибольшее распространение имеют следующие водоносные горизонты.

1. Четвертичный водоносный горизонт. В основном генетически связан с подрусловым стоком речки Балаклавка. Развит в четвертичных аллювиально-пролю-виальных отложениях. При обильном выпадении осадков подъём уровня подземных вод вызывает локальное подтопление территории.

2. Нижнемеловой водоносный горизонт. Широко распространён в г. Балаклаве и её окрестностях. Водовмещающими породами, как правило, являются трещиноватые песчаники готеривского яруса и их элювий, водоупором – валанжинские аргиллиты. Последние играют роль регионального водоупора, поэтому подземные воды могут залегать и в более молодых отложениях, в частности – в альбских конгломератах, как это имеет место на склоне г. «Автоматчик».

3. Верхнеюрские водопроявления. Единого водоносного горизонта не образуют. Согласно фондовым материалам Балаклавской ГРП, подземные воды в толще кимеридж-титонских известняков в районе Псилерахского месторождения сдренированы до уровня моря. В районе Западно-Балаклавского месторождения уровень подземных вод был зафиксирован на отметке +5 м, дебит этого горизонта незначителен. Это – трещинные воды юрских известняков. В связи с незначительной обводнённостью района, карстовые процессы в юрских известняках имеют ограниченное распространение. В основном они приурочены к зонам тектонических нарушений, заполненным красно-бурой глиной. Однако, в пределах

некоторых тектонических нарушений, оперяющих Георгиевский разлом, подземные воды аккумулируются и иногда выходят на поверхность в виде родников. В качестве примера можно привести обводнённую балку в районе 10 км Балаклавского шоссе, родники которой являются истоками речки Балаклавки.

Макроблок V. Приурочен к зоне распространения туфогенных песчаников (Семякины высоты). На севере практически безводен. На юге, в связи с высоким уровнем залегания валанжинских аргиллитов, уровень грунтовых вод близок к поверхности. Здесь отмечаются отдельные заболоченные участки.

Из вышеизложенного следует, что гидрогеологические особенности г. Севастополя в первую очередь связаны со структурно-тектоническим строением региона. При этом главенствующая роль в транзите и распределении подземных вод, формировании разновозрастных водоносных горизонтов принадлежит глубинной структуре регионального значения – Георгиевскому разлому. На его продолжении в море следует ожидать источников субмаринной разгрузки пресных вод. В этом аспекте также интересен грабен Балаклавской бухты, на продолжении которого в море находится зона разгрузки нижнемеловых водоносных горизонтов.

Техногенные факторы в балансе подземных вод пока ещё имеют второстепенное значение, однако они создают негативные экологические последствия, прежде всего – активизацию опасных геологических процессов и подтопление территорий.

Литература.

1. Моисеев А.С. Гидрогеологический очерк г. Севастополя и его окрестностей: С 1 карт. /А.С. Моисеев. – Ленинград; Москва: Гос. Науч.-техн. Геол.-разведочное изд-во, 1932. – Обл., 56 с., 1 вкл.л. карт. – (Труды Всесоюзного геолого-разведочного объединения НКТП СССР / Центр. Науч.-исслед. Геол.-разведочный ин-т. Сектор гидрогеологии; вып. 137.
2. Моисеев А.С. К геологии юго-западной части Главной гряды Крымских гор. С 2 табл./ А.С. Моисеев. – Ленинград. Издание геологического комитета, 1930/ Материалы по общей и прикладной геологии. Вып. 89. Серия работ по геологии Кавказа и Крыма; вып. 89.
3. Муратов М.В. Краткий очерк геологического строения Крыма. С 1 карт. / М.В. Муратов. – Москва. Гос. Науч. Техн. Изд-во литературы по геологии и охране недр, 1960. – Обл, 208 с.
4. Рухлов Н.В. Обзор речных долин горной части Крыма. / Н.В. Рухлов.- Петроград. Отд. Зем. Улучшений. Тип. В.Ф. Киршбаума. Обл. 491 с., 31 л. ил. карт 25.

THE MAIN FEATURES OF THE HYDROGEOLOGY OF SEVASTOPOL

V.E. Ivanov
mail:vladiwolf@gmail.com
Sevastopol Institute of Geodynamics and Engineering researches Sevastopol, Russia

Abstract. The main features of the hydrogeology of Sevastopol are considered. Zoning of the territory was performed. The basic patterns of groundwater occurrence have been determined. The relationship between groundwater distribution and structural and tectonic features of the region is shown.

Keywords. Hydrogeology, macroblock, groundwater, tectonic structures.

УДК 504

МОРФОЛИТОГЕННАЯ ОСНОВА ЛАНДШАФТОВ, КАК КОМПОНЕНТ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

Е.С. Каширина[1], Е.И. Голубева[2]
Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия[1]
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия[2]
e-mail: e_katerina.05@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрена морфолитогенная основа ландшафтов как критерий, применяемый при геоэкологической оценки территории. Показано, что первым критерием геоэкологической оценки выступает рельеф – горный или равнинный. Морфолитогенная основа становится ведущим фактором формирования геоэкологической ситуации в горных условиях, особенно с холодным климатом. В горных условиях Крымского полуострова, отличающегося мягким теплым климатом, геолого-геоморфологические процессы определяют динамику ландшафтов, но их роль в формировании геоэкологической ситуации несколько снижается. При выборе оценки критериев геоэкологической ситуации необходим учет физико-географических условий и структуры природопользования территории.

Ключевые слова: геоэкология, ландшафт, природные зоны, геолого-геоморфологические процессы, Крым, Хибинские горы

В настоящее время отмечается усиление влияния экологических проблем, многие из которых стали глобальными, но проявляются на региональном и локальном уровнях. Одним из подходов оценки состояния ландшафтов является выявление геоэкологической ситуации и определение степени ее остроты [2].

В качестве территориальной единицы оценки могут быть использованы контура ландшафтов, физико-географических объектов (например, водоемов), единиц административно-территориального деления, городские территории.

Методика геоэкологической оценки основана на определении состояния различных природных комплексов и их отдельных компонентов [6]. При использовании ландшафтного подхода проводится покомпонентная оценка: климата, морфолитогенной основы, природных вод, почв, биоты. Морфолитогенная основа и гидротермические условия во многом определяют облик ландшафта и выступают одними из компонентов геоэкологической оценки.

Морфолитогенная основа ландшафта — это совокупность горных пород, которые слагают территорию и определяют её морфологические особенности [4]. На формирование ландшафтных условий оказывает влияние как состав и свойства горных пород, так и геолого-геоморфологические процессы.

Роль морфолитогенной основы различается в разных ландшафтах. Так, равнинные и горные ландшафт принципиально отличаются по степени устойчивости. Ведущим фактором геоэкологической оценки в таком случае становится рельеф. Горные ландшафты более динамичны, являясь ареной активного протекания геолого-геоморфологических процессов, приводящих к изменению и смене морфолитогенной основы ландшафтов [3].

Влияние морфолитогенной основы на геоэкологическую ситуацию усиливается в горных районах Арктики и нивального пояса гор других климатических поясов. Например, в Хибинских горах (Мурманская область) в холодных влажных условиях Заполярья преобладают процесс выноса материала. Почвообразовательные процессы протекают медленно, почвенный покров фрагментарный. Запасы фитомассы растительности и биопродуктивность низкие. В таких условиях активизируются процессы криогенного выветривания, разрушения горных пород, формируются трещины, осыпи, каменные навалы и т. п., т.е. морфолитогенная основа становится ведущим фактором формирования геоэкологической ситуации.

В горных условиях Крымского полуострова, отличающегося мягким теплым климатом, роль геолого-геоморфологических процессов на формирование ландшафтов несколько

снижается, но остается высокой. В условиях теплого и умеренно влажного климата формируются лесные ландшафты с высокими запасами фитомассы. Геолого-геоморфологические процессы, главным образом, гравитационные определяют динамику ландшафтов.

При проведении геоэкологической оценки особо охраняемых природных территорий Крымского полуострова на ведущее место выходят параметры растительного покрова: запасы фитомассы, биопродуктивность, сохранность экосистем, наличие редких и охраняемых видов растений и животных [1].

Для равнинного Крыма на геоэкологическую ситуацию оказывает влияние состав горных пород, но на ведущее место выходит трансформация и загрязнения от сельскохозяйственной деятельности. Геолого-геоморфологические факторы динамики прибрежных равнинных ландшафтов оказывают значительное влияние на геоэкологическую ситуацию. Обвально-оползневые процессы и абразия берега увеличивают динамику ландшафтов, несмотря на равнинный рельеф.

При проведении геоэкологической оценки урбанизированных территорий отмечается, что морфолитогенная основа влияет на геоэкологическую ситуация в меньшей степени. На ведущее место выходит химическое и физическое загрязнение. Рельеф городов зачастую спланирован – изменен под нужды строительства. Вместе с тем, отдельные геолого-геоморфологические процессы могут влиять не геоэкологическую ситуацию в городе [5]. Например, склоновые процессы, в частности, оползни влияют на строительные конструкции и создают угрозы их разрушения. В городской среде такие факторы, как правило, воздействуют локально.

Таким образом, морфолитогенная основа ландшафтов является одним из компонентов геоэкологической оценки территории. Роль морфолитогенной основы в формировании геоэкологической ситуации в значительной степени варьируется в зависимости от физико-географических условий и структуры природопользования территории. При выборе оценки критериев геоэкологической ситуации необходим учет перечисленных аспектов.

Литература.

2. Использование индекса NDVI для геоэкологической оценки особо охраняемых природных территорий на примере города Севастопля / Е. И. Голубева, Е. С. Каширина, А. А. Новиков, Е. В. Глухова // Материалы Международной конференции ИнтерКарто. ИнтерГИС / Под ред. О. И. Маркова (Котова), М. В. Ныpцов. — Т. 25. — Москва: Издательский дом МГУ, 2019. — С. 320–331. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-1-25-320-331

3. Копылов И. С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования 2011. № 6. С. 285. EDN OQNMGD.

4. Кюль Е. В. Геоэкологическая оценка влияния лавинной деятельности на устойчивое развитие горной территории // География: развитие науки и образования: Коллективная монография по материалам Международной научно-практической конференции LXVIII Герценовские чтения, посвященной 70-летию создания ЮНЕСКО, Санкт-Петербург, 22–25 апреля 2015 года. Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2015. С. 300-304. EDN LMCWZZ.

5. Масляев В. Н. Литогенная основа ландшафта как объект геоэкологических исследований // Вестник МГУ. 2008. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/litogennaya-osnova-landshafta-kak-obekt-geoekologicheskih-issledovaniy (дата обращения: 09.08.2025).

6. Оценка геоэкологических рисков урбанизированных прибрежных территорий / А. А. Новиков, Е. И. Игнатов, В. С. Исаев и др. // Геополитика и экогеодинамика регионов. — 2018. — Т. 4, № 4. — С. 100–108.

7. Современные подходы к эко- и геоэкологической оценке состояния окружающей среды: (с учетом воздействия на нее строительной деятельности и ЖКХ) / Л. Б. Сватовская,

М. М. Байдарашвили, Н. А. Бабак [и др.]. Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2012. 76 с.

MORPHOLITHOGENIC BASIS OF LANDSCAPES AS A COMPONENT OF GEOECOLOGICAL ASSESSMENT

E. Kashirina[1], E. Golubeva[2]
A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation[1]
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia[2]
e-mail:e_katerina.05@mail.ru

Abstract. The paper considers the morpholithogenic basis of landscapes as a criterion used in the geoecological assessment of a territory. It is shown that the first criterion of geoecological assessment is the relief, which can be either mountainous or flat. The morpholithogenic basis becomes a leading factor in shaping the geoecological situation in mountainous areas, especially those with cold climates. In the mountainous conditions of the Crimean Peninsula, which has a mild and warm climate, geological and geomorphological processes determine the dynamics of landscapes, but their role in shaping the geoecological situation is somewhat reduced. When assessing the criteria for the geoecological situation, it is necessary to take into account the physical and geographical conditions and the structure of the territory's natural resource management.

Keywords: geoecology, landscape, natural zones, geological and geomorphological processes, Crimea, Khibiny Mountains

УДК 550.7.9

ЭКОЛОГО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КАК ФАКТОР ЛАНДШАФТНОГО И СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

В.В.Ильяш [1], Д.В Ильяш[2]
Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия[1]
ООО «ИГИТ», г. Воронеж, Россия [2]
e-mail: vvikii@mail.ru

Аннотация. Рельеф и геологическое строение наряду с климатом являются важными составляющими как природных, так и природно-техногенных ландшафтов. Они определяют развитие гидросети, почв и растительного покрова, а через них животного мира и техногенной инфраструктуры. Продемонстрировать это и является целью исследования, проведенного авторами в рамках подготовки ознакомительной учебной практики по экологической геодинамики для студентов геологического факультета Воронежского государственного университета.

Ключевые слова: Экология, геодинамика, взаимосвязь компонентов ландшафта, тектоника, техногенез, радиационное поле. учебная практика

Данная статья написана по материалам подготовки полигона для проведения ознакомительной учебной практики студентов первого курса геологического факультета Воронежского государственного университета. Есть мир, а есть наше представление о нем, которое формируется в нашем сознании под влиянием, как собственного опыта, так и обобщенного опыта поколений всего социума. Есть законы, которые открывают ученые в области естественных наук, а есть идеологемы, которые выстраиваются философами, социологами, политологами, которые пытаются открывать социальные законы, управляющие нашим сознанием. Идеологемы используются для оправдания тех иных систем управления социумом. За последние несколько десятилетий наш факультет, по ходу меняющихся в стране и мире идеологем, неоднократно переживал разного рода организационные преобразования то центробежные, то центростремительные. В советский период все кафедры факультета административно были достаточно жестко связаны между собой, подчиняясь централизованной системе управления. С 1985 года эта система начала

быстро рушиться, следуя новым либерально-демократическим установкам, требующим инициативы и большей самостоятельности. в условиях перехода к рыночной экономике. Если перевести на русский это означало: «каждый за себя». Для советского народа это был социальный шок. К чему это привело, известно, а чем закончится, не известно. Сейчас маятник в нашей стране качнулся в обратную сторону, но всё уже другое. Этому другому известным писателем, ученым и философом А.А. Зиновьевым дано имя «Западный Союз», характеристику которому он дал в 2006 году в своей новой книге «Глобальный человейник» [2]. Все научные достижения человечества это в основном достижения европейской цивилизации, берущей начало с античных времен. Но преломленные через призму неограниченного потребления, они могут оказаться губительными для всего человечества. Из этой книги можно сделать вывод, что Homo sapiens, несмотря на мощный научно-технический рывок, всё равно остается в плену незнания своего предназначения, пытаясь быть то левым. то правым, то гуманистом, то фашистом, то истово верующим, то атеистом, Отсюда и эклектика в названии современного мира (Западный Союз), в котором всё смешалось что было в Советском Союзе и в странах Запада. Остальному миру навязываются, мягко сказано, сомнительные ценности западной цивилизации и не безуспешно. Это болото, в которое втягивается всё человечество. Теперь мы видим, что тем, кто из него пытается выбраться, грозят страшными карами. Парадокс в том, что это исходит от тех, кто создал Римский клуб с его идеей устойчивого развития всего человечества и жизни в гармонии с природой. Это те, кому принадлежат близкие по смыслу величайшие по своему влиянию предшествующие идеи христианства и построения коммунизма Мы все эти идеи перенимаем, а потом защищаем от них же не на жизнь, а на смерть. Истоки этого в природе самого человека любой национальности и культуры. *«Дайте человеку необходимое, и он захочет удобств, обеспечьте удобствами, и он захочет роскоши, позвольте изысканное, он возжаждет безумств…» (Э.Хемингуей).* А разве не об этом в сказке А.С.Пушкина про рыбака и золотую рыбку?!

Экология в современном природосберегающем варианте тоже их изобретение, которое переняли и мы, но как обычно, позже. Кафедра экологической геологии ВГУ была организована ещё в 2011 году, и вот только с этого года ознакомительную учебную практику по экологической геологии будут проходить все студенты факультета. Это происходит на фоне очередной реорганизации, направленной теперь уже в сторону снижения организационной энтропии путем слияния некоторых кафедр. Цель такого объединения, она конечно не от хорошей жизни, но задачи экологической геологии остаются прежними.

Геология как прикладная наука изначально была призвана прокладывать путь к богатствам недр. Но по мере накопления знаний она движется от специализированной отрасли производства к фундаментальной мировоззренческой науке. Растет понимание того что мир един, всё в нем тесно связано и взаимно дополняемо, и человек в нем не слон в посудной лавке, а рачительный и ответственный хозяин. Донести это до сознания студентов на самом раннем этапе обучения, и есть задача ознакомительной практики, а заодно и способ помочь студентам убедится в правильности выбора профессии.

В соответствии с теоретическими основами экологической геологии [4], задача перед преподавателями продемонстрировать в поле проявления и взаимосвязь экологических функций литосферы: геолого-динамической, геофизической, геохимической и ресурсной (социально-экономическая). Для этого выбран ряд наиболее презентабельных объектов на территории разных районов Воронежской области, в пределах как природных, так и природно-техногенных ландшафтов.

Один из них Прибитюжье в Аннинского районе. Название дано по реке Битюг, одного из притоков Дона. Река отличается своим «тихим нравом», живописными ландшафтами на стыке лесной и степной природных зон, Окско-Донской низменности и Среднерусской возвышенности, что и привлекает туристов и просто отдыхающих со всех уголков нашей необъятной страны.

Социально-экономические проблемы района и пути их решения

Этот типично аграрный район Центрального Черноземья переживает общие для страны последствия социально-экономических перестроек, в том числе и экологические неурядиц нашего времени. Скорее всего, они во все времена имели место, просто не было возможности об этом трубить на весь свет. С другой стороны экспоненциальный рост нагрузки на геосистемы и растущей мощи технических и химических средств воздействия с целью увеличения их продуктивности, не может проходить для них бесследно. Это главный фактор негативного воздействия на природу, а не переизбыток населения, как у них. У нас скорее наоборот, но мы благодаря их технологиям, теперь не только в состоянии прокормить собственное население, но и разнообразили свой экспорт за счет зерна. Для природы, какая разница, кто пожинает её дары. А вот для основной массы собственного населения важен вопрос, насколько они воспроизводимы? Для этого и нужны экологи.

На данном полигоне студенты имеют возможность сравнить, как наши предки помогали природе в охране и воспроизводстве ресурсов, необходимых человеку, и что в этом направлении делается или не делается сейчас. Есть возможность увидеть, что даже в одном районе, в соседних населенных пунктах живут по-разному и, прежде всего, благодаря тем людям, которые инициативу берут в свои руки, благо в наше время это не возбраняется. По ходу маршрута сравниваем села: Нащекино, Студенное, Верхнюю Тойду Старую Тойду.

Экология ландшафтов

На данной территории продолжают деградировать природные ландшафты. Особенно это заметно по малым рекам: той же Тойды. Анны и других притоков Битюга. Деградируют и приречные дубравы, непроходимо заваленные буреломом, с вырубками, зарастающими малоценными породами деревьев и кустарников. До газификации леса очищались по крайней мере от сухостоя. Сейчас вырубка производится более высокими темпами. в том числе и для нужд СВО.

Деградация рек связана с уменьшением стока за счет созданиия каскада прудов, с нарушениями нормативов природопользования, но и с неблагоприятными фоновыми изменениями климата, с глобальным потеплением. В нашей природной зоне это проявляется не только в нарастании среднегодовой температуры, но и в снижении годового количества осадков, в смещении их по сезонам. Малоснежные зимы приводят к отсутствию половодий с их очищающим воздействием на русловой сток. Исключением стал 2023 год с его давно забытым сильным половодьем, когда вся пойма р.Тойда была затопленной вешними водами. В тот год сама природа продемонстрировала значимость данного фактора. Летом и еще год спустя не было цветения воды на реке даже на участке, где из-за барьерного эффекта моста цветение воды начиналось уже в мае. Летом нынешнего года акватория вновь затянута ряской и даже появились сине-зеленые водоросли (рис 1).

Битюг, река более высокого ранга, в неё впадают Тойда, Анна, Чигла, Тишанка, Курлак. Она стала своего рода Меккой для байдарачников, здесь это дело поставлено на широкую ногу, да и плавсредства с моторами не редкость. В советское время на реке стоял сахарный завод (сейчас закрыт). Промышленные стоки попадали в Битюг с Садовского и Эртильского сахарных заводов, со спиртового завода в Анне (теперь перепрофилирован). Но, хотя заморы рыбы и раков случались и тогда, все же эти представители фауны свое поголовье восстанавливали. Теперь раков не видно, а рыбку поймать удается не каждому, хотя индустрия любительских рыболовных снастей на пике их совершенства. Но, люди, вроде, и не голодают, а брошенными одноразовыми сетями китайского производства завалены посадки вокруг водоемов.

Рис. 1. Ландшафт и состояние акватории реки Тойда у моста в с. Старая Тойда.

Местами на участках развития оврагов пойма распахана от самого подножия склона до русла вспашка ведется по склону, вызывая тем самым смыв почвенного покрова, грязевые потоки которого вместе с удобрениями и ядохимикатами устремляются прямо к реке, заиливая и отравляя её. (рис.2)

Рис.2 Грязевые потоки как результат необдуманной распашки склонов и поймы

Продолжается замусоривание территории бытовыми отходами, несмотря на неплохую организацию их вывоза ООО «Вега», но объемы вывоза лимитированы, а сверхлимит это уже проблема муниципальных органов власти. А те пока на такой подвиг не готовы, ссылаясь на нехватку средств. Сохраняются не санкционированные старые свалки, возникают новые. Геолого-динамические процессы как фактор развития ландшафтов

Особенности строения и геологических процессов на территории практики находят отражение в рельефе, который в причинно-следственной цепочке развития ландшафта играет роль распределителя влаги, тепла и света.

Эндогенные процессы. Разрушительных землетрясений и вулканических извержений в настоящее время у нас нет, хотя в далекие геологические времена случались. Но земная кора дышит, хотя и не так глубоко как на Камчатке. Поскольку все литосферные

плиты, так или иначе, соприкасаются, то эхо и далеких сейсмических событий фиксируют сейсмические станции, имеющиеся и в нашем регионе. Активные очаги воздействия местного происхождения (точнее их проекции) имеются и у нас. Это разломы в кристаллическом фундаменте, подвижки по которым встряхивают и перекрывающий осадочный чехол, образуя в нем зоны повышенной проницаемости для встречных потоков поверхностных и глубинных вод и газов, по которым невидимые разломы, можно сделать видимыми. За тектонические движения ответственны геологические тела, которые в зависимости от плотности погружаются в астеносферу на разную глубину, образуя и на дневной поверхности осадочного чехла выступы и депрессии (изостазия) разного масштаба. Самые крупные это щиты и плиты, помельче – антеклизы и синеклизы и т.д. К региональным структурам относится Окско-Донская впадина и её антипод Среднерусское поднятие. Аннинский район располагается вблизи сочленения этих структур, где в кристаллическом фундаменте изобилуют рудоносные интрузии основного состава. Отдельные их тела формируют локальные прогибы и соответствующий рельеф на дневной поверхности, (рис 3).

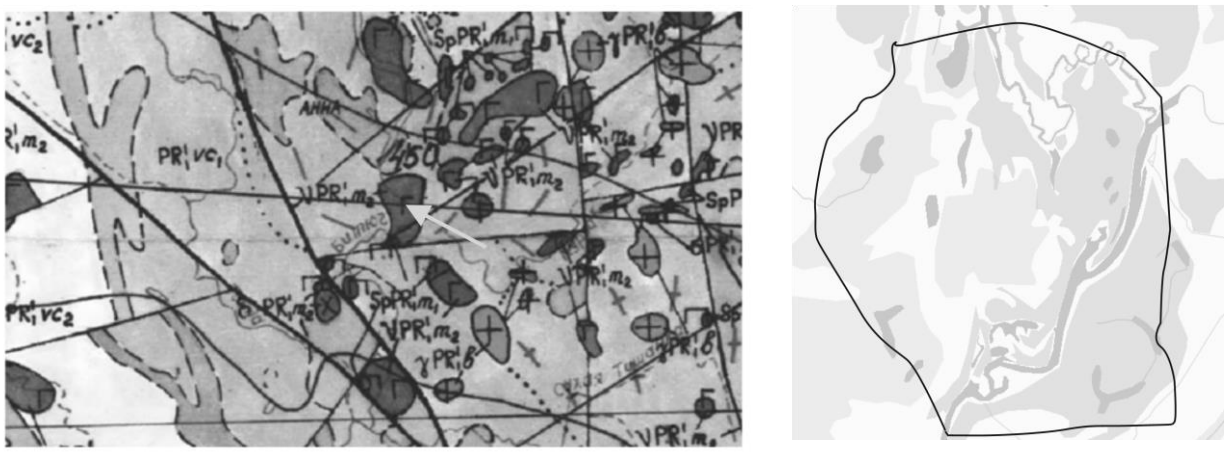


Рис. 3 Фрагмент карты докембрия [1] со скоплениями интрузий на участке Прибитюжья между р.п. Анна и с. Старая Тойда, Слева на карте разлом вдоль бровки склона левого берега в районе Верхней Тойды с оперяющим нарушением. Справа проекции контура интрузии (указана на карте стрелкой) на заболоченном участке расширения поймы Битюга.

Один из разломов кристаллического фундамента в районе с. Верхняя Тойда проходит между долиной р.Тойда и коренным берегом. Последний медленно, но растет. Прерывистые во времени поднятия заставляют эту реку отступать параллельно самой себе к юго-западу, оставляя за собой следы в виде нескольких линий фрагментов былых русел (стариц) (рис.4).Такая ситуация ответственна и за аномальную асимметрию данной речной долины с её более крутым и высоким левым берегом Поперечные оперяющие нарушения и в грунтах на поверхности образуют зоны повышенной проницаемости, разбивают берег на ряд сегментов с разной формой береговой линии, напоминающей собой синусоиду с чередованием вогнутых и выпуклых участков. Вогнутые участки играют роль водосборной воронки, работающей наподобие собирательной линзы в оптических приборах. Поэтому в них формируется веерообразная овражная система с наиболее крупным оврагом вдоль осевой линии воронки, которая может быть заложена по нарушению. На участке имеются и более крупные, поперечные долине эрозионные врезы (балки-суходолы), происхождение которых связано с разломной тектоникой, что подтверждает их морфология (наличие террасированных берегов) и локальные радиационные аномалии, вытянутые вдоль таких балок.

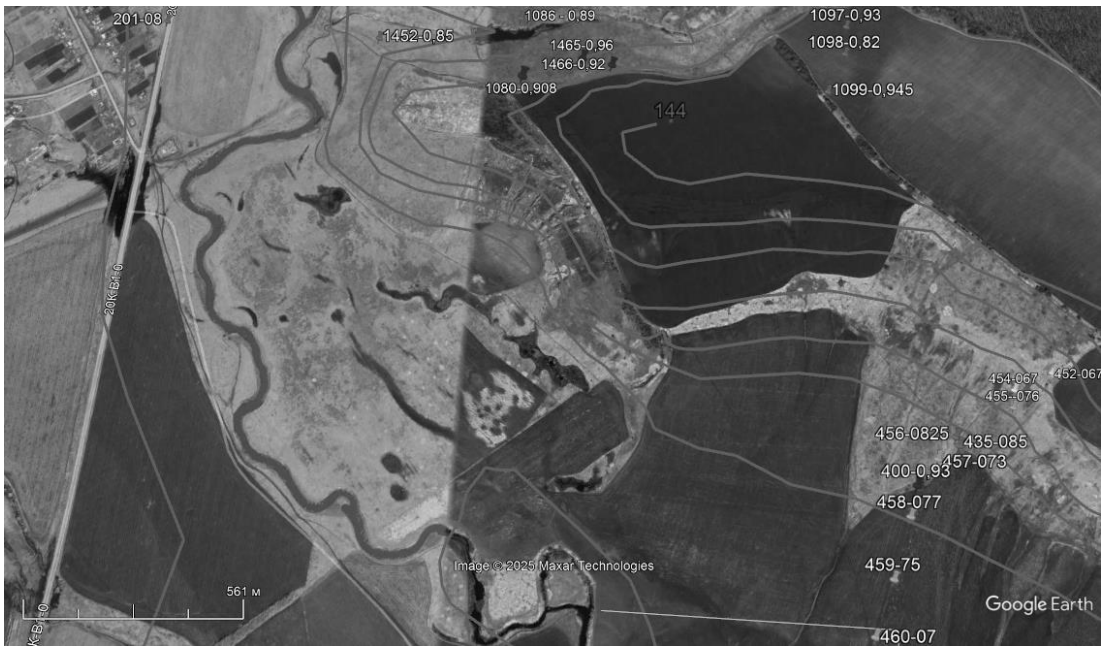


Рис.4. Отражение в ландшафте следствий локального тектонического поднятия

Экзогенные геолого-динамические процессы.

Склоновые процессы. К ним относят процессы, связанные с механическим движением вещества горных пород на склонах под действием силы тяжести с участием воды или без неё. Вода размывает породы любой крепости, дело лишь времени и силы потока, Наш регион равнинный и не очень богат осадками, поэтому для формирования разрушительных водно-грунтовых потоков условия не подходящие. Но пока я писал эти строки, пришло сообщение о селе, который сошел в с.Ямном, а это почти окраина Воронежа Картинка. вполне напоминает то, что для гор Но это результат погодных и тектонических аномалий этого года Еще одно подтверждение, что планета сердится на нас (рис.5).

Рис.5 Результат разрушительного селя в Ямном

Гидросеть поверхностного стока суши начинает формироваться с плоскостного смыва. Вода набирает силу в пологих ложбинах разного масштаба вначале без эрозии поверхности при наличии на ней растительности. Но при её отсутствии плоскостной смыв быстро перерастает в линейный русловой. Начинаются промоины, перерастающие в овраги. В случае продолжающихся поднятий, овраги удлиняются вверх по склону, углубляются и расширяются с образованием широких днищ, заполняемых материалом смыва и оползней со склонов. Овраг, таким образом, трансформируются в балку и в условиях гумидного климата, в ней возникает водоток, с которого и начинаются реки. Все

эти формы водной эрозии наблюдаем в описанной выше последовательности их образования.

Некоторые из молодых оврагов и оползней на полигоне практики инициируются техногенным воздействиям (карьерные разработки строительного сырья, проложение дорог и т.п.).

Суффозия и карст. Процессы, характерные более для междуречий и плакоров, на которых нисходящий сток (просачивание в грунт) является доминирующим. В результате образуются циркумменты, названные нами так, за их округлую форму в ландшафте (рис.6)

В разрезе они имеют форму воронки. Некоторые исследователи с такими образованиями связывают возможность глубинной дегазации водорода [5;6;7]. Суффозия этот вынос просачивающейся вглубь водой мелких пылеватых и песчаных частиц, а карст то же самое, но только вынос растворенного вещества пород с образованием подземных и и поверхностных пустот (карбонатный, гипсовый, солевой карст). Карст наблюдаем в другом маршруте (Борщево-Костенки) на Среднерусской возвышенности.

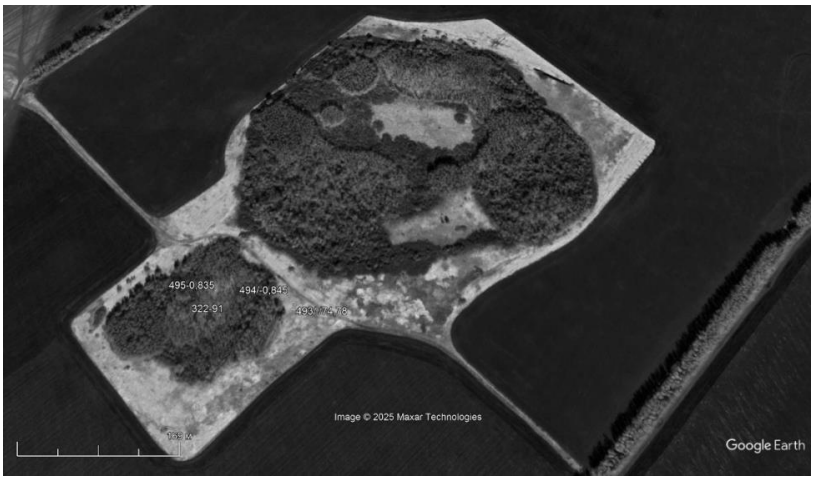


Рис.6. Так выглядит циркуммент в ландшафте среди полей

Рельеф и растительный покров.

Здесь связь между этими компонентами ландшафта очевидная для всех. Вода скапливается в понижениях, где и произрастают влаголюбивые виды травянистых растений: осоковые в небольших западинах склонов, тростник в верховьях оврагов, мать и мачеха и вереск на прибрежных песчаных почвах, на низких надпойменных террасах; осока, камыш, рогоз и тростник в мелководной зоне и на заболоченных участках речных пойм. На ровных склонах пышное луговое разнотравье, чего тут только нет. Доминируют дикие злаковые (пырей, кострец безостый. ежа, райграсс, тимофеевка). Много разнообразных видов клевера, земляника, пастушья сумка, зверобой, степной колокольчик, ромашка, цикорий и даже ковыль. Состав растений и внешний их вид меняется в течение весенне-летнего сезона. На степных склонах из деревьев наиболее распространена груша, реже встречается яблоня. из кустарников распространены шиповник, терн. В верховьях оврагов и ниже в зоне залегания горизонта грунтовых вод произрастают влаголюбивые ивовые деревья и кустарники.

Растения и литология.

На склонах левого берега р.Тойда, где наблюдается чередование отложений разного литологического состава, хорошо проявлена зональность из растений, предпочитающих селиться на почвах с разным литологическим субстратом. Наиболее отчетливо и устойчиво проявлена связь полыни и овсяницы кочковатой с моренными отложениями. Под таким растительным покровом формируется и своеобразный тип почвы – сухой, серого цвета, плотной и каменистой. На покровных суглинках склонов, покрытых злаковыми и осоковыми, почва представлена мощным слоем лугового рыхлого чернозема. На суглинках, богатых карбонатом редко, но встречается сосна.

Синантропные и рудеральные растения

Такие виды растений поселяются на заброшенных посевных землях, вдоль дорог, на пустырях.

Эколого-гидрохимические особенности участка.

Солонцы образуются немного ниже водоносных флювиогляциальных отложений, разгрузка которых и является источником карбонатных и иных солей, а также причиной размыва покровных суглинков, перекрывающих ледниковые отложения. Благодаря этому на космоснимках обнажения морены хорошо дешифрируются выдержанными по гипсометрии контрастными белым пятнами. На них в изобилии обнаруживаются следы парнокопытных травоядных животных, соль для которых непросто лакомство, а жизненная необходимость (в травах, которыми они питаются, для этих животных соли мало).

Покровные суглинки сплошным плащом покрывают водоразделы и пологие склоны, представляют собой современные коры выветривания, богатые карбонатами и железом. Поэтому грунтовые и подземные воды всего района отличается высокой жесткостью и высокими концентрациями железа, что можно наблюдать и визуально в местах высачивания грунтовых вод. Обилие карбонатов можно обнаружить и в разрезах на контакте глинистых и песчаных отложений, в иллювиальном почвенном горизонте .

Георадиационное поле

Является той частью общего приземного поля, которое генерируется радионуклидами, являющимися химическими компонентами горных пород. Методика изучения описана нами ранее. Она позволяет расчленять и картировать с большой детальностью близповерхностные песчано-глинистые грунтовые массивы, без вскрытия почвенного покрова, что важно при инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканиях [1;4]. Новое в данном направлении, это то, что нам удалось установить возможность выявления ослабленных зон с повышенной проницаемостью грунтов без применения трудоемкой радоновой съемки. Методика её проведения и полученные результаты пока не опубликованы, но студентам на предстоящей практике будет представлена возможность убедится в том, что она работает, Применение её , возможно , могло бы предотвратить происшедшее в Ямном.

Защитные мероприятия от опасных склоновых процессов

В советское время особо не жалели сил и затрат на подобные весьма затратные земляные мероприятия по рытью противоэрозионных борозд с высадкой по ним деревьев и кустарников, созданию нескольких линий инженерных сооружений в виде валов и рвов для перехвата водного стока выше бровки склонов. Все они прекрасно сохранились, и ныне вполне справляются со своими функциями.

Литература.

1. Ильяш В.В. Анализ причин неоднородностей и временных вариаций радонового поля в ландшафтах центрального Черноземья /В.В.Ильяш; Дм.В. Ильяш. Вестник Воронежского государственного университета. Серия Геология, №4 2018. 85-89 с.
2. Зиновьев.А.А Глобальный человейник / - Москва : Центрполиграф, 2000. - 458, с.; 21 см.; ISBN 5-227-00602-4
3. Старик И.Е. Основы радиохимии / Акад. наук СССР. Радиевый ин-т им. В.Г. Хлопина. — Москва, Ленинград : Изд-во Акад. наук СССР. [Ленингр. отд-ние], 1959. — 459 с. ил.; 23.
4. Трофимов В.Т Экологическая геология : Учеб. для студентов геолог. специальностей вузов / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг ; М-во природ. ресурсов Рос. Федерации. Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Москва : Геоинформмарк, 2002 (ЗАО Астра семь). - 414, [1] с. : ил., табл.; 25 см.; ISBN 5-900357-58-9 (в пер.)
5. Belov S.V. Chistoe toplivo budushchego – vodorod [The clean fuel of the future is hydrogen]. Prirodno-resursnye vedomosti [Natural Resources Bulletin], 2003, issue 47, p. 8.

6. Larin V.N. Nasha Zemlia (proiskhozhdenie, sostav, stroenie i razvitie iznachal'no gidridnoi Zemli) [Our Earth (origin, composition, structure and development of the originally hydride Earth)]. Moscow, Agar Publ., 2005, 248 p.
7. Polevanov V.P. Edinstvennaia vozmozhnost' Rossii naiti krupnye mestorozhdeniia obychnoi nefti – pereiti na poiski, iskhodia iz abiogennoi teorii ee obrazovaniia [The only opportunity for Russia to find large deposits of conventional oil is to start searching based on the abiogenic theory of its formation]. Burenie i neft' [Drilling and Oil], 2020, no. 1

ECOLOGICAL AND GEODYNAMIC PROCESSES AS A FACTOR OF LANDSCAPE AND SOCIAL DEVELOPMENT OF TERRITORIE

V.V. Ilyash [1], D.V. Ilyash[2]
Voronezh State University, Voronezh, Russia[1]
IGIT LLC, Voronezh, Russia [2]

Abstract. Relief and geological structure, along with climate, are important components of both natural and natural-technogenic landscapes. They determine the development of the hydrological network, soils, and vegetation cover, and through them, the animal world and technogenic infrastructure. This is the purpose of the study conducted by the authors as part of the preparation of an introductory training practice in environmental geodynamics for students of the Geology Department at Voronezh State University

Keywords: Ecology, geodynamics, interconnection of landscape components, tectonics, technogenesis, radiation field. educational practice

УДК 551.553(477.75)

ПРИРОДНЫЕ ВОЛНОЛОМЫ НА ПРИМЕРЕ СТРОЕНИЙ ПЛЯЖНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОСТРОЕК В БУХТЕ ЛАСПИ (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

В.И. Лысенко[1], Н.В. Шик[2]
[1]Филиал ФГБОУВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» в г. Севастополь, Россия[1]
[2]ГБОУ ДО «Севастопольский центр туризма, краеведения, спорта и экскурсий». г. Севастополь, Россия [2]
e-mail:niagara_sev@mail.ru

Аннотация. Приводится описание процесса формирования «пляжных» бактериальных построек бухты Ласпи. Они возникают при взаимодействии литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы. Пляжные бактериальные постройки являются экологическими природными волноломами с функцией самовосстановления. Они защищают глинистые берега бухты Ласпи от воздействия штурмовых волн.

Ключевые слова: углеводородные флюиды, метан, аутигенный карбонат, сипы, археи, метанотрофные бактерии, волноломы.

Проблемы сохранения пляжных зон и строительных объектов на них от штормовых размывов привела инженерную мысль к идее создания искусственных защитных сооружений [4]. Недостатком большинства таких проектов является невозможность придать техногенным конструкциям функцию самовосстановления. Такими свойствами обладают современные карбонатные бактериальные постройки на подводном береговом склоне бухты Ласпи.

Современные пляжные бактериальные постройки находятся в местах выхода струй флюидов холодных сипов на глубинах от 1,5 м до 3.0 метров. Они расположены на

абразионном береговом склоне бухты, которые сложены глинистыми алевролитами и аргиллитами таврической серии (T_3-J_1) [2]. Выходы газа сипов находятся на поверхности пляжных бактериальных построек, которые приурочены к зоне пересечения Ласпинского и Берегового разломов. За двадцатилетний период наблюдения в разные времена года насчитывалось от 12 до 20 струйных выходов газа. Увеличение объемов выбросов газа и размеров пузырьков наблюдаются в периоды новолуний и полнолуний. В этапах выбросах газовых флюидов имеется некоторая периодичность и ритмичность. Первоначально наблюдался отрыв двух-пяти мелких пузырьков, затем следовал рой от 15 до 30 более крупных. После этого наступает затишье на 15-60 секунд и повторение нового цикла. Из-за изменения давления пузырьки при поднятии к поверхности увеличиваются в диаметре. Дебит струй газа из отдельных точек характеризуется не постоянными выбросами в течение часа, суток и времен года. Он изменяется от 6.3 до 23 мл/минуту (12 -33 л/сутки). Общий дебит выходов всех струй сипов в бухте Ласпи равен 97 – 330 мл/мин (140 – 480 л/сутки) [2]. Кроме струйного выделения газов, отмечается присутствие диффузионного флюида в карбонатных бактериальных постройках [2]. Его присутствие было установлено при взятии образцов из постройки и отбора проб газа. При нарушении сплошности бактериальных строений, с её сколов кратковременно выделялись пузырьки газа с резкий запах сероводорода.

Непостоянные объемы выбросов газов из сипов в бухте Ласпи сопровождались переменным газовым составом флюидов. При отборе его состав изменялся в течение часа и суток. Во флюидах преобладали концентрации углеводородных газов. Главным компонентом являлся метан (55.74 – 61.18%). Общая сумма в пробах C_2H_8, C_2H_6, C_3H_8, C_3H_6, C_4H_{10}, iC_4H_{10}, nC_5H_{12} и iC_5H_{12} не превышала 1.5 %. Углерод в метане характеризовался тяжелым изотопным составом ($\delta_{13}C$ – 35,22$^0/_{00}$) [3]. Дополнительными компонентами во флюидах являются N_2 (9.6 – 40.1%), O_2 (0.27 – 8.9%), CO_2 (0.099 – 0.37%), He (0.292 – 1.189%), H_2 (3.12 – 6.33ppm), H_2S (0.13ppm), COS (0.042 – 0.081ppm) и CS_2 (0.162 – 4.125ppm). Низкие значения концентрации углекислого газа и сероводорода, возможно, связано с хорошей их растворимостью в воде

По результатам гидрохимической съемки дна бухты Ласпи установлено, что средняя соленость морской воды изменялась в интервале от 18.5 до 18.8$^0/_{00}$. Нет значительных различий солености в центральной части бухты и береговой зоне, на которую опираются выходы устьев оврагов с временными водотоками. Совсем другие результаты показали анализы воды, взятые в непосредственной близости от точки выхода флюидов во время выбросов газа. У этих проб соленость изменялась от 7.5 до 16.7$^0/_{00}$, что является доказательством присутствия во флюидах опресненных водных растворов. Их концентрация, возможно, несколько ниже, чем 7.5 г/л. Водные растворы сипов отличаются от морской воды не только концентрацией солей, но содержанием геохимических элементов. Не смотря на низкие концентрации солей в водных растворах, содержание в них Br, B, Sr, Si, Li, Mn, Se, As, Hg, Be, Ti, Ga, Ge, As, Zr, Os, Pt, Au, Te, Cs, Ba, Bi, Th и U выше, чем в морской воде бухты Ласпи. Присутствие во флюидах сипов бухты Ласпи водных растворов, CO_2, CH_4, H_2, H_2S, N_2, COS, CS_2, He и не постоянные объемы выбросов газов является подтверждением их связи с глубинными процессами. Возможно, формирование флюидов бухты Ласпи происходило и происходит в нижних горизонтах осадочной толщи на границе с магматическими породами. Присутствие сероводорода, а также преобладания высоких содержаний CH_4, и N_2 над концентрациями O_2 и CO_2 во флюидах, свидетельствуют о восстановительной среде вблизи сипов и в бактериальных постройках бухты Ласпи.

Как отмечалось выше, выходы пузырьков газа приурочены к поверхности трех скальных подводных валов, которые имеют формы куэст. Они характеризуется полого-наклонной (10 - 15^0) поверхностью в сторону открытого моря и крутым (до 80^0) уступом со стороны берега. Гряды имеют протяженность 15,0 м и ширину 3,0-8,0 м. Над уровнем поверхности подводного берегового склона постройки возвышаются от 0,3 до 0,7 м. соответственно. Они имеют параллельное простирание вдоль береговой линии, которая контролируется Береговым разломом [2].

Подводные гряды в отличие от окружающих рыхлых отложений дна (мелкий гравий, песок), покрыты водорослями и представляют собой своеобразный «скальный биоценоз». Отбор геологических проб из разных участков гряды показал, что они сложены цементированным материалом гальки, гравия с некоторой долей песка. Конгломерат гряды имеет слабовыраженную слоистость, повышенную пористость и содержат на свое поверхности большое количество раковин двухстворчатых моллюсков и трубок серпулид [2]. Цементом гравелитовой и конгломератовой смеси постройки является желтовато-белая карбонатная пленка мощностью от 0,5 мм до 5.0 мм, которая находится вокруг терригенного материала. Значительная часть пленочного цемента представлена волокнистыми и удлинёнными пластинчатыми лейстами белого арагонита. На поверхности гальки известняков и в пустотах цемента конгломератов встречаются звездчатые сростки его кристаллов (размером 0.1 – 2.0 мм) и новообразования прозрачного кальцита призматической формы до 1,0 мм [2]. Часто между галечным материалом и цементом встречаются сферолиты размером 1.0 мм, представленные сноповидным волосовидным агрегатом арагонита белого цвета. Центральное ядро обычно приурочено к углублениям в цементирующей массе, из которой в виде лучей выходят тонкие волосовидные сростки, заполняющие пустоты. [2]. Подобные образования наблюдаются в современных карбонатных постройках на дне морей и океанов [1, 5, 6]. Аналогичные формы выделения под названием ботриоиды или узелковая масса описываются при характеристике современных и древних карбонатов просачивания углеводородов [1, 6, 7]. Гряды бухты Ласпи являются «пляжными» бактериальными карбонатными постройками, сложенными гравелитами и галечником, которые цементированы материалом хемогенного синтеза сообщества прокариот. Они являются аналогами аутигенных бактериальных карбонатных построек, которые были обнаружены в местах дегазации морей и океанов [1, 5, 6, 7].

В создании карбонатного вещества построек бухты Ласпи активное участие принимали сообщества бактерий и архей. Они были установлены учеными в 2016г. В песчаных осадках найдены различные роды Methanogenium, а также археи группы ANME-2a/b [3]. В карбонатных постройках содержится диффузионный сероводород, поэтому в них встречаются анаэробные метанотрофы ANME-2a/b.

На верхней поверхности бактериальной постройки отмечаются пятна, которые покрыты буровато-коричевой бактериальной слизью. Она имеет внешнее сходство с подобным обрастанием глубоководных бактериальных построек Черного моря [5]. Под бактериальными наростами отмечается пористая корочка игольчатого арагонита с шелковистым блеском на изломе. Для неё характерна микро полосчатая текстура и микро бугристое строение. Возможно, это сросшиеся между собой сферолиты.

Накоплению гравия и галек в зоне активного волнового воздействия вблизи сипов сопутствуют процессы их «мгновенного» диагенеза, т.е. превращения в «пляжные» бактериальные постройки. На высокую скорость цементации указывают многочисленные находки в их центральной части крупных кристаллов арагонита и кальцита, хорошей сохранности створок раковин моллюсков и серпулид.

Берегозащитная функция гряд бактериальных построек заключается в создании заметного препятствия на пути прибойного потока, или наката, который формируется при разрушении волн. Поток, преодолевая гряду, тратит энергию на перенос материала через неё. Выходя на берег, он не обладает энергией, чтобы сформировать абразионную нишу в глинистом клифе. В целом, участок берега бухты Ласпи находится под защитой этих природных волноломов.

В сезон активных динамических процессов, связанных с зимними штормами, часто происходит разрушение отдельных частей карбонатных «пляжных» построек, а на сушу выбрасываются плитчатые глыбы конгломератов, слагавших её. За небольшой промежуток времени к летнему периоду постройки залечивают свои «раны» за счет жизнедеятельности биологических сообществ. Кристаллизация карбонатов микроорганизмами сопровождается «мгновенным» образованием конгломерата в виде скального массива, который можно отнести

к типу бескаркасных рифов. Эти постройки обладают значительной устойчивостью к абразии (2 класс по классификации Ю.Д. Шуйского) и хорошо противостоят волнам [4]. Они оказывают заметное влияние на перераспределение береговых потоков и играют функцию продольных волноломов.

На поверхности подводного берегового склона бухты Ласпи сообщества архей и бактерий создают из углеводородных флюидов органическое вещество и карбонаты. Они являются продуктом взаимодействия литосферы (источник флюидов), гидросферы (среды образования), атмосферы (газовые пузырьки) и биосферы (бактерий и архей). Бактериальные постройки бухты Ласпи являются экологическими природными волноломами, которые обладают функций самовосстановления. Возможно, в будущем человечество научится создавать подобные искусственные волноломы для защиты пляжных зон и береговых гидротехнических сооружений.

Литература.

1. Геворкьян В. Х., Бураков В. И., Исагулова Ю. К., и др. Газовыдеяющие постройки на дне северо-западной части Черного моря // Докл. АН УССР. – 1991. – №4. – С. 80 – 85.
2. Лысенко В.И., Шик Н.В. Современные процессы образования карбонатов, связанные с углеводородной дегазацией, в бухте Ласпи (Южный берег Крыма) // Пространство и Время. – 2013. – Том 2. – № 12. – С. 151–157.
3. Пименов Н.В., Меркель А.Ю., Тарновецкий И.Ю. и др. Структура микробных матов в прибрежных районах Мраморной бухты // Микробиология. – 2018. – Т. 87. – № 5. – С. 561–572.
4. Щепен П.Д., Сурсаев Д.Н. Традиционные и современные методы укрепления берегов //Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2020. – Т. 2. – С. 364 – 368.
5. Шнюков Е. Ф., Леин А.Ю., Егоров В.Н. и др. Обнаружение в Черном море глубоководных карбонатных построек биогенного происхождения // Доклады НАН Украины. – 2004. – №1. – С. 118 – 122.
6. Aharon P. Geology and biology of modern and ancient submarine Hydrocarbon seeps and vents: an introduction // Geo-Marine Letters. – 1994. – V. 14 (2). – P. 69 – 73.
7. Campbell K.A. Hydrocarbon seep and hydrothermal vent pale environments and paleontology: Past developments and future research directions // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. – 2006. – V. 232. – P. 362 – 407.

Библиографический список литературы

1. Геворкьян В. Х. Газовыдеяющие постройки на дне северо-западной части Черного моря / В. Х. Геворкьян, В. И. Бураков, Ю. К. Исагулова, и др. // Доклады АН УССР. – 1991. – №4. – с. 80-85.
2. Лысенко В.И. Современные процессы образования карбонатов, связанные с углеводородной дегазацией, в бухте Ласпи (Южный берег Крыма) / В.И. Лысенко, Н.В. Шик // Пространство и Время. – 2013. – Том 2. – № 12. – с. 151–157.
3. Пименов Н.В. Структура микробных матов в прибрежных районах Мраморной бухты / Н.В. Пименов, А.Ю. Меркель, И.Ю. Тарновецкий и др. // Микробиология. – 2018. – Т. 87. – № 5. – с. 561–572.
4. Щепен П.Д., Сурсаев Д.Н. Традиционные и современные методы укрепления берегов / П.Д. Щепен, Д.Н. Сурсаев // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2020. – Т. 2. – с. 364-368.

5. Шнюков Е. Ф. Обнаружение в Черном море глубоководных карбонатных построек биогенного происхождения / Е. Ф. Шнюков, А.Ю. Леин, В.Н. Егоров и др. // Доклады НАН Украины. – 2004. – №1. – с. 118 – 122.
6. Aharon P. Geology and biology of modern and ancient submarine Hydrocarbon seeps and vents: an introduction / P. Aharon // Geo-Marine Letters. –1994. – V. 14 (2). – p. 69 – 73.
7. Campbell K.A. Hydrocarbon seep and hydrothermal vent pale environments and paleontology: Past developments and future research directions / K.A. Campbell // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. – 2006. – V. 232. – p. 362 – 407.

NATURAL BREAKWATERS ON THE EXAMPLE OF BEACH BACTERIAL CARBONATE STRUCTURES IN LASPI BAY (SOUTH COAST OF CRIMEA)

V.I. Lysenko[1], N.V. Shik[2]
[1]Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State University named after M.V. Lomonosov" in Sevastopol, Russia[1]
[2]GBOU DO "Sevastopol Center for Tourism, Local History, Sports and Excursions". Sevastopol, Russia[2]

Abstract. The article describes the process of formation of "beach" bacterial structures of Laspi Bay. They arise from the interaction of the lithosphere, hydrosphere, atmosphere and biosphere. Beach bacterial structures are ecological natural breakwaters with a self-restoring function. They protect the clayey shores of Laspi Bay from the impact of storm waves.

Key words: hydrocarbon fluids, methane, authigenic carbonate, seeps, archaea, methanotrophic bacteria, breakwaters.

УДК 504.064

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА

К.В. Репина
ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела» (ФГБНУ «РАНИМИ»), г. Донецк, ДНР, Россия
*e-mail:*ecoseka@rambler.ru

Аннотация. Приведены характеристики минеральной составляющей отходов угольной промышленности Донбасса. Выполнен анализ экономической целесообразности использования отходов угледобычи в промышленности.

Ключевые слова: терриконы, химические процессы, горение отвалов, загрязняющие вещества, технологии извлечения металлов.

Донецкий каменноугольный бассейн является одним из крупнейших в Европе и расположен на территории Ростовской области, Луганской и Донецкой Народных Республик. Его эксплуатация осуществляется на протяжении более двухсот лет, что привело к извлечению на поверхность больших объемов вскрышных и вмещающих пород. В настоящее время в Донецком бассейне сформировалось более 1500 отвалов, в которых сосредоточено порядка 1400 млн м^3 породного материала [4]. Эти отвалы занимают более 12 тыс. га плодородных черноземов. В литологическом отношении отвалы представлены аргиллитами, алевролитами, песчаниками, углем и другими породами. Обломки отвальных пород неоднородны по гранулометрическому составу и складируются в основном в виде терриконов высотой до 80 м. Геохимические особенности отвальных пород определяются структурно-тектонической позицией угольного бассейна, возрастом угленосной толщи, палеогеографическими

условиями угленакопления. Вокруг породных отвалов формируются первичные ореолы загрязнения, которые являются источником формирования атмо-, лито- и гидрохимических вторичных аномалий.

Породные отвалы угледобывающих районов неустойчивы в условиях земной поверхности. Под действием физического и химического выветривания происходит изменение их химического состава. Среди химических процессов, протекающих в породных отвалах, преобладают процессы окисления сульфидов металлов, входящих в состав пород угленосной толщи. Реакции окисления протекают с выделением тепла и нередко сопровождаются самовозгоранием отвалов, обжигом, переплавлением минералов, фумарольными процессами. Гипергенная переработка и горение отвалов продолжается на протяжении многих лет [5].

Газовые выделения из горящих угольных отвалов являются контрастными по своему химическому составу, что связано с длительностью процессов горения. Длительно горящие высокотемпературные терриконы являются источниками выбросов в атмосферу таких элементов, как S, Ti, Ag, Cd, Al, P, низкотемпературные – K, Cr, Co, As. Интенсивно горящий отвал является источником выделения в атмосферный воздух от 5 до 25 т в год опасных для здоровья населения загрязняющих веществ – главным образом оксида углерода, диоксида серы, сероводорода и оксидов азота. Наибольшую эколого-геохимическую опасность представляют относительно недавно образованные терриконы [1]. «Старые» отвалы прошли глубокую трансформацию и оказывают существенно меньшее воздействие на почвенный покров и поверхностные воды. В дальнейшем большая часть химических элементов поглощается почвой и сосредотачивается в гумусовом горизонте, формируя локальные зоны загрязнения, и только некоторая часть (Ag, Bi, Mo, Nb, W) рассеивается вниз по почвенному профилю [2].

Существенным недостатком разработки месторождений полезных ископаемых (МПИ) является негативное влияние на окружающую среду, выраженное в воздействии загрязняющих веществ на атмосферный воздух, на поверхностные и подземные воды, на земельные ресурсы и др., как на стадии разработки, так и после завершения производственной деятельности по извлечению.

Использование ресурсного потенциала отходов угольного производства невелико и не превышает 7%. Использование породы из отвалов колеблется в пределах 1,5 – 2,0 млн. тонн в год [3]. В то же время, как показала практика, отходы угольной промышленности с успехом могут быть использованы в производстве керамики, при строительстве дорог, для закладки выработанного пространства в шахтах и т.д. Отходы флотационного обогащения угля является сырьем для каменного литья, производства серы, сельскохозяйственных удобрений.

Использование отходов добычи и обогащения угля – одна из важных задач, определяющих пути рационального развития всей угледобывающей промышленности. Проблема использования отходов особенно актуальна для Донбасса, где за 200 лет добычи каменных углей и антрацитов образовалось 1257 терриконов. Под угольными породами занято 5526,3 га земель, пригодных для сельского хозяйства. Породные отвалы, особенно горящие, являются источниками пыли и различных токсичных соединений, что негативно сказывается на окружающей среде в регионе и вызывает необходимость решения вопросов использования пород терриконов в различных отраслях народного хозяйства. При полноценной работе шахт Донбасса, ежегодно в терриконы и отвалы поступало около 50-60 млн. м^3 горных пород. При этом единственной реальной областью применения пород является их закладка в выработанное пространство, не превышающая 15-30% от всего объема добытых пород.

Кафедрой “Полезные ископаемые и экологическая геология” Донецкого национального технического университета проводились всесторонние исследования терриконов города Донецка с целью выявления возможных направлений использования пород этих отвалов. Было установлено, что отходы добычи угля могут использоваться в дорожном строительстве, в качестве наполнителя бетона, для изготовления кирпича, керамзита, а также

в качестве удобрения в сельском хозяйстве. Породная масса отвалов шахт Донбасса может содержать от 10 до 46 % угля, до 15 % глиноземов и до 20 % оксидов кремния и железа [5]. Горелые породы терриконов используются в стройиндустрии как кондиционный сырьевой источник щебеночной и песочной фракций [2]. Наибольший интерес в использовании породных отвалов в промышленности представляет производство глинозема (Al_2O_3), содержание которого во многих перегоревших отвалах шахт достигает 26–28 %, а в отвалах обогатительных фабрик еще больше [5]. Такие содержания соответствуют требованиям промышленности. В некоторых странах мира уже разработаны технологии получения глинозема из отходов добычи и переработки угля. Например, во Франции успешно опробован новый двухкислотный метод переработки отходов угольного производства для извлечения глинозема. Технологи Польши доказали возможность промышленного получения глинозема из глинистых пород, содержащих около 25% Al_2O_3. В других странах мира также доказана целесообразность получения глинозема из хвостов обогащения углей.

Породы отвалов содержат большое количество разных элементов, в том числе цветных, редких и благородных. Содержания многих из них значительно превышают кларки осадочных пород. По результатам исследований ученых выявлены высокие кларки концентрации для Ge, Hg, Cr, Cu, Cs, Pb, Ce - 1,47-30 (в аргиллитах), Hg, Cr, Th, Pb, Ce, Zn - 1,27-6,5 (в алевролитах), Sb, Sn, Ba, Pb, Cu, Se - 10-150 (в песчаниках) [5]. Флотоотходы некоторых обогатительных фабрик Донецко-Макеевского углепромышленного района Донбасса («Колосниковская», «Советская») имеют повышенные содержания скандия (до 30 г/т), иттрия (до 30 г/т), галлия (до 45 г/т). Высокие содержания золота зафиксированы в отходах угледобычи шахты “Кировская-Западная” (г. Макеевка, ДНР) и флотоотходах обогатительной фабрики “Колосниковская”, превышающих в 60 раз кларки осадочных пород. Однако технологии извлечения цветных и благородных металлов из пород шахтных отвалов весьма энергозатратны, и в промышленных масштабах не применяются. В Макеевском научно-исследовательском институте проведены эксперименты по извлечению железа из породы методом электромагнитной сепарации.

Но не все породные отвалы идентичны и могут являться источником полезных компонентов, многие из них могут нести в себе явную экологическую угрозу. Отходы угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, сформированные из различных пород, на протяжении десятков лет подвергались физико-химическим преобразованиям и их нельзя рассматривать как скопление горной массы со свойствами и составом, характерными для изначально добытого материала. Если учесть тот факт, что многие породные отвалы образовались еще в начале прошлого столетия, и сегодня уже нет возможности достоверно говорить об их составе, то возникает необходимость в дополнительном исследовании и опробовании каждого породного отвала. Здесь необходим индивидуальный подход, учитывающий его месторасположение, условия формирования, состояние и другие факторы.

Для оценки целесообразности использования минеральной составляющей отходов угольной промышленности необходимы маркетинговые исследования, наличие соответствующих технологий переработки и потребности национальной экономики в извлекаемом минеральном сырье. Очевидно, что после реализации таких исследований переработка терриконов не только улучшит экологическую ситуацию в целом, но и позволит получать как угольный концентрат, так и необходимые в производстве элементы.

В целом, максимально возможная утилизация вторичных ресурсов горного производства – чрезвычайно важная социальная и эколого-экономическая задача как средство для повышения уровня безотходности горного производства и эффективной защиты окружающей природной среды. Утилизация отходов добычи угля может способствовать улучшению как экономики региона за счет вовлечения в производство дешевого минерального сырья, так и в целом экологической ситуации в Донбассе.

Литература.
1. Девятова, А. Ю. Газофазные выбросы в атмосферу при горении угля // Изв. вузов. Горн. журн. - 2013. - № 5. - С. 29–34.
2. Закруткин, В. Е. Терриконы углепромышленных районов Донбасса как источник воздействия на окружающую среду/ В. Е. Закруткин, Л. Г. Зубова, Е. В. Гибков, А. Р. Зубов, С. Г. Воробьев // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. - 2017. № 1-3. - С. 69-75.
3. Майдукова, С. С. Экономическая целесообразность использования ресурсного потенциала минеральной составляющей отходов угольного производства // Економічний вісник. – 2013. - №3. - С. 145-153.
4. Мнухин, А. Г. Породные отвалы – сырьё будущего // Уголь Украины. – 2009. – № 5. – С. 28–32.
5. Панов, Б. С. Неоминерализация горящих угольных отвалов Донбасса/ Б. С. Панов, Ю. А. Проскурня, В. С. Мельников, Е. Е. Гречановская // Минералогический журнал. – 2000. – 22(4). - С. 37-46.

PROSPECTS FOR THE USE OF SECONDARY RAW MATERIALS IN THE TERRITORY OF DONBASS

K. V. Repina
FGBNU «Republican Academic Research and Design Institute of Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Surveying» (FGBNU «RANIMI»), Donetsk, DPR, Russia
*e-mail:*ecoseka@rambler.ru

Abstract. The characteristics of the mineral component of waste from the Donbass coal industry are given. An analysis of the economic feasibility of using coal mining waste in industry has been performed.

Key words: slagheaps, chemical processes, burning of landfills, pollutants, technologies of extraction of metals.

УДК 502.5

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНФОРМАЦИЯ ПОЧВ ОСТРОВА ОЛЬХОН

Е.Н. Соловьева[1,2], В.А. Пеллинен[1]
[1]ФГБУН Институт земной коры СО РАН, Иркутск
[2]ФГБУ «Заповедное Прибайкалье», Иркутск,
e-mail: soloveva@baikal-1.ru[1,2], vadim.a.pellinen@ya.ru[1]

Аннотация. Настоящая работа представляет собой систематизированное изложение результатов анализа хозяйственной и рекреационной деятельности на острова Ольхон, охватывающее 90-летний временной интервал (1935–2025 годы). Хозяйственная деятельность, включающая развитие животноводства и сельского хозяйства, наложила серьезный отпечаток на эколого-геохимическое состояние почвенного покрова, привело к деградации естественного травостоя, распространение сорняков и активизацию эрозионных процессов. Совершенствование законодательства в области охраны природы позволило существенно уменьшить антропогенное давление на природные комплексы острова Ольхон. На сегодняшний день наблюдается смена приоритетов в сторону развития рекреации, характеризующейся менее выраженным воздействием на окружающую среду, однако требующей внедрения строгого регулирования передвижения автомобильного транспорта и формирования эффективной инфраструктуры управления отходами производства и потребления.

Ключевые слова: трансформация почв, геохимия, хозяйственная деятельность, рекреационная деятельность, остров Ольхон, Прибайкальский национальный парк

Остров Ольхон – крупнейший остров озера Байкал, это единственный обитаемый остров на Байкале, где расположено 9 населённых пунктов. Крупнейший из них – посёлок Хужир, который является административным и туристическим центром острова. По данным ФГБУ «Заповедное Прибайкалье» на 2025 год, в Хужире проживает 1967 человек, а общая численность населения острова превышает 2000 жителей.

Целью исследования является обобщение результатов хозяйственной и рекреационной деятельности на острове Ольхон за 90-летний период (1935–2025 гг.) и оценка их влияния на геоэкологическое состояние почв. Для достижения поставленной цели исследования был разработан комплекс взаимосвязанных задач, включающий краткое представление о видах деятельности, развивавшихся на острове Ольхон начиная с первой половины XX столетия, проанализировать их влияние на растительно-почвенный покров территории, какие меры по снижению антропогенного влияния были приняты, дать краткую характеристику современному использованию территории и его влиянии.

Освоение острова Ольхон происходило неравномерно и зависело главным образом от экономической ситуации страны и изменений государственного устройства. Во второй половине XIX века основной деятельностью населения являлось рыболовство и животноводство. Первые шаги к развитию сельского хозяйства предприняли в конце XIX века, однако ограниченность земельных ресурсов и неблагоприятные природные условия препятствовали успешному развитию аграрного сектора.

В советский период история острова тесно связана с развитием рыбодобывающей промышленности и сельскохозяйственным сектором (созданием колхозов). Рыболовецкая промышленность активно развивалась с начала 1930-х годов, сформировав сеть приемных пунктов и перерабатывающих предприятий. Несмотря на значительные инвестиции и усилия, сельскохозяйственная отрасль оставалась слабым звеном экономики острова, население предпочитало заниматься промысловым рыболовством.

Индустриализация привела к изменениям в структуре природного ландшафта и деградации экосистемы. Связано это было с рядом факторов: распашкой земель, использованием пестицидов, искусственным орошением, перевыпасом скота. Почвы острова Ольхон представлены каштановыми и черноземными почвами на делювиальных отложениях, также частично озерных и аллювиальных, большая часть территории покрыта растительностью степных ландшафтов [Пеллинен, 2018]. При скудной степени естественного увлажнения, легким гранулометрическим составом и маломощным гумусовым горизонтом экосистемы наиболее уязвимы к антропогенным воздействиям.

В связи с низкой продуктивностью почв острова, в том числе и из-за минимального содержания таких макроэлементов питания как *N* (азот), *P* (фосфор) [Тарасова с соавт., 2012], являющихся одними из основных для роста и развития растений, в колхозе прибегали к минеральным удобрениям (содержащим *N*, *P*), а также пестицидам (ДДТ, ГХЦГ) [ГОСАГРОПРОМ, 1989]. Химизация сельскохозяйственных угодий сказалась на геохимическом состоянии почв, некоторые превышения до сих пор сохранились на локальных участках почв острова Ольхон [Пеллинен с соавт., 2019].

Трансформация растительно-почвенного покрова вызвана природными факторами, но в большей степени антропогенными, которое усиливается из-за низкой устойчивости к нагрузкам. Нерегулируемый выпас (особенно овцеводство в прошлом), организация пастбищ на склонах и водоразделах, интенсивное орошение, нерациональная эксплуатация малопродуктивных почв способствовали разрушению гумусового горизонта, развитию интенсивной дефляции, выносу химических элементов в озеро Байкал [Беркин с соавт., 1993; ГОСАГРОПРОМ, 1989; Пономаренко с соавт., 2018].

Начавшиеся во второй половине XX века природоохранные изменения, сопровождались последовательным усилением законодательной базы и введением строгих правил управления охраняемыми территориями, тем самым способствовав снижению антропогенной нагрузки. С 1977–86 гг. на территории острова Ольхон только в заказнике «Ольхонский» запрещалось использование ядохимикатов, на других же участках острова, где велась сельскохозяйственная деятельность, ядохимикаты использовали. Но уже к 1986 г. использование ядохимикатов было запрещено на всей территории острова, то есть когда весь остров вошел в состав Прибайкальского национального парка [Гарант…1982; Гарант…1993; Консорциум…1981; Сайт…1997]. Снижению антропогенной нагрузки способствовало и закрытие в постсоветский период предприятий, которые спровоцировали постепенный отток населения с острова.

Таким образом, за прошедший век интенсивность антропогенного влияния на острове Ольхон значительно снизилась: прекратилась распашка земель и введен полный запрет использования пестицидов, пастбищная нагрузка уменьшилась почти в двадцать раз, расширилось и усовершенствовалось природоохранное законодательство, запрещено строительство промышленных объектов. В настоящее время основное давление на ландшафт оказывает автомобильный транспорт туристов, тогда как поголовье скота оказывает лишь второстепенное влияние.

В целом, современное природопользование на острове Ольхон, хотя и менее масштабное по сравнению с советским периодом индустриального освоения, продолжает оказывать существенное негативное воздействие на почвенный покров.

Основные проблемы связаны с комплексом антропогенных факторов: во-первых, увеличивающаяся демографическая нагрузка – как за счет роста постоянного населения, так и за счет массового туристического потока – создает чрезмерную нагрузку на локальную инфраструктуру, особенно в сфере обращения с отходами. Отсутствие системного решения вопроса утилизации мусора, усугубляемое сезонными перебоями в вывозе отходов, приводит к постепенному накоплению загрязнений в почвах. Во-вторых, интенсивная рекреационная деятельность вызывает деградацию уникальных степных ландшафтов – разрастание сети стихийных дорог, вытаптывание растительности и нарушение почвенной структуры ведут к снижению биоразнообразия и разрушению хрупких островных экосистем. Особую тревогу вызывает синергетический эффект этих факторов, который при сохранении текущей динамики может привести к необратимым изменениям природной среды Ольхона.

Для поддержания устойчивого развития на населённых островах прирост населения и туристического потока должен строго коррелироваться с возможностями существующей социальной инфраструктуры либо ограничиваться пределами экологически безопасной вместимости территорий.

Работа выполнена в рамках договора № 222 от 25.05.2023 г. о сотрудничестве с ФГБУ «Заповедное Прибайкалье» с ФГБУН ИЗК СО РАН

Литература.

1. Беркин Н.С., Филиппова С.А., Бояркин В.М., Наумова А.М., Руденко Г.В. Иркутская область (природные условия административных районов) – Иркутск: Изд-во Иркут. Ун-та, 1993. – 304 с., ил.
2. Гарант. Решение Исполнительного комитета Иркутского областного Совета народных депутатов от 17 июня 1982 г. № 305 «Об утверждении Положений о государственных охотничьих заказниках областного значения». URL: https://base.garant.ru/34764051/ Дата обращения: 30.05.2025 г.
3. Гарант. Постановление Совета Министров – Правительства РФ от 10 августа 1993 г. № 769 «Об утверждении Положения о национальных природных парках Российской Федерации» URL: https://base.garant.ru/2108339/ Дата обращения: 30.05.2025 г.

4. ГОСАГРОПРОМ РСФСР Объединение Росземпроекта Института «ВОСТСИБГИПРОЗЕМ» Схема генерального плана организации Прибайкальского государственного природного национального парка 4695 – 3С Том 6. Сельское хозяйство. – 1989. – 164 с. (архивные документы ФГБУ «Заповедное Прибайкалье»).
5. Консорциум кодекс. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. ГОСПЛАН СССР ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 27 апреля 1981 года № 77/106 URL: https://docs.cntd.ru/document/765728460 Дата обращения: 30.05.2025 г.
6. Пеллинен В. А. Оценка устойчивости геологической среды острова Ольхон: Автореф. дис. … канд. геолого-минералог. наук. – Иркутск, 2018. – 136 с.
7. Пеллинен В. А., Штельмах С. И., Черкашина Т. Ю. Химический состав почв предгорных степей острова Ольхон // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2019. – Т. 27. – С. 90-110. – DOI 10.26516/2073-3402.2019.27.90.
8. Пономаренко Е. А., Рябинина О. В., Солодянкина С. В. Особенности деградации прибрежных биокомплексов Приольхонья и острова Ольхон (озеро Байкал) // Вестник ИрГСХА. – 2018. – № 86. – С. 24-35.
9. Сайт ФГБУ «Заповедное Прибайкалье». Документы и приказы. Положения о ФГУ «Прибайкальский национальный парк» от 31 декабря 1997 г. URL: https://baikal-1.ru/about/organisation/docs/ Дата обращения: 30.05.2025 г.
10. Тарасова Е. Н., Мамонтов А. А., Мамонтова Е. А. Элементный состав органического вещества в системе «Атмосфера–почва–притоки Байкала» // Современные проблемы геохимии: Материалы Всероссийского совещания (с участием иностранных ученых), посвященного 95-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона, Иркутск, 22–26 октября 2012 года / Ответственный редактор: Зорина Л.Д. Том 1. – Иркутск: Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, 2012. 290 с.

GEOECOLOGICAL TRANSFORMATION OF SOILS ON OLKHON ISLAND

E.N. Solovyova[1,2], V.A. Pellinen[1]
[1]IEC SB RAS, Irkutsk, Russia

[2]FGBI «Baikal protected areas», Irkutsk, Russia
e-mail: *soloveva@baikal-1.ru[1,2], vadim.a.pellinen@ya.ru[1]*

Abstract. The present work is a systematized presentation of the results of the analysis of economic and recreational activities on Olkhon Island, covering a 90-year time interval (1935-2025). Economic activity, including the development of livestock and agriculture, has imposed a serious imprint on the ecological and geochemical state of the soil cover, led to the degradation of natural grasses, weed proliferation and activation of erosion processes. Improvement of the legislation in the field of nature protection allowed to significantly reduce anthropogenic pressure on the natural complexes of Olkhon Island. Today there is a shift in priorities towards the development of recreation, characterized by a less pronounced impact on the environment, but requiring the introduction of strict regulation of motor transport movement and the formation of an effective infrastructure for the management of production and consumption waste.

Keywords: soil transformation, geochemistry, economic activity, recreational activity, Olkhon Island, Pribaikalsky National Park

УДК 622.8

ТЕРМИЧЕСКАЯ ДЕСТРУКЦИЯ УГЛЕЙ, МЕТАМОРФИЗМ ШАХТОПЛАСТОВ И ИХ ОПАСНЫЕ СВОЙСТВА

Э. Н. Филатьева
ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск, Россия
e-mail:elafilatyeva@gmail.com

Аннотация. Для оценки степени влияния метаморфических преобразований шахтопластов на проявление их опасных свойств, приводящие к авариям в подземных условиях, в качестве основного показателя используется выход летучих веществ при термическом разложении углей без доступа воздуха. Предполагалось, что термическое разложение углей без доступа воздуха характеризует процессы метаморфических преобразований шахтопластов, произошедшие в прошлые геологические периоды времени. Одним из наиболее важных факторов снижения аварийности является достоверность прогноза проявления опасных свойств шахтопластов и заблаговременная разработка профилактических мероприятий согласно требованиям нормативных документов. Формирование опасных свойств шахтопластов связано как с изменением элементного состава исходного органического вещества и его физико-механических свойств в процессе метаморфических преобразований, так и с образованием при этих процессах газообразных флюидов. На основании статистической обработки экспериментальных данных о соотношении между основными компонентами горючей массы при усилении влияния метаморфических процессов, установлена целесообразность использования показателя выхода летучих веществ при термическом разложении углей без доступа воздуха для оценки степени метаморфических преобразований шахтопластов и прогноза их опасных свойств при ведении горных работ.

Ключевые слова: метаморфизм, процессы, преобразование, элементный состав, уголь, шахтопласты, безопасность, нормативные документы.

В нормативных документах [1-4] для оценки степени влияния метаморфических преобразований шахтопластов на проявление их опасных свойств (выделение газов, склонных к воспламенению и взрывчатости; внезапные выбросы угля и газа; возникновение очагов эндогенных пожаров; повышенное образование пыли и её взрывчатость и, другие негативные особенности, приводящие к авариям в подземных условиях) в качестве основного показателя используется выход летучих веществ при термическом разложении углей без доступа воздуха (V^{daf}).

Методика определения этого показателя была разработана ранее для установления потребительских качеств углей [5] и он успешно применяется для этих целей в современной промышленной классификации [6]. При разработке документов [1-4] по безопасному ведению горных работ и некоторых других нормативных актов показатель V^{daf} использовали, без должного научного обоснования, для прогноза опасных свойств шахтопластов. Предполагалось, что термическое разложение углей без доступа воздуха (деструкция) характеризует процессы метаморфических преобразований шахтопластов, произошедшие в прошлые геологические периоды времени. Наряду с этим, по своей сути, термическая деструкция является очередной новой искусственной стадией преобразования угля, поднятого на земную поверхность [7]. От уровня соответствия процессов этой искусственной стадии стадиям метаморфических преобразований шахтопластов в природных условиях, во многом зависит достоверность прогноза опасных свойств согласно действующим нормативным документам. Периодически повторяющиеся аварии при ведении горных работ с тяжёлыми последствиями во всех угледобывающих странах мира свидетельствуют о имеющихся нерешенных проблемах по их своевременному предотвращению. Одним из наиболее важных факторов снижения аварийности является достоверность прогноза проявления опасных свойств шахтопластов и заблаговременная разработка профилактических мероприятий

согласно требованиям нормативных документов. По этой причине научные исследования, направленные на их усовершенствование, являются весьма актуальными для всех угледобывающих стран.

Формирование опасных свойств шахтопластов связано как с изменением элементного состава исходного органического вещества и его физико-механических свойств в процессе метаморфических преобразований, так и с образованием при этих процессах газообразных флюидов. Состав органического вещества практически на сто процентов состоит из пяти основных компонентов: углерода, кислорода, водорода, азота и органической серы [8]. В процессе метаморфических преобразований шахтопластов количество основных компонентов остаётся неизменным, а изменяются лишь количественные соотношения между ними. При усилении влияния процессов метаморфизма происходит односторонний рост содержания углерода и снижение суммы содержания остальных основных компонентов. При этом содержание углерода в органической массе (C_0) функционально контролирует сумму основных остальных компонентов ($\sum O_0, H_0, N_0, S_0$):

$$C_0 = 100 - \sum O_0, H_0, N_0, S_0, \%. \quad (1)$$

Для, каждого шахтопласта соотношение (1) и индивидуальное содержание каждого из основных компонентов известно на основании проводимых элементных анализов. Обобщая изменения соотношения между содержанием основных компонентов органической массы, для некоторой совокупности шахтопластов, можно установить компоненты, принимавшие участие в образовании газообразных флюидов при усилении влияния метаморфических процессов (росте содержания C_0).

Выход летучих веществ при термическом разложении углей и его количественный и качественный состав по мере усиления влияния метаморфических процессов известен из анализа экспериментальных данных [5]. Сопоставляя количественный и качественный состав газообразных продуктов при термическом разложении углей с изменением содержания основных компонентов при усилении метаморфизма в природных условиях, можно установить близость или различия между рассматриваемыми процессами.

Целью работы является установление целесообразности использования показателя выхода летучих веществ при термическом разложении углей без доступа воздуха (V^{daf}) для оценки степени метаморфических преобразований шахтопластов и прогноза их опасных свойств при ведении горных работ.

Методика базируется на статистической обработке экспериментальных данных [9] о соотношении между основными компонентами горючей массы при усилении влияния метаморфических процессов (росте содержания углерода). В рассматриваемом случае различие между элементным содержанием основных компонентов органической массы и горючей части топлива сведены до минимума вследствие методики подготовки аналитических проб для лабораторных испытаний. Она заключается в предварительном дроблении угля до крупности 7мкм, удалении внешней влаги и обогащении до содержания золы, как правило, менее 10% [8].

Высокая корреляционная взаимозависимость установлена углерода с содержанием кислорода и водорода. Это подтверждается в обоих случаях высокими значениями коэффициентов детерминации (R^2=0,87).

Содержание азота находилось в пределах одного-двух процентов и носило случайный характер (R^2=0,29).

Изменение содержания серы также не отличалось устойчивой зависимостью (R^2=0,35) и находилось в диапазоне 0,8÷7,0%.

Несмотря на неоднозначные индивидуальные соотношения между основными компонентами горючей части топлива и углеродом, последний, как и в случае с органической массой (уравнение 1), достаточно достоверно контролирует их общую сумму для каждого шахтопласта. Такая достоверность гарантируется близостью суммы всех компонентов

горючей части топлива к 100% (с погрешностью около 1,0%) и справедливостью для рассматриваемого случая уравнения:

$$C_Г = 100 - \sum O_Г, H_Г, N_Г, S_Г, \%. \quad (2)$$

Оно строго устанавливает обратно пропорциональную зависимость $\sum O_Г, H_Г, N_Г, S_Г$ от содержания $C_Г$. Учитывая уравнение (2) и экспериментальные данные, рассмотрели возможные изменения в соотношениях между индивидуальными средними значениями основных компонентов горючей части топлива в процессе усиления метаморфических преобразований (росте $C_Г$) шахтопластов. Каждая точка пересечения двух кривых, характеризующих индивидуальное изменение средних значений содержания этих компонентов в горючей части, свидетельствует об изменении соотношения в элементном составе между рассматриваемыми компонентами. Такие изменения в элементном составе не могут не оказывать влияние на проявление опасных свойств шахтопластов. Шахтопласты, для которых значения показателей содержания основных компонентов ($O_Г, H_Г, N_Г, S_Г$) находятся между двумя соседними точками пересечения кривых условно можно считать, в первом приближении, близкими по проявлению их опасных свойств. Такая близость обусловлена сведением до минимума различий между шахтопластами по фактору соотношения между элементным содержанием основных компонентов.

Результатом статистической обработки экспериментальных данных для рассматриваемой совокупности шахтопластов [9] установлено десять характерных стадий по фактору изменения соотношения между средними значениями основных компонентов (табл. 1). Экспериментальные данные [5, 9, 10] позволили также рассмотреть зависимость выхода летучих веществ (V^{daf}) от содержания углерода в органической и горючей массе.

В процессе метаморфических преобразований шахтопластов образование газообразных флюидов возможно с участием всех основных компонентов органической (горючей) массы, в том числе и углерода. Содержание углерода согласно уравнениям 1 и 2 практически функционально определяет сумму остальных четырех компонентов органической (горючей) массы. Элементное содержание углерода, в свою очередь, также корреляционно связано с отражением витринита (R_o), который является основным классификационным показателем потребительских качеств углей [6].

Такой подбор показателей в одной таблице (1) позволил проанализировать изменение как содержание углерода и суммы остальных компонентов в горючей массе при усилении метаморфических процессов (росте R_o), так и выход летучих веществ при термическом разложении углей в лабораторных условиях от показателя R_o. Стадия I метаморфических преобразований шахтопластов, установлена по соотношению изменения содержания основных компонентов горючей массы, условно можно считать переходной от бурых углей к каменным (табл. 1). Это следует из отсутствия четкой границы между бурыми и каменными углями по показателю R_0.

В общем случае на проявление опасных свойств щахтопластов могут оказывать влияние исходный элементный состав и соотношение между всеми основными компонентами органической (горючей) массы, степень ее метаморфического преобразования и количество сохранившихся флюидов ко времени ведения горных работ. Изучение этих вопросов позволит научно обосновать возможное возникновение опасных свойств шахтопластов при геологических процессах и в последующем достоверно прогнозировать вероятность возникновения аварийных ситуаций при ведении горных работ.

Проведенные исследования позволили сделать выводы, которые существенно могут повлиять на усовершенствование современной нормативной базы по безопасному ведению горных работ. Их основная суть заключается в следующем:

- при подготовке аналитических проб к лабораторным испытаниям предварительное обогащение углей существенно устраняет различия в элементном содержании основных компонентов между органической и горючей массами по причине снижения содержания минеральных примесей до уровня выхода золы менее десяти процентов;

Таблица 1

Результаты статистической обработки экспериментальных данных по установлению стадий метаморфических преобразований шахтопластов по фактору изменения среднего соотношения между основными компонентами органической (горючей) массы и выходу летучих веществ

Сведения о точках пересечения усредняющих кривых основных компонентов горючей массы согласно данным [9]				Стадии метаморфических преобразований по соотношению среднего содержания основных компонентов			Средний выход летучих веществ $\bar{V}^{daf}$ при термическом разложении углей в зависимости от содержания углерода, %			Среднее значение отражения витринита (R_0) согласно уравнению 4, %	Классификация углей по показателю R_0 согласно потребительским качествам [6]
№№ точек пересечения усредняющих кривых	Компоненты пересекаемых кривых	Элементное содержание основных компонентов в точках пересечения усредняющих кривых, %		№№ стадий метаморфизма (рис.1)	Диапазоны изменения основных компонентов, %		Согласно данным [5] в органической массе	Согласно данным [9] в горючей части	Согласно данным [10] в горючей части		
		$\bar{C}_Г$	$\sum\bar{O}_Г,\bar{H}_Г,\bar{N}_Г,\bar{S}_Г$		$C_Г$	$\sum O_Г,H_Г,N_Г,S_Г$					
-	-	75,00*	-	I	75,00÷84,24	25,00÷15,76	-**	41,3	41,0	0,40	Переходная стадия от бурых углей к каменным
1	$\overline{O}_Г-\overline{H}_Г$	84,24	15,76	II	84,24÷87,83	15,76÷12,17	38,7	35,2	36,0	1,06	Каменноугольная стадия
2	$\overline{O}_Г-\overline{S}_Г$	87,83	12,17	III	87,83÷92,75	12,17÷7,25	32,1	23,7	24,3	1,43	Переходная стадия от каменных углей к антрацитам
3	$\overline{O}_Г-N_Г$	92,75	7,25	IV	92,75÷95,40	7,25÷4,60	14,2	7,0	6,3	2,17	Антрацитовые стадии
4	$\overline{N}_Г-\overline{S}_Г$	95,40	4,60	V	95,40÷95,81	4,60÷4,19	0,3**	2,9	2,4	2,82	
5	$\overline{N}_Г-\overline{H}_Г$	95,81	4,19	VI	95,81÷96,05	4,19÷3,95	-**	2,6	2,0	2,95	
6	$\overline{O}_Г-\overline{H}_Г$	96,05	3,95	VII	96,05÷96,66	3,95÷3,34	-**	2,4	1,9	3,04	
7	$\overline{N}_Г-\overline{S}_Г$	96,66	3,34	VIII	96,66÷96,75	3,34÷3,25	-**	1,91	1,5	3,28	
8	$\overline{O}_Г-\overline{S}_Г$	96,75	3,25	IX	96,75÷97,23	3,25÷2,77	-**	1,85	1,4	3,32	
9	$\overline{O}_Г-\overline{N}_Г$	97,23	2,77	X	>97,23	>2,77	-**	<1,57	<1,2	3,54	
-		-	-	-	99,00	-	-	-	-	5,00	

Примечание: * - условное начало каменноугольной стадии; ** - определение расчетных значений (V^{daf}) некорректно, так как содержание углерода в органической массе (C_o) находится за пределами его экспериментальных значений.

- при содержании углерода в горючей части топлива более 75 % по фактору изменения соотношений между средними значениями основных компонентов (углерод, кислород, водород, азот, органическая сера) установлено десять характерных стадий метаморфических преобразований шахтопластов;

- содержание углерода в органической (горючей) массе, как и сумма остальных основных компонентов, связаны с показателем отражения витринита тесной корреляционной зависимостью;

- на формирование опасных свойств шахтопластов, учитывая последовательность протекания процессов в природных и лабораторных условиях, непосредственное влияние могли оказывать только флюиды, образовавшиеся и сохранившиеся (полностью или частично) на предшествующих и текущей стадиях метаморфических преобразований;

- показатель выхода летучих веществ ни по общему количеству выделяемых газов, ни по их качественному состоянию не может достоверно характеризировать флюиды, образовавшиеся и сохранившихся на разных стадиях метаморфических процессов, а тем более проявление опасных свойств шахтопластов при ведении горных работ.

Литература.

1. Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах. – М.: Недра. – 1979. – 319 с.
2. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. СОУ 10.1.00174088.011 – 2005. – К. – 224 с.
3. Руководство по предупреждению и тушению эндогенных пожаров на угольных шахтах Украины: КД 10.01.402 – 2000. – Донецк: НИИГД. – 2000. 216 с.
4. Руководство по проектированию вентиляционных угольных шахт. – К.: Основа. – 1994 – 311 с.
5. Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна / ДонУГИ. – Вып. VIII. – М.: Углетехиздат – 1954 – 432 с.
6. ГОСТ 25543 – 2013. Межгосударственный стандарт. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. Издание официальное. М.: Стандартинформ. – 2014. – 19 с.
7. Антощенко Н.И., Томалак Н.В., Сятковский С.Л. Влияние температуры на степень метаморфизма ископаемых углей // Уголь Украины. – 2002. – № 7 – с 36-38
8. Авгушевич И.В., Сидорук Е.И, Броновец Т.М. Стандартные методы испытания углей. Классификации углей. М.: «Реклама мастер», 2019. 576 с.
9. Справочник по качеству и обогатимости каменных углей и антрацитов Украинской ССР (Донбасс в границах УССР, Львовско- Волынский бассейн). Характеристика качества каменных углей и антрацитов Украинской ССР. М.: Недра. 1965. 204 с.
10. Справочник по качеству каменных углей и антрацитов Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов. Донецкий научно-исследовательский угольный институт. М.: Недра. 1972. 168 с.

THERMAL DESTRUCTION OF COALS, METAMORPHISM OF MINE-PLASTS AND THEIR HAZARDOUS PROPERTIES

E. N. Filatieva,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vladimir Dahl Lugansk State University", Lugansk, Russian Federation.
e-mail:elafilatyeva@gmail.com

Abstract. To assess the degree of influence of metamorphic transformations of mine-layers on the manifestation of their hazardous properties leading to accidents in underground conditions, the yield of volatile substances during thermal decomposition of coals without air access is used as the main indicator. It was assumed that thermal decomposition of coals without air access characterizes the processes of metamorphic transformations of mine-layers that occurred in past geological periods

of time. One of the most important factors in reducing accidents is the reliability of the forecast of the manifestation of hazardous properties of mine-layers and the timely development of preventive measures in accordance with the requirements of regulatory documents. The formation of hazardous properties of mine-layers is associated with both with changes in the elemental composition of the initial organic matter and its physical and mechanical properties during metamorphic transformations and with the formation of gaseous fluids during these processes. Based on statistical processing of experimental data on the relationship between the main components of the combustible mass with increasing influence of metamorphic processes, the expediency of using the yield of volatile substances during thermal decomposition of coals without air access was established to assess the degree of metamorphic transformations of coal seams and predict their hazardous properties during mining operations.

Keywords: metamorphism, processes, transformation, elemental composition, coal, coal seams, safety, regulatory documents.

СЕКЦИЯ 2
ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 624.138.23

ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕМНОГО ГЛУБИННОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ГРУНТОВ.

Т.Т. Абрамова
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
e-mail:attoma@mail.ru

Аннотация. В работе показана возможность преобразования мягких торфяно-илистых и заболоченных грунтов в структурно-устойчивый прочный грунтовый массив с использованием химической стабилизации и введением вяжущих веществ при глубинном перемешивании. Метод Масс стабилизации может использоваться в широком диапазоне от улучшения прочности земляного полотна до переработки и утилизации загрязненных грунтов.

Ключевые слова: слабый грунт, объемное закрепление, глубинное перемешивание, вяжущее, прочность, деформация.

Управление свойствами слабых грунтов (ил, торф, глина и др.) давно привлекает внимание инженер-геологов. В России для решения этой задачи достаточно широко применяется один из методов глубинного перемешивания (ГПГ) — буросмесительная технология с образованием стабилизированных колонн грунта [1]. Однако в нашей стране пока не накоплен опыт по упрочнению таких грунтов, распространённых на больших территориях, который уже 25–30 лет успешно применяется в 30 странах мира. За рубежом этот метод известен как Масс-стабилизация (Mass Stabilization, MS).

Данный способ, разработанный в Финляндии в начале 1990-х годов, отличается от других технологий ГПГ тем, что с помощью специального оборудования (ALLU) одновременно выполняются разрыхление грунта и его упрочнение. Система ALLU [6] включает три основных компонента: смеситель ALLU PM, питатель ALLU PF и систему сбора данных ALLU DAC. Уникальность технологии заключается в том, что стабилизации подвергается весь объём слабого грунта, что невозможно при использовании других методов без подобного оборудования. В результате применения технологии территория бывших болот и пойм рек может превращаться в ровную и твёрдую поверхность.

Опыт зарубежных специалистов привлёк пристальное внимание российских учёных для изучения и применения метода в сложных инженерно-геологических условиях страны. Особенно актуальна эта технология для Северо-Запада России, где обширные территории заняты болотами и мягкими органическими грунтами, и где требуются инновационные решения для строительства различных объектов.

В работе [7, с. 117] подробно рассмотрена MS, выполняемая сухим («скандинавским») методом. Процесс осуществляется следующим образом: в первую очередь производится нейтрализация грунта с помощью небольшого количества вяжущего, после чего вводится основная доза вяжущего для достижения требуемых характеристик. Рабочая зона обычно делится на блоки одинакового размера в зависимости от геометрии участка. Работы ведутся от блока к блоку. Производительность системы стабилизации зависит от типа грунта, но в целом составляет от 50 до 200 м² преобразованного грунта в час на одну установку MS.

В результате проведённых исследований Forsman Juha, Korkiala-Tanttu Leena и Piispanen Pyry отмечают, что до 70 % стоимости MS приходится на цену вяжущего [7]. Наиболее часто для MS используется цемент. Поскольку цемент — дорогостоящее вяжущее, при работе на больших площадях возникает необходимость его экономии. Известно, что снижение содержания цемента в закрепляемой грунтовой массе приводит к увеличению

деформируемости грунтоцементного материала. Это обуславливает привлечение других вяжущих или смесей на их основе.

Анализ большого количества зарубежных публикаций показал возможность применения порядка 200 разновидностей составов на основе вяжущих в сочетании с промышленными продуктами (точные составы не раскрыты). Используемые вещества (особенно в Финляндии) проходят обязательную экологическую экспертизу, по итогам которой необходимо получить разрешение на применение побочных продуктов и отходов. Важную роль играют результаты тестов на выщелачивание загрязняющих веществ из стабилизированного грунта.

В российской практике также при укреплении грунтового массива стараются экономить цемент, заменяя его не только известью, золами и смесями на их основе, но и различными стабилизаторами («Дорзин», «Стабилер», «Никофолк», «Парагон» и др.), которые способны улучшать технологические свойства грунтоцемента. Новый полимерный стабилизатор «Чимстон» и суперпластификатор «Цемдор», разработанные компанией «Национальные ресурсы» [3], в сочетании с неорганическими вяжущими получили наибольшую популярность. Кроме того, на российском рынке постоянно появляются новые цементирующие материалы и смеси с использованием различных промышленных отходов.

Первые испытания метода MS за рубежом были проведены в 1993 году на болоте Veitostensuo (Финляндия) в сложных условиях. Как указано в работе [11], максимальная мощность торфяного слоя составляла 5 м, а в сочетании с подстилающим глинистым слоем достигала 25 м. Участок площадью 13×18 м был стабилизирован на глубину 3 м с использованием двух различных вяжущих: быстротвердеющего цемента с добавкой Finnstabi на основе гипса и смеси быстротвердеющего цемента с доменным шлаком. Через год после стабилизации прочность на сдвиг преобразованного грунта составила 50 кПа. Контрольные измерения, проведённые спустя 23 года после стабилизации, показали значительное повышение прочности грунта при использовании обоих вяжущих.

Обширные исследования по изучению свойств грунтоцемента в зависимости от содержания цемента (129–226 кг/м³) были выполнены G. Nowak и P. Kanty (Польша) [9] на 140 образцах глины с включением органики до 5,7 %. Испытания показали, что с возрастанием содержания цемента в грунте происходит увеличение модулей первичной E_{50} (23,75 МПа) и вторичной E_2 (59,93 МПа) деформаций. Прочность на сжатие составляла 0,22 МПа.

В сложных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях качество искусственного закрепления, особенно слабых грунтов, в ряде случаев может быть неудовлетворительным. Поэтому возникает необходимость постоянного контроля за формированием нового грунтового массива.

Долгосрочные характеристики стабилизированного грунта изучал P. Piispanen (Финляндия) [10, с. 449-450]. Исследования проводились на мягких грунтах (глина, торф и др.) с введением различных смесей вяжущих (цемент и доменный шлак, известь и зола) через 6–25 лет после их стабилизации. Было обследовано более 18 участков. Контроль качества укрепления выполнялся методом зондирования. По результатам исследований установлено, что прочность стабилизированного грунта возрастает в течение первых 10 лет, независимо от типа вяжущего. За период 6–25 лет прочность увеличивалась в среднем в 1,6 раза при использовании цемента и в 2 раза — при применении извести и других составов.

Кроме этого, установлено, что технология MS может использоваться при обработке загрязнённых грунтов за счёт герметизации загрязняющих веществ в толще грунта и предотвращения их миграции на соседние территории. Например, MS применялась в одном из крупнейших портов Vuosaari (Финляндия), где было стабилизировано 500 т/м³ грунта на глубину до 6 м. На территории порта находилась лагуна, загрязнённая твёрдыми бытовыми отходами. Использование системы ALLU позволило значительно сократить сроки подготовки территории и снизить общую стоимость работ. Положительный опыт применения технологии привёл к её распространению и на другие объекты: порты Финляндии и Испании, водоёмы в Великобритании и др. [8, с. 25-26].

Актуальная для России проблема восстановления и использования полей аэрации, очистных сооружений, заболоченных земель вокруг крупных городов, расширение морских портов привлекла к себе внимание для внедрения этой технологии. Она была использована при строительстве железнодорожной линии Санкт-Петербург — Хельсинки, где трасса пересекала торфяное озеро. Для железнодорожного полотна было сооружено надёжное свайное основание [2]. Эта технология была также испытана на участке скоростной автодороги Москва — Санкт-Петербург. Участок был разбит на несколько секций с разным количеством вяжущего. Проведена рекультивация территории золоотвала и её подготовка под жилищное строительство на пересечении проспекта Косыгина и ул. Передовиков (Санкт-Петербург).

В 2013 году Союзом предприятий строительной индустрии был разработан документ СТО НОСТРОЙ 2.5.135-2013 «Укрепление слабых грунтов органического происхождения методом глубинного смешивания». В 2015 году выпущен технический документ ОДМ 218.2.063-2015 «Рекомендации по применению технологии глубинного смешивания для укрепления слабых грунтов оснований земляного полотна». В данный документ вошли перечни рекомендуемых материалов для глубинного смешивания [4, 5].

Работы по внедрению технологии продолжаются.

Таким образом, в распоряжении России оказалась технология, позволяющая осваивать новые территории для строительства. Отсутствие вибраций, низкий уровень шума, высокая производительность, экономичность и экологичность метода обеспечивают его эффективность в сложных инженерно-геологических условиях нашей страны.

Литература.

1. Абрамова, Т.Т. Определение возможности искусственного преобразования глинистого грунта с помощью буросмесительной технологии. / Т.Т. Абрамова // В сб. «Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспектива внедрения»: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Астрахань: изд-во Астраханского государственного университета, 2022. – С. 65-69.
2. Зиборов, М. И слабый грунт превращается в сильный [Электронный ресурс] / М.И. Зиборов // Строительство ру, Всероссийский отраслевой интернет-журнал – URL: https://rcmm.ru/tehnika-i-tehnologii/21936-%C2%A6i-slabyy-grunt-prevraschaetsya%C2%A6-v-silnyy.html (дата обращения 10.06.2025).
3. Компания «Национальные ресурсы»: официальный сайт [Электронный ресурс] URL: https://cemdor.ru/index.html (дата обращения 07.04.2025).
4. ОДМ 218.2.063–2015. Рекомендации по применению технологии глубинного смешивания для укрепления слабых грунтов оснований земляного полотна. Отраслевой дорожный методический документ – Введ. 06.02.2015. – Москва: Росавтодор, 2015. – 59 с.
5. СТО НОСТРОЙ 2.5.135-2013. Укрепление слабых грунтов органического происхождения методом глубинного смешивания. Стандарт организации. Национальное объединение строителей. – Введ. 13.12.2013. – М., 2015. – 25 с.
6. ALLU company официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: https://allu.net (дата обращения 25.03.2025).
7. Forsman, J. Mass Stabilization as a Ground Improvement Method for Soft Peaty / J. Forsman, L. Korkiala-Tanttu, P. Piispanen // Peat, 2018. – PP. 117-139.
8. Forsman, J. Mass stabilization manual / J. Forsman, H. Jyrävä, P. Lahtinen, T. Niemelin, I. Hyvönen // 2013. – 68 p.
9. Novak, G. Mass stabilization as reinforcement of organic soils / G. Novak, P. Kanty // XXII International Scientific Conference “Construction the Formation of Living Environment (Form-2019). 2019. – PP. 33-46.
10. Piispanen, P. Long-term performance of mass stabilization / P. Piispanen // International society for soil mechanics and geotechnical engineering. 2017. – PP. 443-452.

11. Ravaska, O. Setlement calculation of deep stabilized peat and clay. / O. Ravaska, K. Kujala // In: Yonekura R., Terashi M., Shibazaki M., editors. Second International Conference on Ground Improvement Geosystems, Tokyo. Grouting and Deep Mixing. May 14-17, 1996. – PP. 551-555.

Библиографическое описание.

1. Абрамова, Т.Т. Определение возможности искусственного преобразования глинистого грунта с помощью буросмесительной технологии. /Т.Т. Абрамова // В сб. «Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспектива внедрения»: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Астрахань: изд-во Астраханского государственного университета, 2022. – С. 65-69.
2. Зиборов, М. И слабый грунт превращается в сильный [Электронный ресурс] / М.И. Зиборов // Строительство ру, Всероссийский отраслевой интернет-журнал – URL: https://rcmm.ru/tehnika-i-tehnologii/21936-%C2%A6i-slabyy-grunt-prevraschaetsya%C2%A6-v-silnyy.html (дата обращения 10.06.2025).
3. Компания «Национальные ресурсы»: официальный сайт [Электронный ресурс] URL: https://cemdor.ru/index.html (дата обращения 07.04.2025).
4. ОДМ 218.2.063–2015. Рекомендации по применению технологии глубинного смешивания для укрепления слабых грунтов оснований земляного полотна. Отраслевой дорожный методический документ – Введ. 06.02.2015. – Москва: Росавтодор, 2015. – 59 с.
5. СТО НОСТРОЙ 2.5.135-2013. Укрепление слабых грунтов органического происхождения методом глубинного смешивания. Стандарт организации. Национальное объединение строителей. – Введ. 13.12.2013. – М., 2015. – 25 с.
6. ALLU company официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: https://allu.net (дата обращения 25.03.2025).
7. Forsman, J. Mass Stabilization as a Ground Improvement Method for Soft Peaty / J. Forsman, L. Korkiala-Tanttu, P. Piispanen // Peat, 2018. – PP. 117-139.
8. Forsman, J. Mass stabilization manual / J. Forsman, H. Jyrävä, P. Lahtinen, T. Niemelin, I. Hyvönen // 2013. – 68 p.
9. Novak, G. Mass stabilization as reinforcement of organic soils / G. Novak, P. Kanty // XXII International Scientific Conference “Construction the Formation of Living Environment (Form-2019). 2019. – PP. 33-46.
10. Piispanen, P. Long-term performance of mass stabilization / P. Piispanen // International society for soil mechanics and geotechnical engineering. 2017. – PP. 443-452.
11. Ravaska, O. Setlement calculation of deep stabilized peat and clay. / O. Ravaska, K. Kujala // In: Yonekura R., Terashi M., Shibazaki M., editors. Second International Conference on Ground Improvement Geosystems, Tokyo. Grouting and Deep Mixing. May 14-17, 1996. – PP. 551-555.

FEATURES OF VOLUMETRIC DEEP MIXING OF SOILS

T.T. Abramova
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
e-mail:attoma@mail.ru

Abstract. The article shows the possibility of transforming soft peat-silt and swampy soils into a structurally stable strong soil mass using chemical stabilization and the introduction of binders during deep mixing. The Mass Stabilization method can be used in a wide range from improving the strength of the roadbed to processing and recycling contaminated soils.

Keywords: weak soil, volumetric stabilization, deep mixing, binder, strength, deformation.

УДК 554

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ БОСА

Азаренко Е.И., Осадчая Л.И., Иванченко Т.А., Токарев М.А., Скворцова Д.М.
ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия
e-mail:e.i.azarenko@yandex.ru, lila1809@mail.ru, tanusaivancenko170@gmail.com, maxtokarev10@mail.ru, krasnaiamakovka@gmail.com

Аннотация. Оценивается информативность гидрохимического мониторинга пересыхающих малых рек Севастопольского региона в рамках Территориальной системы наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных водных объектов г. Севастополя для принятия решений в сфере водопользования и защиты водных объектов, в том числе выявления объектов, нуждающихся в проведении первоочередных водоохранных мероприятий. Предложено применение показателя антропогенной нагрузки для определения класса качества вод пересыхающих малых рек. Определены класс качества воды и кризисность состояния экосистемы реки Боса. Рекомендованы меры по снижению уровня загрязнения.

Ключевые слова. Класс качества вод, гидрохимический мониторинг, малые реки, регион Севастополь, показатель антропогенной нагрузки, защита водных объектов.

Водная безопасность региона Севастополь неразрывно связана с состоянием речной системы реки Черной (см. рис. 1). Она является важнейшей составляющей при создании запасов пресной воды, обеспечении населения питьевой водой, удовлетворении хозяйственно-бытовых нужд, а также в поддержании биологического разнообразия и функционирования природных экосистем региона.

Притоки р. Черная – 11 пересыхающих малых рек, которые оказывают существенное влияние на ее сток и качество вод. Пять из одиннадцати притоков, в том числе река Боса, впадают в Чернореченское водохранилище – основной источник питьевого водоснабжения г. Севастополя, что объясняет внимание населения, ученых и правительства Севастополя к результатам гидрохимического мониторинга и охране малых рек региона.

Пересыхающие малые реки отличаются высокой чувствительностью к антропогенному воздействию. Для их охраны и рационального использования создана и функционирует Территориальная система наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных водных объектов г. Севастополя [4]. В рамках этой системы проводится гидрохимический мониторинг на устьевых участках притоков р. Черная. Программа мониторинга предусматривает ежеквартальный отбор проб и определение от 35 до 41 показателя загрязнения, в том числе 7-14 приоритетных [1]. На основе результатов мониторинга должны приниматься решения в сфере водопользования и защиты водных объектов [10], в том числе выявление объектов, нуждающихся в проведении первоочередных водоохранных мероприятий, усилении экологического надзора.

Однако часто, из-за нехватки данных мониторинга, в том числе в связи с особенностями гидрологического режима малых рек, не удается определить класс качества воды притоков р. Черная, оценить состояние их экосистем и необходимые меры регулирования. Так, за последние шесть лет (2019 - 2024 гг.), годовой удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ [11]) и соответствующий класс качества вод для притоков р. Черная [5, 6, 7, 8, 9]:

- р. Арманка – не определен ни разу;
- р. Календа – определен 5 раз из 6 периодов наблюдений – в 2024 г.: 3А «загрязненная», 2023 г.: 3А «загрязненная», 2022 г.: 3Б «очень загрязненная», 2021 г.: 2 «слабо загрязненная», 2019 г.: 2 «слабо загрязненная»;
- р. Боса – не определен ни разу;
- р. Узунджа – определен 1 раз – в 2024 г.: 3А «загрязненная»;

– р. Бага Верхняя – не определен ни разу;
– р. Бага Нижняя – определен 4 раза из 6 периодов наблюдений – в 2024 г.: 3А «загрязненная», 2021 г.: 2 «слабо загрязненная», 2020 г.: 2 «слабо загрязненная», 2019 г.: 2 «слабо загрязненная»;
– р. Уркуста – определен 1 раз – в 2021 г.: 2 «слабо загрязненная»
– р. Уппа – определен 6 раз из 6 периодов наблюдений – в 2024 г.: 3А «загрязненная», 2023 г.: 3А «загрязненная», 2022 3Б «очень загрязненная», 2021 г.: 1 «условно чистая», 2020 г.: 2 «слабо загрязненная», 2019 г.: 2 «слабо загрязненная»;
– р. Ай-Тодорка – определен 1 раз – в 2024 г.: 3А «загрязненная»;
– р. Сухая Речка – не определен ни разу;
– р. Байдарка – определен 5 раз из 6 периодов наблюдений – в 2024 г.: 3А «загрязненная», 2023 г.: 3А «загрязненная», 2022 г.: 3Б «очень загрязненная», 2021 г.: 2 «слабо загрязненная», 2019 г.: 2 «слабо загрязненная».

Рис. 1. Карта-схема бассейна реки Черной

Представленные результаты показывают наметившуюся тенденцию снижения качества вод притоков р. Черная по гидрохимическим показателям с уровня 2, «слабо загрязненная», до уровня 3А, «загрязненная». В тоже время, определить класс качества вод притока по УКИЗВ удается в среднем только для 35 % периодов наблюдения.

В сложившихся условиях оправдано применение комплексного индикатора, отражающего степень загрязнения водного объекта по данным, полученным в период половодья. Одним из таких инструментов является показатель антропогенной нагрузки ($ПАН^{6}$), рекомендованный ГОСТ Р 59025-2020 и ГОСТ Р 58556-2019 [2, 3]. Результаты применения $ПАН^{6}$ для определения состояния экосистемы р. Боса по данным гидрохимического мониторинга во время весеннего половодья 2020 г. приведены в таблице 1.

На качество воды реки Боса существенно влияет отсутствие централизованной канализации в с. Родниковое, сток с водосборных площадей, используемых населением, и с застроенной территории.

Превышения рыбохозяйственных нормативов в рассматриваемый период были отмечены по показателям БПК5 – 1,9ПДК; фенолы – 5,0ПДК, медь – 2,8ПДК; железо общее – 12,5ПДК, также зарегистрировано повышенное содержание в воде взвешенных веществ. Установлен третий класс качества воды р. Боса, «умеренно загрязненная», что согласуется с оценкой класса качества вод по УКИЗВ, выполненной для других притоков р. Черная.

Таблица 1.

Аналиты-маркеры и результаты оценки качества воды р. Боса

Аналит-маркер	Фактическое значение в пробе, C_i,	Целевой показатель, $ЦП_i$	Расчётная формула $ПАН_i$	$ПАН_i$	$ПАН^б = \Sigma ПАН_i$	Класс качества воды
pH, ед.pH	7,5	6,5-8,5	$((0,15…0,12)C_i-1)$	0	19,95	III умеренно загрязненная, кризисность экосистемы: пороговое уязвимое состояние
Взвеш. вещества, мг/усл.дм^3	27	10	$(0,1C_i-1)$	1,7		
Сухой остаток, мг/усл.дм^3	223	1000	$(0,001C_i-1)$	0		
$БПК_5$, мгO_2/усл.дм^3	3,9	2	$(0,5C_i-1)$	0,95		
ХПК, мгO_2/усл.дм^3	8,5	15	$(0,07C_i-1)$	0		
Азот нитратов, мг/усл.дм^3	1,66*0,226	9,0	$(0,11C_i-1)$	0		
Азот нитритов, мг/усл.дм^3	0,02*0,304	0,02	$(50C_i-1)$	0		
Азот аммония, мг/усл.дм^3	<0,05*0,777	0,4	$(2,5C_i-1)$	0		
Фосфор фосфатов, мг/усл.дм^3	<0,05*0,326	0,2	$(5C_i-1)$	0		
Железо общее, мг/усл.дм^3	1,25	0,1	$(10C_i-1)$	11,5		
Марганец общий, мг/усл.дм^3	0,0032	0,01	$(100C_i-1)$	0		
Фенолы, мг/усл.дм^3	0,0050	0,001	$(1000C_i-1)$	4		
Медь, мг/усл.дм^3	0,0028	0,001	$(1000C_i-1)$	1,8		

Полученные результаты показывают необходимость проведения комплексных мероприятий по снижению антропогенной нагрузки на реку Боса. В числе таких мер – строительство сетей канализации и КНС, регулирование использования водосборной территории, повышение экологической культуры населения региона за счет информационно-просветительских кампаний, вовлечения общественности в мониторинг и охрану водных ресурсов.

Литература.

1. Азаренко Е.И., Осадчая Л.И. Приоритетные загрязнители и нормативы качества воды притоков реки Черной // Системы окружающей среды. 2022 № 4 (50). С. 104–111. DOI: 10.33075/2220-5861-2022-4-104-111
2. ГОСТ Р 58556-2019. Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций [Электронный ресурс]. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293727/4293727107.pdf (дата обращения:29.06.2025)
3. ГОСТ Р 59025-2020. Метод исследования качества поверхностных вод по аналитам-маркерам при регламентировании и нормировании антропогенной нагрузки [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200175596 (дата обращения:29.06.2025)
4. Государственный мониторинг водных объектов города Севастополя [Электронный ресурс]. – URL: https://spn.sev.gov.ru/ekologicheskoe-sostoyanie-sevastopolya/gosudarstvennyy-monitoring-vodnykh-obektov/?doc=191099 (дата обращения:29.06.2025).
5. Ежегодный государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2020 год. Часть 1 [Электронный ресурс]. – URL: https://sev.gov.ru/files/iblock/e15/Ezhegodnyi_-doklad-2020.docx (дата обращения: 09.06.2025)
6. Ежегодный государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды

города Севастополя за 2021 год. Часть 1 [Электронный ресурс]. – URL: https://sev.gov.ru/files/iblock/c8a/chast-1.pdf (дата обращения: 23.07.2025)
7. Ежегодный государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2022 год. Часть 1 [Электронный ресурс]. – URL: https://sev.gov.ru/files/iblock/928/EGD_chast-1.pdf (дата обращения: 23.07.2025)
8. Ежегодный государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2023 год. Часть 1 [Электронный ресурс]. – URL: https://sev.gov.ru/files/iblock/7f4/5grxqz971z0dt29ytoor3qnil1luulbs/Itogovyy-dokument-Ezhegodnyy_doklad_2023_chasti_1_-2.pdf (дата обращения: 27.05.2025)
9. Ежегодный государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2024 год. Часть 1 [Электронный ресурс]. – URL: https://sev.gov.ru/files/iblock/852/mg7ykop5avvwunf96wtn3jht98mbmndh/doklad_2024-chast-1_3.pdf (дата обращения: 21.06.2025)
10. Осадчая, Л. И. Особенности разработки нормативов допустимого воздействия на малые реки Севастопольского региона / Л. И. Осадчая, Е. И. Азаренко, Л. А. Ничкова // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2024. – Т. 47. – С. 43-56. – DOI 10.26516/2073-3402.2024.47.43. – EDN ORTOBY.
11. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям [Электронный ресурс]. – URL: https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293831/4293831806.htm (дата обращения: 24.07.2025)

HYDROCHEMICAL MONITORING AND DETERMINATION OF THE BOSA RIVER WATER QUALITY CLASS

Azarenko E.I., Osadchaya L.I., Ivanchenko T.A., Tokarev M.A., Skvortsova D.M.
Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
e-mail:e.i.azarenko@yandex.ru, lila1809@mail.ru, tanusaivancenko170@gmail.com, maxtokarev10@mail.ru, krasnaiamakovka@gmail.com

Abstract. The informative value of hydrochemical monitoring of intermittent small rivers of the Sevastopol region is assessed within the framework of the Territorial System of Observations of the State and Pollution of Surface Water Bodies of the City of Sevastopol for decision-making in the sphere of water use and protection of water bodies, including identification of objects requiring priority water protection measures. It is proposed to use the anthropogenic load indicator to determine the water quality class of intermittent small rivers. The water quality class and the state of the Bosa River ecosystem are determined. Measures to reduce the pollution level are recommended.

Key words: Water quality class, hydrochemical monitoring, small rivers, Sevastopol region, anthropogenic load indicator, protection of water bodies.

УДК 622.822.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ УГЛЕПОРОДНОЙ НАСЫПИ В УСЛОВИЯХ ЕЕ ПРОГРЕВАНИЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ОХЛАЖДЕНИЯ

О.А. Гузеев, А.А. Подрухин, А.В. Глотов
ФГБНУ «Институт физики горных процессов», г. Донецк, Россия
e-mail: alex-1981p@mail.ru

Аннотация. Для снижения негативного воздействия углепородных отвалов на окружающую среду и рационального использования складированных отходов угледобычи необходимо разработать технологию извлечения отвального тепла. Для обоснования параметров такой технологии создана лабораторная установка для исследования динамики температурного поля модельной углепородной насыпи в условиях ее прогрева внутренним и внешним источниками тепловыделения и последующего естественного остывания или

принудительного охлаждения посредством теплоуловителя. Проведенные лабораторные исследования наглядно показали, что скорость принудительного охлаждения прогретой насыпи существенно выше скорости ее естественного остывания. Причем скорости естественного остывания и принудительного охлаждения прогретой углепородной насыпи практически не зависят от средней ее температуры. Вместе с тем, установлено, что процесс естественного остывания или принудительного охлаждения насыпи начинается не в момент одновременного отключения источников тепловыделения и подачи холодной воды в теплоуловитель, а в момент, когда интенсивность отвода тепла от прогретой насыпи будет выше интенсивности остаточного прогревания насыпи отключенными источниками тепловыделения.

Ключевые слова: углепородная насыпь, источники тепловыделения, прогревание, теплоуловитель, отведение тепла

В Донбассе сформированы сотни углепородных отвалов, треть из которых склонны к самонагреванию и последующему самовозгоранию. В результате горения таких отвалов происходит теплохимическое загрязнение атмосферного воздуха. В частности, горящий отвал способен ежегодно выделять в атмосферу десятки тонн различных газообразных веществ. В составе газовых выделений отвала могут присутствовать соединения кадмия, фосфора, мышьяка и других токсичных элементов [1].

С целью снижения негативного воздействия углепородных отвалов на экологию региона и рационального использования отходов угледобычи необходимо разработать технологию извлечения отвального тепла. Для обоснования параметров данной технологии изготовлена лабораторная установка [2] для исследования динамики температурного поля модельной углепородной насыпи в условиях ее прогрева внутренним и внешним источниками тепловыделения и последующего охлаждения с помощью теплоуловителя с циркулирующим теплоносителем (холодной водой). Упрощенная схема данной установки приведена на рис. 1.

При формировании насыпи *1* углепородный материал крупной фракции (>25 мм) размещается в ее нижней части, а материал средней (6÷25 мм) и мелкой (<6 мм) фракций – в ее срединной и верхней частях, соответственно. В качестве углепородного материала использовался углистый аргиллит, отобранный из складированных углеотходов Донбасса. Диаметр основания сформированной насыпи *1* составлял 500 мм, а ее высота – 235 мм [2].

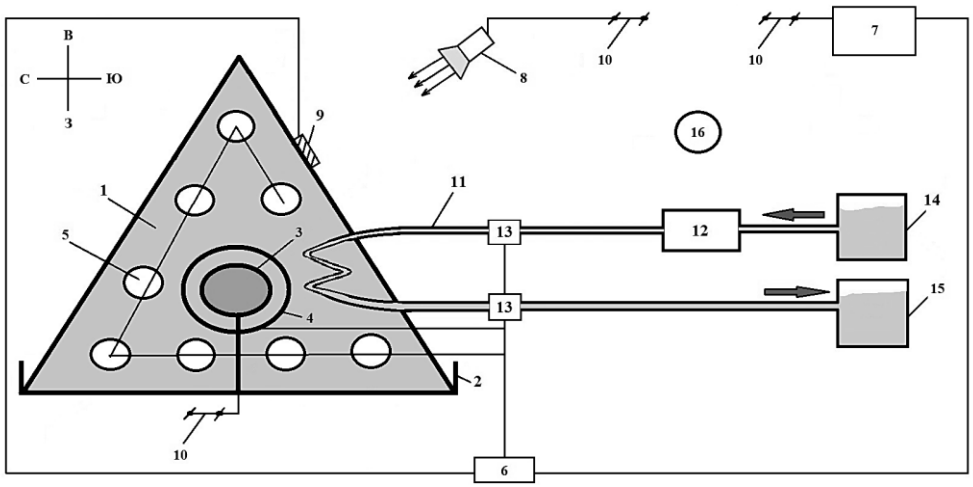


Рис. 1 – Упрощенная схема установки для исследования динамики температурного поля углепородной насыпи в условиях ее прогревания и последующего охлаждения

Установка состоит из конусообразной насыпи *1*, выполненной из углепородного отвального материала, поддона *2*, спирали нагрева (внутреннего источника тепловыделения) *3*, датчика температуры спирали *4*, набора датчиков температуры насыпи *5*, блока управления *6*, персонального компьютера *7*, инфракрасной лампы (внешнего источника тепловыделения) *8*, датчика светового потока *9*, источника тока (220 В) *10*, W-образного охлаждающего устройства (теплоуловителя) *11* (длиной – 830 мм), регулятора скорости подачи воды *12*, датчиков температуры воды *13*, емкостей для холодной *14* и нагретой *15* воды, термометра *16*.

При формировании насыпи *1* углепородный материал крупной фракции (>25 мм) размещается в ее нижней части, а материал средней (6÷25 мм) и мелкой (<6 мм) фракций – в ее срединной и верхней частях, соответственно. В качестве углепородного материала использовался углистый аргиллит, отобранный из складированных углеотходов Донбасса. Диаметр основания сформированной насыпи *1* составлял 500 мм, а ее высота – 235 мм [2].

Спираль *3* (имитатор очага самонагревания), мощность которой регулируется от 75 до 150 Вт, размещена по оси симметрии конуса насыпи *1*, а инфракрасная лампа *8* (имитатор солнечного излучения) установлена с южной стороны насыпи *1*. Мощность светового потока от лампы *8,* падающего на южный откос насыпи *1*, составляет 1400 Вт/м^2.

Для оценки динамики температурного поля модельной углепородной насыпи авторами проведены исследования влияния охлаждающего устройства *11* на изменение теплового состояния прогретой насыпи *1*. Лабораторные исследования выполнялись в два этапа. На первом этапе выполнялось сочетанное прогревание насыпи *1* спиралью *3* и лампой *8* в течение 90 минут. На втором этапе после отключения источников тепловыделения в теплоуловитель *11* подавалась холодная вода со скоростью 0,1 л/мин также в течение 90 минут. Средняя температура в помещении, где проводились исследования, составляла 21.5°С. Средняя температура воды, подаваемой в охлаждающее устройство *11*, составляла 12°С.

Экспериментальное прогревание и последующее охлаждение насыпи *1* осуществлялось четырьмя различными способами. Первый способ отличался тем, что после прогревания спиралью *3* мощностью 75 Вт и лампой *8* насыпи *1* осуществлялось естественное ее остывание (без использования теплоуловителя *11*). Второй способ заключался в прогревании спиралью *3* мощностью 75 Вт и лампой *8* насыпи *1* и последующем принудительном охлаждении ее посредством теплоуловителя *11*, в котором циркулировала холодная вода с заданной скоростью. Третий способ включал в себя прогревание спиралью *3* мощностью 150 Вт и лампой *8* насыпи *1*, а также последующее ее естественное остывание. В ходе реализации четвертого способа выполнялось прогревание спиралью *3* мощностью 150 Вт лампой *8* насыпи *1*, а также ее последующее принудительное охлаждение посредством теплоуловителя *11* с холодной водой, циркулирующей с заданной скоростью.

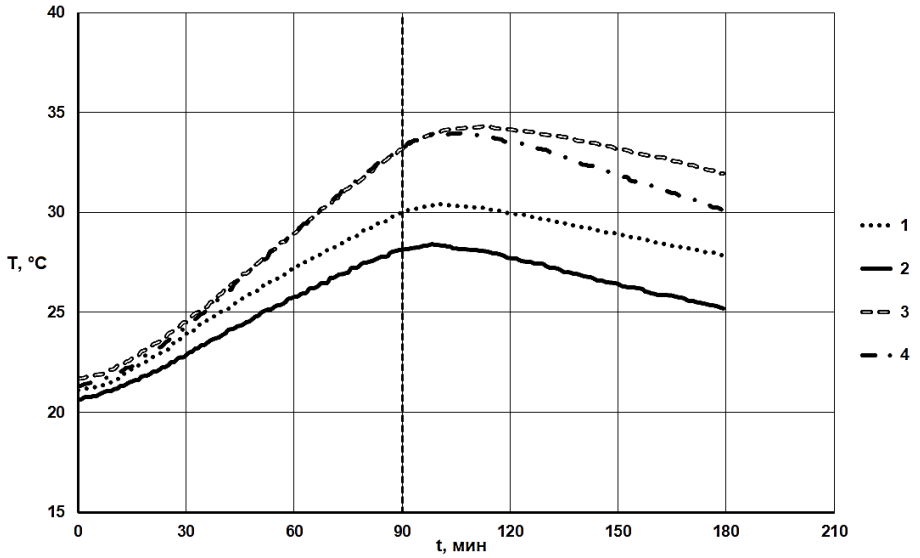


Рис. 2 – Изменения средней температуры углепородной насыпи в условиях сочетанного ее прогревания внутренним и внешним источниками тепловыделения и последующего естественного остывания или принудительного охлаждения с помощью теплоуловителя за заданный период измерений: *1, 2, 3, 4* – первый, второй, третий и четвертый способы прогревания и охлаждения углепородной насыпи

На рисунке 2 представлены графики изменения средней температуры углепородной насыпи T, °C в условиях сочетанного ее прогревания внутренним и внешним источниками тепловыделения и последующего естественного остывания или охлаждения с помощью теплоуловителя за заданный период измерений t, мин.

Установлено, что при сочетанном прогревании спиралью мощностью 75 Вт и инфракрасной лампой средняя температура углепородной насыпи увеличилась за заданный период с 21-22°C до 28-30°C. При сочетанном прогревании спиралью мощностью 150 Вт и инфракрасной лампой зафиксирован рост средней температуры углепородной насыпи с 21-22°C до 33°C за заданный период. После отключения источников тепловыделения в течение 10-20 минут (в зависимости от способа прогревания) зафиксирован процесс дальнейшего прогревания углепородной насыпи.

Кроме того установлено, что использование теплоуловителя с циркулирующим теплоносителем (холодной водой, заданной температуры) позволяет снизить среднюю температуру модельной углепородной насыпи в среднем на 2-3°C за заданный период принудительного охлаждения и соответственно повысить температуру теплоносителя. Отметим, скорости естественного остывания и принудительного охлаждения прогретой углепородной насыпи практически не зависят от средней ее температуры.

Проведенные лабораторные исследования наглядно показали, что скорость принудительного охлаждения прогретой насыпи существенно выше скорости ее естественного остывания. Установлено, что процесс естественного остывания или принудительного охлаждения насыпи начинается не в момент одновременного отключения источников тепловыделения и подачи холодной воды в теплоуловитель, а в момент, когда интенсивность отвода тепла от прогретой насыпи будет выше интенсивности остаточного прогревания насыпи отключенными источниками тепловыделения.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния геометрии (конфигурации и длины профиля) теплоуловителя и скорости подачи холодной воды в такое технологическое устройство на динамику изменения теплового состояния углепородной насыпи. Результаты лабораторных исследований будут использоваться в ходе подготовки обоснования параметров технологии извлечения тепла самонагревающихся углепородных отвалов Донбасса.

Литература.

1. Девятова А.Ю. Газофазные выбросы в атмосферу при горении угля // Изв. вузов. Горн. журн. – 2013. – № 5. – С. 29–34.

2. Гузеев О.А., Борисенко Э.В., Подрухин А.А., Глотов А.В., Бударецкий С.И. Оценка влияния охлаждающего устройства на изменения теплового состояния прогретой углепородной насыпи. / Проблемы техносферной безопасности. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов I Научно-практической конференции с международным участием, 28–29 мая 2025 года. – Донецк: ФГКУ «НИИ «Респиратор» МЧС России». – 2025. – С. 38-40.

STUDY OF THE DYNAMICS OF THE TEMPERATURE FIELD OF THE COAL-ROCK EMBANKMENT IN CONDITIONS OF ITS HEATING AND SUBSEQUENT COOLING

Guzeev O.A., Podrukhin A.A., Glotov A.V.,
Institute of physics of mining processes, *Donetsk, 283048, Russia*
e-mail:alex-1981p@mail.ru

Abstract. To reduce the negative impact of coal-rock dumps on the environment and the rational use of stored coal mining waste, it is necessary to develop a technology for the extraction of heat of dumps. To justify the parameters of this technology, a laboratory installation has been created to study the dynamics of the temperature field of a model coal-rock embankment under conditions of

its heating by internal and external sources of heat release and subsequent natural cooling or forced cooling by means of a heat trap. Laboratory studies have clearly shown that the rate of forced cooling of the heated embankment is significantly higher than the rate of its natural cooling. Moreover, the rates of natural cooling and forced cooling of the warmed coal-rock embankment practically do not depend on its average temperature. At the same time, it was established that the process of natural cooling or forced cooling of the embankment begins not at the time of simultaneous shutdown of heat generation sources and cold-water supply to the heat trap, but at the time when the intensity of heat removal from the warmed embankment will be higher than the intensity of residual heating of the embankment by disconnected heat generation sources.

Key words: coal embankment, heat sources, heating, heat trap, heat removal

УДК 574:502/504:622.5

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ ДОНБАССА

Н. Н. Грищенков

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, ДНР, Россия

e-mail: gringm104@gmail.com, gringm@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается ряд серьёзных экологических проблем Донбасса, вызванных значительной техногенной нагрузкой на окружающую природную среду вследствие многолетней добычи угля. Эти проблемы возникли во всех средах: на земле и в горном массиве, в гидрогеологии и гидрологии всех водных бассейнов региона, в воздушной среде в районах угледобычи. Предложен комплексный экологический мониторинг и приведен перечень крупных инженерных задач, необходимых для их решения.

Ключевые слова: экологические проблемы, очистные работы, подработка земной поверхности, защита зданий и сооружений, затопление закрывающихся шахт, гидрогеологические проблемы, пылегазовое загрязнение атмосферы.

Введение. Донбасс, в особенности его угледобывающие районы, характеризуется плотной жилой застройкой, высокой насыщенностью промышленными предприятиями и объектами социальной и производственной инфраструктуры. Эти же районы имеют наибольшую плотность населения, что само по себе несёт известные экологические риски из-за большой техногенной нагрузки на данные территории.

За весь период развития Донбасса из недр было извлечено около 11,5 млрд. тонн угля, в результате чего земная поверхность была подработана на площади свыше 8 тыс. кв. км с оседанием в среднем на 1,5-2,0 м, а местами – до 9,5-10.0 м. В результате подработки был нанесен ущерб техническому состоянию зданий и сооружений на этой территории.

Длительный период добычи угля привёл к значительным изменениям окружающей среды всего Донбасса: на земле и в горном массиве, в гидрогеологии и гидрологии всех водных бассейнов региона, в воздушной среде в районах угледобычи. Во-первых, в результате выемки угольных пластов увеличилась трещиноватость и уменьшилась прочность горных пород; в массиве остались значительные пустоты от очистных, капитальных и подготовительных выработок, произошли значительные оседания и деформации земной поверхности. В результате подработки здания и сооружения подверглись негативным воздействиям, в том числе многократным подработкам, что во многих случаях резко ухудшило их техническое состояние вплоть до их полного разрушения.

Ещё одной проблемой стала опасность провалов земной поверхности над старыми выработками близкими к поверхности (засыпанные вертикальные и наклонные стволы, шурфы и др.). К 1940 году в Донбассе работало свыше 200 мелких наклонных шахт. В

послевоенные для быстрого получения угля в бассейне было заложено свыше 600 мелких наклонных шахт с горными работами на малых глубинах. Все они к концу 20-го века отработали свои запасы, были закрыты, а стволы и шурфы были засыпаны. Однако процессы сдвижения земной поверхности, вызванные горными работами более глубоких шахт, построенных позднее (в 1950-60-е годы), создали предпосылки для возникновения возможных провалов.

Во-вторых, вследствие появления значительных зон обрушений и разломов над выработанным пространством очистных выработок, погашенными подготовительными выработками и увеличением трещиноватости подработанного горного массива произошли серьёзные изменения в гидрогеологической обстановке, в гидродинамической структуре подземных вод. Во вмещающей толще горных пород образовались локальные и общие депрессионные воронки. Сейчас уже мало кто знает, что Кальмиус был судоходной рекой до самого Азовского моря, а в центре города Донецк находилась пристань для отправки грузовых барж в Мариупольский порт. Депрессионные воронки, образованные работой водоотливов многих юзовских шахт (1200 шахт к 1917 г.) кардинально изменили гидрологию бассейна. В результате изменения гидрогеологического баланса возникает реальная угроза безопасности соседним работающим шахтам, подтопления и затопления застроенных территорий и сельскохозяйственных земель, изменения химического состава подземных и поверхностных вод.

Реструктуризация угольной промышленности, приведшая уже в этом веке к закрытию многих шахт, добавила новые проблемы. Ликвидация депрессионных воронок вследствие прекращения работы шахтных водоотливов привела к последовательной затоплению старых горных выработок и вызванной этим повторной активизации процессов сдвижения земной поверхности, что вновь негативно подействовало на техническое состояние зданий и сооружений и потребовало строительства новых водоотливных комплексов.

Особое место занимает проблема технического состояния всевозможных хранилищ отходов многочисленных заводов металлургического, химического и др. производств. Под влиянием негативных процессов, вызванных изменением гидрогеологического режима подземных вод при ликвидации угольных предприятий, возникает опасность утечки вредных веществ, химического и радиологического загрязнения грунтов и вод.

Донбасс расположен в маловодной местности, и проблема снабжения водой мощной промышленности существовала давно. В Советском Союзе эта проблема была в значительной степени решена прокладкой каналов Северский Донец – Донбасс и Днепр – Донбасс. Военные действия, ведущиеся в Донбассе с 2014 года, а особенно в последние четыре года, обострили проблему водоснабжения Донбасса до предела, воды не хватает ни населению, ни промышленным предприятиям. Решение этой острой проблемы возможно только на комплексной основе, в т. ч. с использованием новых водных источников, водоносных горизонтов и современных систем водосбережения и водоочистки.

В-третьих, техногенное загрязнение воздушной среды является серьёзной экологической проблемой Донбасса. Имеет место выход шахтных газов на земную поверхность через шурфы и вентиляционные сбойки и их проникновение в здания и сооружения. При закрытии шахт выход шахтных газов существенно увеличивается из-за прекращения проветривания горных выработок и их затопления подземными водами.

Большое количество терриконов и породных отвалов оказывает негативное влияние на окружающую среду. Основными факторами этого влияния является пылегазовое загрязнение атмосферы, особенно при горении углистых сланцев в породных отвалах, выделяющих большое количество сернистых газов.

Выводы. Сложившиеся за десятилетия условия эксплуатации шахт обусловили значительную техногенную нагрузку на окружающую природную среду в угледобывающих регионах. Массовое закрытие шахт приводит к возникновению комплекса явлений и процессов, оказывающих резко негативное влияние. Эти явления и их последствия в настоящее время являются малоизученными, трудно прогнозируемыми и малоуправляемыми.

Поэтому комплекс мер по изучению, прогнозу и предупреждению неблагоприятных изменений состояния окружающей среды должен быть постоянным и системным.

Основой для принятия эффективных и своевременных решений является комплексный мониторинг.

Основные компоненты мониторинга следующие.

- Непрерывный контроль уровня и качественного состава подземных вод.
- Постоянный контроль состояния газовой обстановки в зонах опасных по выделению газов.
- Геомеханический прогноз и инструментальные наблюдения деформаций земной поверхности и горного массива как в процессе добычи угля, так и при затоплении горных выработок закрывающихся угольных шахт.
- Непрерывное формирование и пополнение базы данных технического состояния зданий и сооружений на подрабатываемых территориях, анализ динамики этого состояния.
- Непрерывный контроль состояния хранилищ отходов заводов металлургического, химического и др. производств на предмет возможной утечки вредных веществ, химического и радиологического загрязнения грунтов и вод и совершенствование мер по их предотвращению.

Параллельно с организацией комплексного мониторинга необходимо решить крупные инженерные задачи.

- Создать карты территорий, подработанных старыми горными выработками с выявлением сохранившихся пустот и опасных зон [1].
- Разработать прогноз развития возможных опасных деформаций и провалов на таких территориях и мероприятия по их предотвращению [2].
- На базе массового обследования зданий, сооружений и коммуникаций в зонах влияния горных работ разработать базы данных о фактическом состоянии существующей застройки в каждом населённом пункте на подрабатываемых территориях [2,3].
- С целью обеспечения экологической безопасности городов Донецкой области разработать комплекс технических мер по устранению и предотвращению негативных последствий горных работ на здания, сооружения, коммуникации и земную поверхность [2,3].
- Выполнить гидрогеомеханические прогнозы с определением потенциально опасных зон возможной активизации деформаций земной поверхности от затопления горных выработок [4,5].
- Определение и расчет безопасного уровня затопления горных выработок ликвидируемых шахт для сохранности и обеспечения безопасной эксплуатации объектов поверхности [6].
- Выполнить прогноз стабилизации уровней затопления горных выработок и возможного их изменения, а также изменения показателей минерализации подземных и грунтовых вод [6].
- Разработать технические решения по управлению процессами затопления горных выработок путем создания оптимальной системы откачек воды с использованием погружных насосов при одновременном обеспечении долговременной устойчивости шахтных стволов, через которые эта откачка осуществляется.
- Разработать мероприятия по снижению влияния техногенных факторов при частичном и полном затоплении горнодобывающих предприятий.
- Провести районирование зданий и сооружений, потенциально подверженных загазированию, по мере подъёма уровня шахтных вод.
- Установить зоны распространения геохимических аномалий воздействия промышленных объектов на окружающую среду.

- Разработать программу эффективного использования породных отвалов как техногенных месторождений полезных ископаемых, использования тепла горящих породных отвалов, метана угольных месторождений и т.п.

Основная часть исследований по данной тематике проводилась в ФГБНУ «РАНИМИ» в рамках государственного задания (№ FRSR-2023-0002).

Литература.

1. Grishenkov, N.N. The improved method for digital elevation modelling undermined territories of Donbass on satellite images [Text] / N.N. Grishenkov, R.A. Kovnir / Topical Issues of Rational Use of Natural Resources, Taylor & Francis Group. - London, 2019. - С. 72-80.
2. Грищенков, Н.Н. Анализ деформированного состояния и меры защиты подработанных зданий города Донецка, расположенных на склонах мезорельефа [Текст] / Н.Н. Грищенков, Л. А. Иванова, Т. И. Рахманова, Е. Т. Сушко / Труды РАНИМИ: сб. науч. тр. – Донецк, 2021. – №12-13 (27-28).– С. 126-141.
3. Голубев, Ф.М. Особенности параметров сдвижения многократно подработанной очистными выработками земной поверхности при ликвидации угледобывающих предприятий [Текст] / Ф.М. Голубев // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2020. – № 4 (73). С. 62-69.
4. КД 12.12.004-98 Ликвидация угольных шахт. Защита земной поверхности от затопления горных выработок. Рекомендации: МУП Украины – Донецк. – 1998. – 46 с.
5. Грищенков, Н.Н. Определение предельно допустимой глубины затопления горных выработок ликвидируемых шахт Центрального района Донбасса [Текст] / Н. Н. Грищенков, Л. А. Иванова, Т. И. Рахманова, В. П. Сажнев, Е. Т. Сушко, Е. А. Бардакова / Труды РАНИМИ, сб. науч. тр. – Донецк, 2022. – № 18-19 (33 34). С. 94-106.
6. Определение безопасного уровня затопления ликвидированных угольных шахт с учетом фактического состояния объектов поверхности / Н.Н. Грищенков, Ф.М. Голубев // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук, Том 10, №3. – Новосибирск, 2023. С. 36-41

ENVIRONMENTAL AND TECHNOGENIC PROBLEMS OF MINING REGIONS IN DONBASS

N.N. Grishchenkov

Federal state budgetary scientific institution «Republican academic research and design institute of mining geology, geomechanics, geophysics, and mine surveying», Donetsk, DPR, Russia

e-mail: gringm104@gmail.com, gringm@gmail.com

Abstract. The article discusses a number of serious environmental problems in Donbass caused by significant technological stress on the environment due to long-term coal mining. These problems have arisen in all environments: on the earth’s surface and in the rock mass, in hydrogeology and hydrology of all water basins of the region, in the air environment in coal mining areas. A comprehensive environmental monitoring is proposed and a list of major engineering tasks necessary to solve them is provided.

Keywords: environmental problems, cleaning works, undermining the earth's surface, protection of buildings and structures, flooding of closing mines, hydrogeological problems, dust and gas pollution of the atmosphere.

УДК 614.841.41.

ПРИНЦИП ПОДСЛОЙНОГО ТУШЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Н.Н. Кузнецова, А.А.Мбейанджe
ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия
e-mail:Slavna.1@ya.ru

Аннотация. В статье рассматриваются прогрессивные подслойные методы тушения возгораний резрвуаров хранения нефтепродуктов и пути реализации. Их плюсы и минусы. Повышение огнетушащей эффективности таких способов.

Ключевые слова: резевуар, нефтепродукт, подслойный способ тушения, огнетушащая способность, пленкооразующи вещества, пожаротушение.

На окружающую нас среду существенное и часто невосполнимо губительное воздействие оказывает нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность. Это происходит как при начале добычи - бурения поисковых скважин, исследуяя возможные залежи нефти, до выброса вредных газов автомобильным танспортом. Поэтому в данных отраслях необходимо использовать самые современные технологии, позволяющие минимизировать экологические риски.

Толстый слой нефтепродуктов на водной поверхности является безусловно огнеопасным. Известны многочисленные случаи возгорания прудов отстойников на нефтеперерабатывающих заводах с соответствующими негативными последствиями на окржающую среду.

Нефть и нефтепродукты часто концентрируют в специализированных резервуарных площадях. Резервуар - это емкость, где хранятся нефтепродукты. Резервуары вертикальные используют для залива, накопления, хранения материалов, прежде всего нефтепродуктов и воды.

Одними из мест повышенной угрозы возгорания являются места хранения в резервуарах нефтесодержащих продуктов. Увеличение объема добычи и переработки нефти требует также и расширения площадей резервуарных парков. В связи с этим на данных объектах пожарная опасность превышена, так как на сравнительно небольших площадях сосредотачивается до сотни тысяч тонн пожароопасных веществ. В таких резервуарных парках, несмотря на все противопожарные меры, происходят пожары как в России, так и за рубежом. К примеру, в России на площадях таких парков хранения нефтепродуктов 5-7 раз ежегодно возникают пожары. Проблема пожарной защиты этих специфических объектов требует постоянного усовершенствования. Основная причина воспламенения в таких местах – человеческая халатность. Несмотря на строгое соблюдение регламентов, возгорания случаются. Для минимизации возможного возгорания в таких местах необходимо принятие специальных мер безопасности.

Вскипание и выброс пламени на пожарах в резервуарных парках представляют серьезную опасность для личного состава и техники, увеличивают размеры пожара, изменяют характер горения, вызывают необходимость перегруппировки сил и средств, введения резерва, изменения плана тушения и т.п. Ситуация при тушении горящих нейтепродуктов наиболее опасна и сложна тем, что носит затяжной характер и может продлиться несколько дней [1].

Особенности тушения пожаров на таких предприятиях связаны с необходимостью при снижении уровня кислорода производить снижение концентрации паров. Существует два основных наработанных пути доставки пены – через нижние слои и через поверхность. Свод правил СП 21-104-98 регламентирует нормативы по проектированию защиты резервуарных парков.

Подслойный способ тушения заключается в изоляционной самозатягивающейся пленке, образующейся на поверхности продуктов горения. Она отличается способностью к снижению температуры, блокировке доступа кислорода и тем самым предотвращеию

возгорания. Пена в этом случае используется низкой кратности, на основе составов с фтором, пенообразователи образуют пленку. толщиной 5-10 см, способная сохраняться в течение нескольких часов [2]. Она напрямую останавливает доступ кислорода, что дает возможность понизить температуру жидкости (Рис.1). Такой метод пожаротушения эффективен при тушении горючих жидкостей также и на твердых поверхностях.

Система подслойного тушения работает по принципу подачи пены снизу резервуара. Здесь необходимы для работы пеногенераторы, которые направляют фторсодержащие, пленкообразующие вещества под высоким давлением. Алгоритм процесса подслойного пожаротушения можно описать следующими этапами:

- Внизу, на дне емкости, установлены трубы. Это пенопроводы, по ним поступает пена. Пена для тушения пожара попадает в резервуар через внутренние насадки.
- Воспламенение приводит к повышению температуры верхнего слоя резервуара. Ее значение приближается к температуре кипения. Нижние же пласты нагреваются намного медленнее. Пена «поднимается» на горящую поверхность вещества, формируя некий заградительный слой. Тмпература начинает падать через две минуты после закачки пены в емкость, также снижается и интенсивность огня.

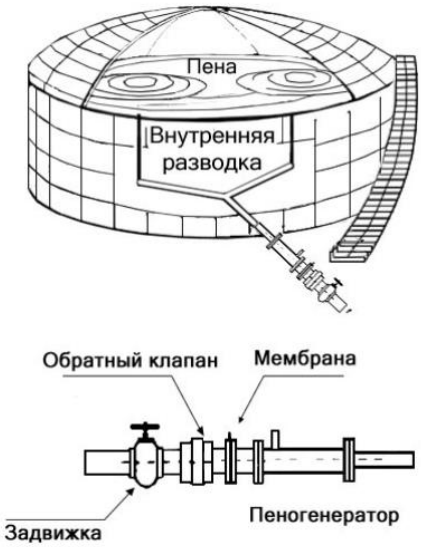


Рис. 1. – Принцип организации процесса подслойного тушения резервуара

- Равномерно распределенный слой пены предохраняет от возможности вторичного воспламенения в ближайшие несколько часов.

Преимуществами подслойного тушения можно выделить:.

- надежность и высокая скорость ликвидации горения ЛВЖ в емкостях;
- понижение риска взрыва паровоздушной смеси;
- утрачивание необходимости подрыва крышки резервуара.

В сравнении с поверхностным методом ликвидации возгорания мест с емкостями, заполненными нефтепродуктами, подслойный метод имеет определенные преимущества.

Во-первых, возможность автоматического начала тушения; в случае взрывов смесей для всех пеновводов и пеногенераторов обеспечена защита от повреждений.

Во-вторых, при таком способе тушения значительно снижена угроза повреждения оборудования или травмирования людей во время выхода горящих нефтепродуктов при закипании. Так как техника и персонал находятся за пределом обвалования.

Известны также несколько способов подслойного тушения пожаров в хранилищах нефтепродуктов.

Так, первый способ этого вида пожаротушения в емкостях предусматривает подачу пены снизу резервуара, но для того, чтобы не происходил контакт пены и кипящей жидкостью,

пену распределяют через специальный мешок (рукав), который периодически отходит и всплывает вверх над поверхностью горящего нефтепродукта (рис.2). Однако, этот способ имеет недостаток: мешок недостаточно эластичен, он в итоге разрывается и не всплывает на поверхность, и пена от этого смешивается с нефтепродуктом, следовательно, эффективность ослабевает [2].

При другом способе организуется распределение в нижнюю часть резервуара жидкого хладагента (диоксида углерода, или азота, или смеси инертных газов) вместе с нефтепродуктом через установленные на дне резервуара форсунки.

Однако, данный способ имеет также существенный недостаток. В этом случае имеет эффект для емкостей диаметром до 3 м. При больших диаметрах эффект значительно ослабевает. В таких резервуарах горючее выходит в виде дисперсии, поэтому происходит такой момент, кога пламя вздымается вплоть над резервуаром, но пожар продолжается.

Существует также третий способ, когда в резервуар подают раствор пенообразователя и воздух раздельно, причем раствор распыляют на струи воздуха, которые формируются в насадках. Одновременно с подачей газа подается распыленный пенообразующий раствор. В таком процессе получается высокой устойчивости пена, когда стекающая в межпузырьковых пленках жидкость попадает в поднимающиеся на поверхность пузырьки газа. Таким образом, обеспечивается постоянная возобновляемость пены, обладающей высокой однородностью геометрических характеристик, за счет постоянного размера пузырей. Следовательно, в этом способе-устройстве основным огнетушащим средством является пена, получаемая в процессе барботирования воздуха через слой углеводорода.

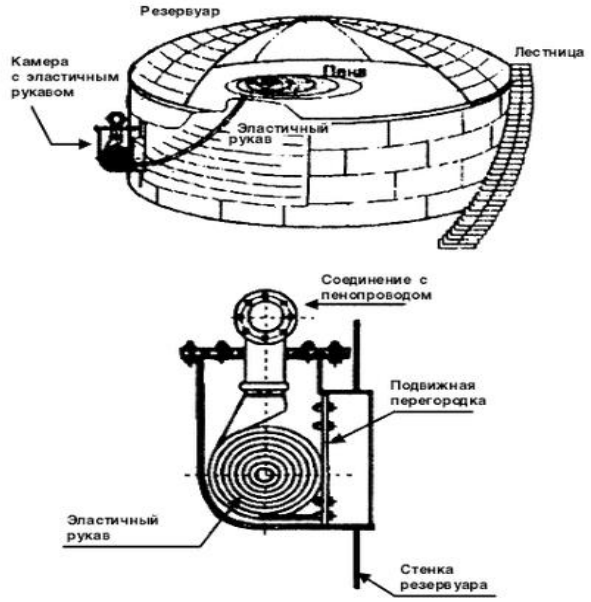


Рис. 2. – Стационарная установка пожаротушения для подачи пены в основание резервуара через эластичный рукав на поверхность горючего

Однако, и данный способ имеет существенный недостаток –низкую огнетушащую способность за счет недостаточной скорости образования пены. Увеличить ее возможно, но снова происходит эффективное тушение лишь в резервуарах малого диаметра, не более 3 м [3]. Для повышения огнетушащей эффективности, что определяется временем тушения пламени, рассматривается способ, когда процесс образования пены удваивается, расщепляется на две стадии. Первая стадия - образование пены на дне резервуара и вторая - пенообразование после подъема пены, когда происходит воздействие теплового потока от факела пламени и соприкосновение с разогретой металлической стенкой резервуара.

Таким образом, обеспечение надежной пожарной безопасности вертикальных стальных резервуаров на нефтеперерабатывающих предприятиях пока остается и сегодня главной задачей для усовершенствования. Только доработка уже действующей системы подслойного

тушения пожаров сможет решить все перечисленные выше проблемы и сделать производственные объекты значительно безопаснее.

Другой метод подслойного тушения – использование инертных газов. Это вещества, которые поглощают и отдают значительное количество тепла, затрудняют доступ кислорода и образуют смесь с горящим газом или паром, тем самым прекращая горение. Часто применяют агенты на основе азота или углекислого газа. Их подача осуществляется через специальные распределители, которые образуют защитный слой на поверхности горящих материалов.

Литература.

1. Сучков В.П. Актуальные проблемы обеспечения устойчивости к возникновению и развитию пожара технологий хранения нефти и нефтепродуктов. Тематический обзор. М.: ЦНИИТэнефтехим,1995.68 с.
2. Шароварников А.Ф., Молчанов В.П., Воевода С.С., Шароварников С.А. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. Москва, 2007. 380 с.
3. Стрелкова Е.В., Боякова Е.Н., Потеряев Ю.К. Определение возможных причин и факторов, способствующих возникновению и развитию аварии на нефтеперерабатывающем промышленном объекте // Экология энергетика экономика (вып.X), Безопасность в чрезвычайных ситуациях. СПб.: Изд-во Менделеев, 2006. 244 с.

THE PRINCIPLE OF SUBLAYER EXTINGUISHING OF OIL PRODUCT RESERVOIRS

Kuznetsova N.N., Mbeyanje A.A. Slavna.1@ya.ru
VUNC Air Force "Military Air Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", Voronezh, Russia

Abstract. The article discusses progressive sublayer methods of extinguishing fires in petroleum products storage tanks and ways of implementation. Their pros and cons. Increasing the fire extinguishing efficiency of such methods.

Keywords: resevoir, petroleum product, sublayer extinguishing method, fire extinguishing ability, film-forming substances, fire extinguishing.

УДК 614.849

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОГНЕВЫХ РАБОТ

В. А. Матвеев[1], Л. А. Ничкова[2]
ФГБОУ ВО «Севастопольский Государственный Университет», г. Севастополь, Россия
e-mail: matveev.vladimir0@mail.ru[1], nichkova@mail.sevsu.ru[2]

Аннотация. В статье проведен анализ основных причин происшествий на строительных площадках страны. Рассмотрены актуальные вопросы обеспечения пожарной безопасности на объектах культурного наследия при проведении огневых работ. На примере здания панорамы «Оборона Севастополя 1854–1855 гг.» анализируются риски и предлагаются методы минимизации угроз возникновения пожаров при проведении работ по сохранению и приспособлению объекта культурного наследия к современному использованию. Особое внимание уделено организации временных конструкций и применению технологий для защиты музейных экспонатов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, объекты культурного наследия, пожары, опасные факторы пожаров

Строительная отрасль является одной из стабильно развивающихся для города Севастополя. Так, согласно официальной статистике, за 10 лет в Севастополе было построено и реконструировано 153 объекта, в том числе 30 объектов образования, 65 спортивных

объектов и 38 медицинских. В то же время вопрос обеспечения безопасности при выполнении строительных работ является актуальным. В настоящее время в качестве основных происшествий на строительных площадках выделяют следующие риски: работы на высоте, на которые приходится большинство несчастных случаев; работы с движущимися машинами и механизмами, перемещения грузов; работы с электрооборудованием, выполнение огневых работ. Так в 2023 г. на стройке в г. Севастополе произошел пожар с летальным исходом, приведший к гибели 7 человек. Всего за 2024 г. на территории РФ было зарегистрировано 1938 пожаров на строящихся и реконструируемых объектах. В качестве основных причин выделяют следующие: нарушение правил эксплуатации электрооборудования, неосторожное обращение с огнем, нарушение хранения и транспортировки горючих веществ, игнорирование мер безопасности при использовании строительного оборудования [3].

Вопрос обеспечения безопасности при проведении огневых работ на объекте культурного наследия является частным случаем и имеет ряд особенностей. Так под объектами культурного наследия понимаются объекты недвижимого имущества и иные объекты, представляющие ценность с точки зрения истории, археологии, архитектуры, градостроительства, искусства, науки и техники, эстетики, этнологии или антропологии, социальной культуры и являющиеся свидетельством эпох и цивилизаций, подлинными источниками информации о зарождении и развитии культуры [1-2]. Обеспечение требований пожарной безопасности на объектах культурного наследия при проведении работ затрудняется охранным статусом здания или его отдельных конструктивных частей. Данный вопрос рассматривался на примере выполнении работ в здании панорамы «Оборона Севастополя 1854 – 1855 гг.». На первом этаже здания расположен выставочный зал, посвящённый ключевым событиям обороны Севастополя в 1854–1855 годах, а также истории создания и восстановления Панорамы. Отсюда винтовая лестница поднимает посетителей на смотровую площадку, где они, медленно перемещаясь по кругу, могут детально рассмотреть живописное полотно и объёмный предметный план. Здание имеет круглую форму в плане и увенчано куполом. Основная часть выполнена в виде цилиндра диаметром 40,3 метра, с высотой стен 14,9 метра. Перекрытие здания представляет собой ребристо-кольцевой купол, выполненный по радиально-арочной системе.

Купол здания имеет сводчатую форму и по всему периметру оснащён остеклённым световым поясом. Его высота составляет 9,40 м. Над куполом возвышается восьмиугольная башня (бельведер) со смотровой площадкой, ширина которой в плане – 3,92 м, а высота – 9,20 м.

Здание построено по бескаркасной схеме с несущими стенами из известняка. Внутри расположены помещения различного назначения. Главное пространство занимает экспозиционный зал под купольным перекрытием, дополненным световым фонарём. В центре находится круговая панорамная площадка с отдельными входами и выходами, соединёнными винтовыми лестницами.

По периметру зала размещено художественное полотно Панорамы, в нижней части зала представлен предметный план экспозиции, расположенный на наклонном помосте [5].

В рамках проведения работ по реставрации и приспособления для современного использования объекта культурного наследия федерального значения здании панорамы «Оборона Севастополя 1854 – 1855 гг.» выполнялись следующие виды работ, согласно разрешению на проведения работ, выданного Управлением Минкультуры России по ЮФО и СКФО:

– установка лесов по фасаду и в интерьерах;
– реставрация ограждения смотровой площадки, наружных обходных мостиков и лестниц;
– реставрация кровли (в том числе замена светового фонаря);
– реставрация металлических конструкций купола;
– реставрация обходного мостика, поворотной лестницы, металлических ограждений;
– реставрация зонта-рефлектора;
– устройство обойм кирпичных столбов под предметным планом [4].

Таким образом, данные виды работ подразумевают частичную или полную замену отдельных элементов или их частей, а это в свою очередь связано с применением огневых видов работ. Согласно информации Роструда: «К огневым работам относятся производственные операции с применением открытого огня, искрообразованием и нагреванием до температуры, способной вызвать воспламенение материалов и конструкций (электросварка, газосварка, бензо-керасинорезка, паяльные работы, механическая обработка металла с образованием искр и т.п.)». Также в процессе исследования полотна и предметного плана было установлено, что демонтаж музейных экспонатов невозможен в виду ветхости полотна и экспозиции, расположенной на предметном плане (рис.1).

а б

Рис. 1 – Основная музейная композиция объекта культурного наследия федерального значения здании панорамы «Оборона Севастополя 1854 – 1855 гг.»: а – смотровая площадка здания; б – предметный план экспозиции.

Таким образом для выполнения работ было предложено проводить вышеуказанные работы не демонтируя полотно и экспозицию. Для установки строительных лесов внутри здания предложено выполнить временную конструкцию из металлических элементов, выполнить временный настил из бруса сечением 100х200 мм с укрытием верхнего слоя фанерой толщиной 10 мм, ремонт и крупную сборку металлических элементов производить на временной конструкции (рис. 2) [7].

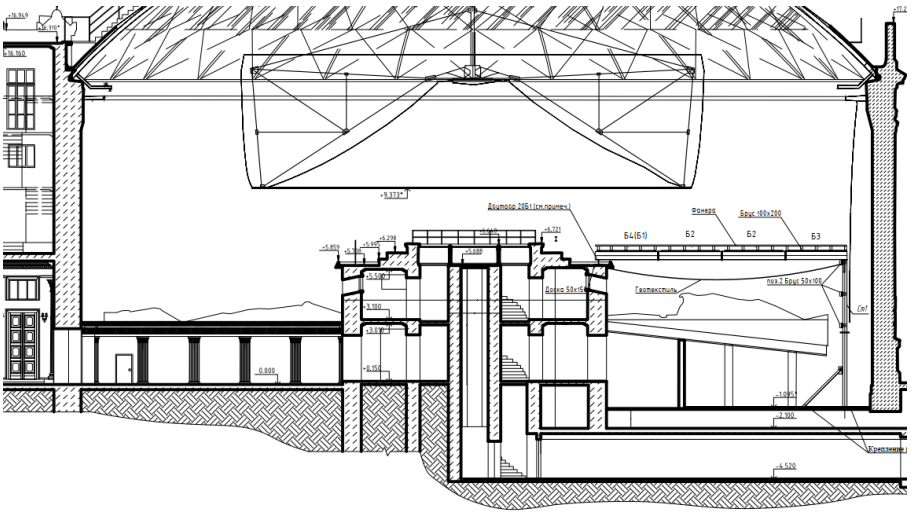


Рис. 2 Схема устройства временной конструкции для выполнения работ без демонтажа музейных экспонатов.

При проведении работ по сохранению и приспособлению объекта для современного использования можем выделить основные риски при проведении огневых работ:

– использование открытого огня и искрообразование при сварке: фланцев к металлическим балкам; металлических труб стоек; металлических перил и секций ограждения обходного мостика; деформированных стальных уголков, образующих купольные связи;
– наличие горючих материалов: настилы из досок, обшивка купольной кровли, деревянные временные конструкции;
– невозможность демонтажа экспонатов;
– отсутствие автоматической системы пожаротушения и работы по ремонту и замены пожарного водопровода.

На основании вышеуказанных фактов было предложены и внедрены следующие мероприятия: укрыть живописное полотно с двух сторон брезентом огнеупорным с перехлестом по длине, предметный план огнеупорным картоном и пленками, после монтажа опорных конструкций выполнить защитное покрытие из огнеупорного брезента; настил из фанеры, а также ходовые мостики рамных лесов обработать огнезащитными составами 1 группы огнестойкости; для соединения металлических балок предложено использовать болтовое соединение, узел стыковки балок настила со стойками выполнить по принципу «шип-паз», приварку фланцев и металлических труб к балкам настила производить на оборудованном сварочном посту на территории строительной площадки; временные металлические леса в здании панорамы обработать огнезащитным составом, что повысило бы их устойчивость к высоким температурам; места проведения огневых работ оборудовать средствами пожаротушения. Так же для контроля соблюдения требований пожарной безопасности рабочих и инженерно-технических работников были введены чек-листы, которые ежедневно заполнялись ответственными представителями за проведение работ по сохранению и приспособлению объекта культурного наследия к современному использованию [6].

В состав чек листа входили следующие вопросы, которые должны заполнять производители работ в процессе нахождения на объекте:

– Общие требования безопасности:

– наличие действующего удостоверения по охране труда, пожарно-технический минимум, действующего удостоверения по электробезопасности, действующий наряд допуск;
– наличие полного комплекта СИЗ на рабочем (каска / сварочная маска, спецодежда, обувь, перчатки, защитные очки);
– отсутствие признаков алкогольного/наркотического опьянения;
– ознакомленность рабочего с нормативно-техническими документами при проведении огневых работ (Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ-01-03), Федеральный Закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности», ст. 243 «Уголовного кодекса Российской Федерации» от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 24.06.2025));
– исправность страховочных систем (пояса, карабины, стропы);
– ограждение опасных зон и люков;
– знание расположения огнетушителей и эвакуационных путей;
– отсутствие загромождения проходов материалами;
– наличие на месте проведения работ исправных средств пожаротушения.

– Инструмент и оборудование, применяемое рабочими:

– инструмент исправен, нет повреждений кабелей, корпусов;
– электроинструмент имеет заземление и УЗО (если требуется);
– использование защитных кожухов на пилах, болгарках и т. д.;
– отсутствие оголенных проводов;
– работа только с инструментом соответствующего класса защиты.

– Организация работ на объекте:

– наличие утвержденных ППР (проектов производства работ) и технологических карт на выполнение огневых работ;
– контроль за соблюдением графика производства работ и технологических процессов;
– проверка допусков и квалификации субподрядных организаций;
– наличие полного комплекта СИЗ на рабочих субподрядных организаций;
регулярные осмотры строительных лесов, лебедок, подмостей.

Данные чек-листы еженедельно сдавались в производственно-технический отдел, с ежедневной численностью рабочих и количеством средств механизации. Рабочие, не отвечающие требованиям к работам, не допускались, инструмент, не соответствующий требованиям в работах, не применялся. Реализация предложенных мер позволила значительно снизить риски возникновения пожара и обеспечить безопасность как работников, так и музейных экспонатов. Важным аспектом стало сочетание технических решений (огнезащитные материалы, альтернативные методы соединения конструкций) и строгого организационного контроля. За время проведения работ на объекте происшествий не было, также снизилось количество брака и несоответствия выполненных работ требованиям сводов правил и другой нормативно-технической документации.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Представлены основные причины происшествий на строительных площадках.

2. На примере здания панорамы «Оборона Севастополя 1854 – 1855 гг.» был рассмотрен вопрос проведения огневых работ с существующими музейными экспонатами: предметный план экспозиции, живописное полотно.

3. Рассмотрены основные риски при проведении огневых работ, по каждому риску были предложены компенсационные мероприятия. Также в целях контроля соблюдения требований пожарной безопасности рабочими и инженерно-техническим персоналом разработан универсальный чек-лист.

Обеспечение пожарной безопасности на объектах культурного наследия при проведении огневых работ требует комплексного подхода, учитывающего как технические, так и организационные аспекты. На примере панорамы «Оборона Севастополя» было показано, что даже в условиях ограниченных возможностей (невозможность демонтажа экспонатов, ветхость конструкций) можно найти эффективные решения для минимизации рисков.

Ключевыми направлениями дальнейшей работы в этой области могут стать:
– разработка специализированных стандартов и методик для проведения огневых работ учитывающих специфику объектов культурного наследия;
– повышение квалификации персонала, занятого в реставрационных работах, с акцентом на пожарную безопасность.

Литература.

1. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73–ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» (ред. от 26.12.2024) // КонсультантПлюс: [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/ (дата обращения: 03.07.2025);
2. Сушкова, О. В. Обеспечение пожарной безопасности зданий культурно-исторического наследия с размещением в них старинных экспонатов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сушкова Ольга Владимировна, 2023. – 151 с. – EDN XRCCWO;
3. Пожары и пожарная безопасность в 2024 году: информ.- аналитич. сб. П 46 Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024. 80 с.;
4. Министерство культуры Российской Федерации. Разрешение на проведение работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации федерального значения № 01-29/13 от 10.11.2022 г. — Ростов-на-Дону, 2022. — 4 с.;

5. Матвеев, В. А. Анализ современного состояния и совершенствование систем контроля и защиты объектов культурного наследия на примере здания панорамы «Оборона Севастополя в 1854-1855 годах» / В. А. Матвеев, Л. А. Ничкова // Экономика строительства и природопользования. – 2023. – № 2(87). – С. 90-95. – EDN APKLQJ;
6. Благодаров, М. Д. Осуществление безопасности при производстве ремонтных работ на объектах магистральных газопроводов / М. Д. Благодаров, А. Д. Каменских // XCVII Международные научные чтения (памяти В.И. Левкова) : сборник статей Международной научно-практической конференции, Москва, 28 декабря 2020 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Научная артель", 2020. – С. 13-15. – EDN PWNUCR.;
7. Общество с ограниченной ответственностью «Равелин». Проектная документация на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия федерального значения «Здание панорамы "Оборона Севастополя в 1854–1855 годах"» (реставрация и приспособление для современного использования), доработка. Раздел III: Проект реставрации и приспособления. Подраздел 6: Проект организации реставрации. Шифр: 11№5/2021-П-ПОР. — Москва, 2022. — 57 с.

ENSURING FIRE SAFETY AT CULTURAL HERITAGE SITES DURING FIRE WORKS

V. A. Matveev, matveev.vladimir0@mail.ru; L. A. Nichkova, nichkova@mail.sevsu.ru
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Sevastopol State University", Sevastopol, Russia

Annotation. The article analyzes the main causes of accidents at construction sites in the country. The current issues of ensuring fire safety at cultural heritage sites during fire operations are considered. Using the example of the panorama building "Defense of Sevastopol 1854-1855", the risks are analyzed and methods are proposed to minimize the threat of fires during the conservation and adaptation of the cultural heritage site to modern use.

Keywords: fire safety, cultural heritage sites, fires, fire hazards

УДК 502.175

ОРГАНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

И.П. Симонова
Российский государственный педагогический университет имени А.И.Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: kremneva83@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматриваются особенности организации государственного экологического мониторинга атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербурге, описывается структура и функционирование системы мониторинга, а также анализируется её роль в своевременном выявлении экологических рисков и обеспечении органов власти и населения достоверной информацией для принятия эффективных решений по охране окружающей среды и улучшению качества воздуха.

Ключевые слова: атмосферный воздух, государственный экологический мониторинг, стационарные станции мониторинга, система и сеть мониторинга.

Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности (далее — Комитет) в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации принимает участие в реализации государственного экологического мониторинга. Он имеет полномочия по созданию и обеспечению работы

территориальных систем наблюдения за состоянием окружающей среды, которые являются составной частью единой государственной системы экологического мониторинга.

На территории г. Санкт-Петербурга контроль за качеством атмосферного воздуха ведётся Комитетом через подведомственное учреждение СПб ГБУ «Минерал». Мониторинг проводится с использованием автоматизированной системы, включающей 25 стационарных наблюдательных пунктов. В структуре СПб ГБУ «Минерал» работает центр, отвечающий за сбор, хранение и обработку данных мониторинга, а также за координацию работы всех станций. Стационарные посты размещены равномерно и охватывают все административные районы города.

Основным принципом контроля качества воздуха и уровня его загрязнения является «сетевой» подход, при котором используется комплекс измерительных приборов, объединённых в стационарные посты, передвижные лаборатории и другие подразделения. Все они формируют единую инструментально-информационную систему с централизованным сбором, обработкой данных и подготовкой отчетных материалов. На станциях выполняется определение концентраций загрязнителей атмосферного воздуха, основными источниками которых выступают предприятия теплоэнергетики, промышленности и автомобильный транспорт — факторы, существенно влияющие на экологическую обстановку в городе.

Концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе определяются по следующим компонентам: оксид и диоксид азота (NO и NO_2), оксид углерода (CO), диоксид серы (SO_2), аммиак (NH_3), озон (O_3), а также взвешенные частицы с размерами фракций 10 и 2,5 микрометра. Кроме того, на станциях, оснащённых хроматографами, проводится измерение концентраций бензола, толуола, этилбензола, ксилолов (орто-, мета-, пара-изомеров) и фенола. Параллельно осуществляется регулярный ежедневный отбор проб для определения бенз(а)пирена с последующим анализом в аккредитованной лаборатории [3].

При создании системы мониторинга атмосферного воздуха в городе была решена ключевая задача — для приоритетных загрязняющих веществ были выбраны методы измерений с временным разрешением, соответствующим интервалам, влияющим на здоровье человека. Это позволяет учитывать как кратковременные острые, так и длительные хронические воздействия. На станциях автоматические измерения основных загрязнителей проводятся круглосуточно и непрерывно с усреднением через каждые 20 минут, что обеспечивает до 72 замеров в сутки и около 26 280 замеров в год для каждого вещества. Такая организация измерительного процесса гарантирует регулярное получение точной оперативной информации о состоянии атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербурге, а также накопление данных для последующего анализа [1].

С 2020 года функционирует Дежурная служба лаборатории экологического мониторинга, осуществляющая круглосуточный контроль за состоянием атмосферного воздуха. В рамках её деятельности проводятся как оперативные, так и маршрутные наблюдения за уровнем загрязнения воздуха в различных районах города.

В ведении Комитета находятся три передвижные лаборатории для мониторинга качества атмосферного воздуха, которые усиливают контроль и способны измерять до 140 различных загрязняющих веществ при необходимости. Эти лаборатории эксплуатируются круглосуточной дежурной службой СПб ГБУ «Минерал», осуществляющей постоянный надзор за состоянием воздуха. Получаемые точные данные о степени загрязнения окружающей среды позволяют своевременно принимать управленческие решения и информировать органы государственной власти, местного самоуправления, а также широкую общественность о реальном состоянии экологической ситуации.

В рамках модернизации единой государственной системы экологического мониторинга к 2026 году предусмотрено увеличение количества передвижных лабораторий до пяти. Стационарные станции мониторинга в городе начали работу в 1999 году и на сегодняшний день требуют обновления. В 2023 году Комитет закупил и установил девять новых мониторинговых станций, а в 2024 году ещё десять. К 2026 году сеть автоматических стационарных станций планируется расширить с 25 до 30 объектов.

Второй орган государственной власти, который осуществляет государственный экологический мониторинг атмосферного воздуха на территории города – ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (далее – Росгидромет). Дискретные наблюдения за качеством атмосферного воздуха осуществляются на десяти станциях мониторинга, также у Росгидромета имеется одна передвижная лаборатория мониторинга атмосферного воздуха.

Стационарные пункты наблюдений были расположены в местах, выбранных на основании предварительных исследований уровня загрязнения атмосферного воздуха в городе, учитывающих влияние промышленных предприятий, автодорожного транспорта, бытовых и иных источников, а также условия рассеивания загрязняющих веществ, включая результаты комплексных расчетов. Для получения объективных и надежных данных с учётом специфики города и плотности его населения, наблюдательные посты сейчас размещаются в различных функциональных зонах: в центральной части города, жилых районах с разным типом застройки (городской фон), зонах рекреации, на территориях рядом с автомагистралями с высокой интенсивностью движения, в промышленных районах и на периферии города.

На постах отбора проб атмосферного воздуха измеряется содержание различных загрязняющих веществ, включая взвешенные частицы, диоксид серы, окись углерода, диоксиды и окиси азота, фенол, сероводород, аммиак, хлористый водород, формальдегид, бенз(а)пирен, тяжёлые металлы (никель, медь, железо, марганец, хром, цинк, кадмий, свинец) и ароматические углеводороды (бензол, ксилолы, толуол, этилбензол). Для оценки общего загрязнения воздуха в городе рассчитывается комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), который учитывает пять наибольших парциальных индексов загрязняющих веществ среди всех контролируемых компонентов [2].

Основная задача обработки и систематизации данных, полученных с наблюдательных пунктов (станций), заключается в формировании достоверной информации об уровне загрязнения атмосферного воздуха, выявлении источников загрязнения и отслеживании динамики его изменений. Это необходимо для разработки эффективных мер по снижению загрязнения, а также для информирования органов управления, широкой общественности и жителей города.

Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербурге проводится на основе комплексного анализа и обобщения данных, получаемых с наблюдательных постов Росгидромета, а также с автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга. Результаты этих наблюдений согласовываются с ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория имени А.И. Воейкова», которая выступает в качестве научно-методического центра Росгидромета, осуществляющего руководство в области контроля загрязнения атмосферного воздуха и мониторинга фонового состояния атмосферы.

Государственный экологический мониторинг атмосферного воздуха играет ключевую роль в принятии управленческих решений на разных уровнях — от местного до федерального. Например, выявление высокой степени загрязнения, связанного с автомобильными потоками, свидетельствует о необходимости улучшения дорожной инфраструктуры, включая создание объездных дорог, что поможет снизить нагрузку на основные городские магистрали. При обнаружении значительного загрязнения вблизи промышленных предприятий возникает задача модернизации очистных систем и корректировки размеров санитарно-защитных зон. Рост концентраций вредных веществ на удалённых от источников загрязнения станциях служит сигналом о существовании неблагоприятных региональных или глобальных факторов, требующих скоординированных действий со стороны органов власти для эффективного решения экологических вызовов.

В рамках развития региональной системы наблюдений в Санкт-Петербурге важным направлением является комплексная модернизация и увеличение возможностей экологического мониторинга. Это включает в себя не только рост числа наблюдательных пунктов и станций, но и расширение списка контролируемых химических веществ. Более глубокий анализ химического состава атмосферы позволит получить более точные и

подробные данные о состоянии окружающей среды в регионе. Расширение ассортимента исследуемых загрязнителей позволит выявлять новые источники загрязнения и эффективнее оценивать результаты проводимых экологических мероприятий.

Литература.

1. Серебрицкий И.А., Аземов Д.Т, Жигунова Н.А, Бородин Е.С. Территориальная система мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга/И.А.Серебрицкий, Д.Т. Аземов, Н.А. Жигунова, Е.С. Бородин//Окружающая среда Санкт-Петербурга — 2024.— № 1.— С.31–33.
2. ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.meteo.nw.ru/
3. Экологический портал Санкт-Петербурга. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://public.mon.ecopass.adc.spb.ru/.

ORGANIZATION OF STATE ENVIRONMENTAL MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR IN ST. PETERSBURG

I.P.Simonova
Herzen Russian State Pedagogical University, Saint Petersburg, Russia
e-mail: kremneva83@yandex.ru

Abstract: The article discusses the features of the organization of state environmental monitoring of atmospheric air in St. Petersburg, describes the structure and functioning of the monitoring system, and analyzes its role in timely identification of environmental risks and providing authorities and the population with reliable information for making effective decisions on environmental protection and improving air quality.

Keywords: atmospheric air, state environmental monitoring, stationary monitoring stations, monitoring system and network.
УДК 504.4.054

УДК 614.842

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ПЕН

Н.А. Сизонова
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена "Знак почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийны бедствий» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России) (г. Балашиха, Россия)
e-mail:nat-sizonova@yandex.ru

Аннотаци. Данная статья освещает вопросы, связанные с экологической ситуацией с применением противопожарных пен при тушении пожаров. Описываются последствия использования противопожарных пен и пожарных пенообразователей на окружающую среду. Влияние токсичных поверхностно-активных веществ на водные и наземные экосистемы (почву, водоемы, сточные воды, организм человека). Рассмотрена количественная характеристика биохимической разлагаемости поверхностно-активных веществ.

Ключевые слова: пожар, противопожарная пена, пенообразователи, токсичные вещества, поверхностно-активных вещества.

Огнетушащие пенные составы представляют собой специализированные средства подавления пламени. Их функциональный принцип основан на двойном действии: снижении

температуры горящей поверхности и формировании изолирующего слоя, прерывающего доступ окислителя (кислорода) к топливу, что ингибирует процесс горения. Первая эффективная формула такого состава была разработана в 1902 году Александром Лораном, инженером-химиком из Молдавии.[1]

Ключевые компоненты и классификация:

- Основу пенообразователей составляют поверхностно-активные вещества (ПАВ), обеспечивающие пенообразование при концентрациях ниже 1%.
- Дополнительные ингредиенты включают органические растворители (триметилтриметиленгликоль, гексиленгликоль), пеностабилизаторы (лауриловый спирт) и коррозионные ингибиторы.
- Составы классифицируются по типам и сферам применения. Высокократные пены предназначены для быстрого заполнения объемов (подвалы, ангары). Низкократные применяются для локализации разливов горючих жидкостей. Специализированные составы включают:

- AFFF (водопленкообразующие) – оптимальны для пожаров авиационного топлива.
- FFFP (пленкообразующие фторпротеиновые) – эффективны при горении с образованием глубоких топливных слоев.
- AR-AFFF (спиртоустойчивые) – предназначены для тушения пожаров спиртов и полярных растворителей.[2]

Традиционные методы тушения на водной основе демонстрируют ограниченную эффективность, особенно при горении углеводородов, где вода может даже усугубить ситуацию. Необходимость в специализированных средствах для нефтяных пожаров привела к созданию пенных технологий. А. Лоран, работавший преподавателем в Баку (центре нефтедобычи того времени), под впечатлением от масштабных и сложных нефтяных возгораний, предложил в 1902 году метод изоляции горючих жидкостей пенным покрытием.[1] Первоначальный состав ("химическая пена") образовывался в пеногенераторе при смешении водных растворов бикарбоната натрия и сульфата алюминия, стабилизированных природными пенообразователями (сапонин, лакрица). Технология непрерывно совершенствовалась.

Исследования выявили значительную опасность перфтороктансульфоната (ПФОС), широко применявшегося в пенах:

1. Канцерогенный потенциал: Способствует образованию опухолей.
2. Репродуктивная токсичность: Нарушает функции репродуктивной системы.
3. Эмбриотоксичность: Вызывает гибель потомства у лабораторных животных даже при низких дозах.
4. Экотоксичность: Особо чувствительны водные организмы.ПФОС отнесен к стойким органическим загрязнителям (СОЗ) из-за свойств:

- Персистентности (устойчивость в среде)
- Биоаккумуляции (накопление в живых организмах)
- Высокой токсичности.

В 2009 году ПФОС включен в Перечень В Стокгольмской конвенции о СОЗ. Многие страны ввели запрет на производство новых материалов на его основе, включая огнетушащие пены. Российская Федерация ратифицировала Конвенцию (2002 г.) в 2011 году, а в 2014 приняла нормативные акты для выполнения ее требований.

Фторсодержащие поверхностно-активные вещества относятся к соответствующей группе PFAS — примерно 10 тыс. химических веществ, связанных с широким спектром серьёзных заболеваний, включая в том числе некоторые виды рака. Сейчас они известны как «вечные химикаты», потому, что не разлагаются в окружающей среде. Когда в окружающую среду попадают огнетушащие пены, будь то в результате экстренного применения, учебных тренировок или случайных разливов, они могут оказывать негативное воздействие на местные условия окружающей среды и местные организмы. Незначительные компоненты сохраняются и/или накапливаются в организме. Они могут оказывать долгосрочное воздействие на

окружающую среду даже после прекращения противопожарных мероприятий. В таких условиях компоненты пены могут представлять постоянную угрозу водным организмам.

В условиях аварийного пожаротушения, где доминирует задача сохранения жизни и материальных ценностей, экологические последствия применения пены объективно отходят на второй план. Тем не менее, при использовании пенных агентов в учебно-тренировочных целях, экологическая безопасность должна становиться ключевым критерием. В процессе тушения пенная структура разрушается, высвобождая пенообразующие компоненты, которые преимущественно мигрируют в почвенные горизонты и гидросферу. Зафиксированы инциденты локальных экологических катастроф, спровоцированных подобными сбросами, как, например, в Германии (1987 г.), где деградация реки Фуртбах вследствие пенного загрязнения привела к массовой гибели ихтиофауны и водной флоры.

Механизм воздействия ПАВ на экосистемы:

1. Токсичность: Поверхностно-активные вещества (ПАВ), являющиеся фундаментом всех пенообразователей и смачивателей, проявляют выраженную эко- и цитотоксичность как в водных, так и в наземных биотопах.

2. Почвенное воздействие: Инфильтрация ПАВ в почву вызывает:

- Ухудшение агрофизических свойств и снижение плодородия.
- Ингибирование жизнедеятельности почвенной микрофлоры и мезофауны.
- Негативное влияние на фитоценозы.

3. Гидросферное воздействие: Попадание ПАВ в водоемы приводит к комплексу негативных изменений:

- Органолептические сдвиги: появление вязкого привкуса, снижение прозрачности.
- Усиление пенообразования.
- Снижение концентрации растворенного кислорода.
- Угнетение гидробионтов и подавление микробиологических процессов.
- Длительная персистенция ПАВ усиливает деструктивные эффекты.

Процессы естественной ассимиляции ПАВ в водоемах:

Самоочищение гидросферы представляет собой совокупность физико-химических и биологических процессов, снижающих концентрацию загрязнителей до безопасных уровней:

- Физические: Дилюция (разбавление), седиментация (осаждение), адсорбция взвесями и донными отложениями, эвапорация (испарение).
- Химические: Гидролиз, фотоокисление (фотолиз), радикальное окисление.
- Биологические: Биотрансформация микроорганизмами, бионакопление, биоокисление.

Ключевые факторы деградации ПАВ:

1. Растворимость: Высокая гидрофильность (характерная для сульфатов и сульфонатов) критически важна для биоокисления, так как обеспечивает проникновение молекул через клеточные мембраны микроорганизмов-деструкторов.

2. Химическая структура:

- Анионные ПАВ: Линейные алкилсульфаты (напр., ПО-6К) деградируют на 60-90% за 21 день. Алкилбензолсульфонаты (разветвленные или с ароматическим ядром) разлагаются медленнее (<40%).

- Неионогенные ПАВ: Оксиэтилированные спирты (ПО-7, ПО-10) обладают низкой гидрофильностью и биодеградируемостью (особенно алкилфенолы: разветвленные <10%, линейные 60-70%).

- Катионные ПАВ: Обладают высокой растворимостью, но устойчивы к окислению; азотсодержащие группы токсичны для микрофлоры. Амины могут окисляться с участием водорослей.

- Фторпротеиновые ПАВ: Разлагаются преимущественно медленным фотолизом.

3. Температура: Оптимум биодеградации – 25-30°С. Скорость окисления алифатических сульфатов в 1.5-2 раза выше, чем у ароматизированных аналогов.

4. Конечные продукты: Наиболее экобезопасны ПАВ, окисляющиеся до CO_2, H_2O и неорганических солей (сульфаты оксиэтилированных спиртов, первичных спиртов – биоокисляемость ~100%).

Классификация ПАВ по биоразлагаемости представлена в Табл. 1

Таблица 1

Классификация ПАВ по биоразлагаемости

Группа	Степень деградации	Примеры ПАВ	Характеристика
Легкоразлагаемые	>85%	НП-1, НП-3	Полная минерализация до CO_2, H_2O
Умеренноразлагаемые	70-85%	Некоторые линейные НПАВ	Замедленная кинетика распада
Труднодеградируемые	<70%	ПО-7, ПО-10, РАС, катионные ПАВ	Высокая персистентность, токсичные метаболиты

Индикаторы биохимической нагрузки:

- БПК (Биохимическое Потребление Кислорода): Количество O_2, необходимое для окисления ПАВ микроорганизмами за заданный период ($БПК_5$, $БПК_{20}$). Легкоразлагаемые ПАВ потребляют ~30% от теоретического ХПК, труднодеградируемые – <10%.

- ХПК (Химическое Потребление Кислорода): Теоретическое количество O_2 для полного окисления.

- Нормативы для вод: Безопасная вода требует $[O_2]раств \geq 4$ г/м³ и $БПКполн \leq 3$ г/м³ (20°C). Превышение этих показателей в стоках после тушения сигнализирует об опасном загрязнении.

Стратегии минимизации экологического ущерба:

1. Контроль стоков: важна разработка и внедрение планов локализации пожарных стоков (ЛПС). Упомянутое предусматривает:

- Развертывание инженерных барьеров (дамбы, боновые заграждения).
- Использование мобильных резервуаров для сбора загрязненных вод.

- Цель: полный захват эмульгированных и растворенных токсикантов (углеводороды, полярные растворители, продукты пиролиза, ПАВ, полимеры) с последующей контролируемой утилизацией.

2. Утилизация:

Аварийные стоки и просроченные пенообразователи:Подлежат термическому обезвреживанию (высокотемпературный пиролиз >1100°C) на специализированных установках для галогенированных отходов.

3. Разработка экологичных составов: Индустрия фокусируется на создании высокоэффективных пенообразователей с улучшенной биодеградацией и пониженной токсичностью, а также на продвижении технологий, минимизирующих выбросы фторированных соединений.

Оценка токсикологических рисков для персонала:

- Экспозиция: У пожарных выявлены повышенные концентрации фторированных ПАВ в биосредах.
- Токсикометрические параметры:

а) Острая токсичность ($ЛД_{50}$): Катионные ПАВ (четвертичные аммониевые соли) – 0.05-0.5 г/кг (высокоопасны); Анионные ПАВ (сульфаты, сульфонаты) – 2-8 г/кг; Неионогенные ПАВ – 5-50 г/кг (наименее опасны).

б) Местнораздражающее действие:

- Кожа: ПАВ с алкилами C_{14}-C_{18} – слабые ирританты; короткоцепочечные гомологи и катионные ПАВ – сильные раздражители (обезжиривание, дубящий эффект).
- Слизистые глаз: Повреждение, аналогичное действию концентрированного мыла.

Ароматические фрагменты в молекуле повышают токсичность. Катионные ПАВ проявляют максимальную опасность при всех путях воздействия, неионогенные – минимальную.

ПАВ не обладают выраженной кумулятивной способностью. Хронические эффекты (дерматиты, нейротоксичность) возможны при постоянном контакте с концентрированными формами. Данные по отдаленным последствиям (канцерогенез, репротоксичность) для многих ПАВ остаются недостаточными, хотя исследования на животных указывают на сравнительно низкую общую токсичность. [3, 4, 5, 6, 7]

Выводы

Технологии на основе пенных составов обеспечивают существенную экономию водных ресурсов в сравнении с традиционным тушением. Их превосходящая капиллярная активность позволяет огнетушащему агенту формировать сплошное изолирующее покрытие, эффективно блокируя доступ кислорода на расширенной площади возгорания. Данные системы демонстрируют универсальность применения — от герметичных отсеков до пространств со свободной вентиляцией. Хотя эксплуатационные затраты выше водяных аналогов, результативность подавления пламени оправдывает инвестиции, где основную долю себестоимости определяет цена пеноконцентрата.

Экологически сбалансированное применение требует соблюдения ключевых принципов:

При проведении учебных мероприятий вблизи водозаборных узлов, водохранилищ или очистных комплексов необходимо исключить применение фторированных тензоактивных агентов, используя специализированные тренировочные составы. Все операции, связанные с техническим обслуживанием и испытанием пенных установок, должны строго соответствовать отраслевым регламентам. Критически важна оперативная идентификация и купирование непреднамеренных выбросов пенообразователя. Для локализации последствий инцидентов обязательна реализация превентивных мер: создание физических барьеров (обвалование), применение синтетических сорбентов для иммобилизации ПАВ в стоках, а также разработка детальных аварийных протоколов.

Принципиальным требованием является полная изоляция отработанной пены от окружающей среды с последующей специализированной утилизацией, исключающей ее миграцию в экосистемы.

Данный подход позволяет:

- Максимизировать эффективность ресурсопотребления
- Сохранить тактические преимущества пенного тушения
- Нивелировать риски распространения стойких фторированных загрязнителей.

Литература.

1. Скоренко Т. Изобретено в России: История русской изобретательской мысли от Петра I до Николая II. – Альпина нон-фикшн, 2017.
2. Тихомиров В.К. Пены Теория и практика их получения и разрушения / В.К. Тихомиров. – Москва: Химия, 1975. — 263 с. ил.; 22.
3. Остроумов С.А. Биологические эффекты при воздействии поверхностно-активных веществ на организмы / С.А. Остроумов – М.: МАКС - Пресс. – 2001 – 334 с.

4. Бродский А.К. Общая экология: Учебник для студентов вузов. М.: Изд. Центр «Академия», 2006 – 256 с.
5. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология: Уч. пособие для студ. химико-технол. и техн.сп.вузов./Под ред. В.А. Соловьева, Ю.А. Кротова.- 4-е изд., испр – СПб:Химия,2007 -238с
6. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение. Профессия, 2007 С. 117-118.
7. Заболотных С.А. Фазовые и экстракционные равновесия в системах на основе сульфонола, додецилсульфата натрия или алкилбензолсульфокислоты, Физическая химия, Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук, Пермь – 2019 – 132 с.

ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF USING FIRE-FIGHTING FOAMS

N.A. Sizonova
Federal State Budgetary Establishment «All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»
(Balashikha, Russia)
e-mail:nat-sizonova@yandex.ru

Annotation. This article highlights issues related to the environmental situation with the use of fire fighting, foams when extinguishing fires. The effects of the use of fire-fighting foams and fire-fighting foaming agents on the environment are described. The effect of toxic surfactants on aquatic and terrestrial ecosystems (soil, reservoirs, wastewater, human body). The quantitative characteristics of the biochemical decomposition of surfactants are considered.

Keywords: fire, fire-fighting foam, foaming agents, toxic substances, surfactants.

СЕКЦИЯ 3
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРАКТИЧЕСКО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГЕОСФЕРАХ

УДК 591.541.633

О ПЕРСПЕКТИВНОМ РАЗВИТИИ САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ, ТУРИСТИЧЕСКОЙ И ДРУГИХ ВИДОВ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КРЫМУ

В.И. Васенко, Ю.В. Бобрик
Межрегиональная общественная организация «Крымская Академия наук»
ФГАУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского Медицинская академия имени С.И. Георгиевского
г. Симферополь, Республика Крым, Россия
e-mail: v-vasenko@yandex.ru; yura.bobrik@mail.ru

Аннотация. Перспективное развитие курортной отрасли и других видов хозяйственной деятельности связано с комплексными геоэкологическими исследованиями природных ресурсов соленых озер, сопочных вод и пелитов грязевых вулканов, минеральных источников воды, а также производства на их основе лечебной и лечебно-косметической продукции.

Ключевые слова: Гидроминеральные ресурсы, антропогенные факторы, экология, природная среда.

Природные гидроминеральные ресурсы широко используются в различных отраслях хозяйственной деятельности, включая бальнеологическое − лечение недугов, реабилитацию и применение косметических средств для улучшения качества жизни [1, 5]. Крым с запада, севера и востока окружен прибрежно-морскими солеными озерами на побережье Черного, Азовского моря и Керченского полуострова (рис. 1). В результате антропогенного влияния не все из них сохранили свой природный статус. Более половины не являются солеными и лечебными. Одни распреснены, а другие превращены в хранилища шламов и других отходов химического производства [2].

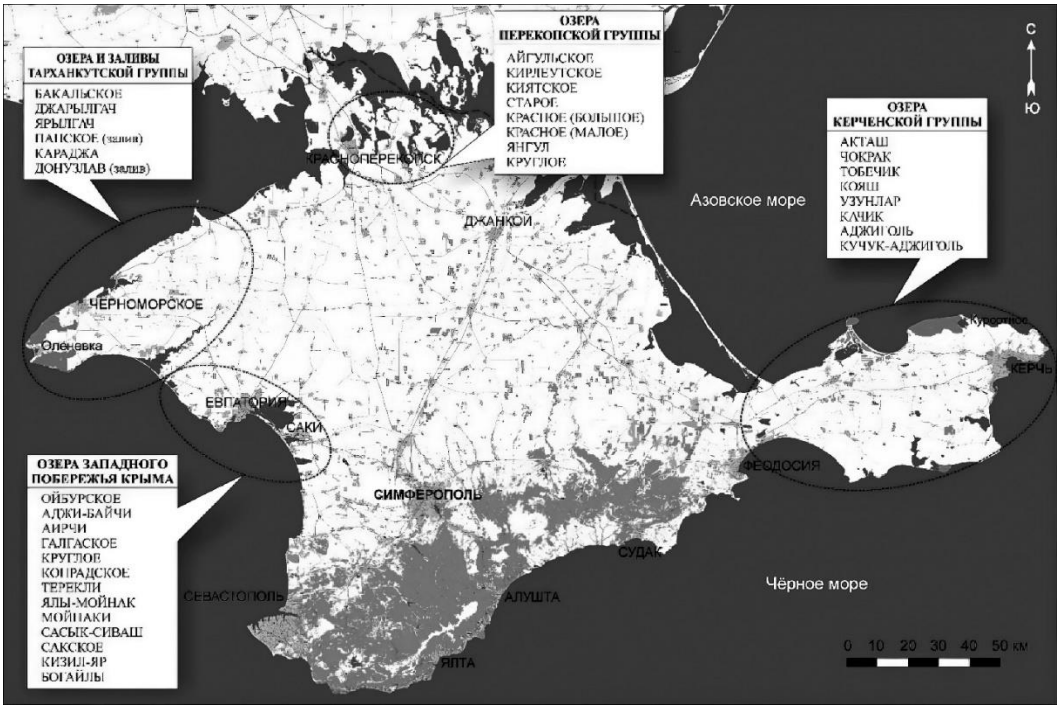


Рис. 1 Прибрежно-морские соленые озера Крыма

В Восточном Крыму наиболее перспективным объектом является озеро Тобечик. Частичное возвращение ему статуса морского залива (который в настоящее время есть у Донузлава и Панского) позволит приморскую часть озера использовать как морской порт и территорию межрегионального санаторно-курортного и туристического Центра. В средней части, с кондиционной лечебной рапой, может культивироваться в промышленных масштабах рачок Artemia salina, цисты которого представляют ценный корм для рыб, сырье для лекарственных препаратов и пищевых добавок (рис.2).

Рис. 2 Реконструкция озера Тобечик и прилегающих территорий:
1) морская лагуна, порт; 2) рапная часть озера; 3) территория санаторно-курортного и туристического комплекса; 4) рекреационно-парковые зоны отдыха; 5) гидротехнические сооружения (дамбы и дренажная система по отводу паводковых и сточных вод); 6) участки разведения ценных пород рыб и производства морепродуктов; 7) очистные сооружении

Инвестиционная привлекательность озера Тобечик и окружающих территорий связана: с географическим расположением, которое позволит использовать порт для морских и автомобильных круизов между побережьем Крыма, Кавказа и Азовского моря (рис. 3, 4); наличием развитой транспортной инфраструктуры: железнодорожной, автомобильной, морской, а в перспективе и воздушной (пос. Багерово); созданием в Восточном Крыму круглогодично функционирующего межрегионального клинического санатория и туристического Центра, с использованием при лечении и реабилитации не только местных бальнеологических ресурсов, но и других регионов Крыма; созданием исследовательских лабораторий, полигона для учебных практик студентов с целью мониторинга состояния окружающей природной среды, изучения оползневых процессов и сейсмической активности; созданием предприятий по культивированию и переработки морепродуктов.

Работами МОО «Крымская Академия наук» и других организаций были уточнены запасы и состав лечебных ресурсов, а на основании результатов клинических испытаний Национальным медицинским исследовательским Центром реабилитации и курортологии (ФБГУ «НМИЦ РК» Минздрава России) 19.12.2018 г. № 14/2888 выдано «Бальнеологическое заключение на лечебную сопочную грязь (сопка Центральное Озеро) Булганакского месторождения сопочных лечебных грязей в Республике Крым». В ГБУЗ РК «АНИИ им. И.М. Сеченова» получен патент на их лечебное применение [4].

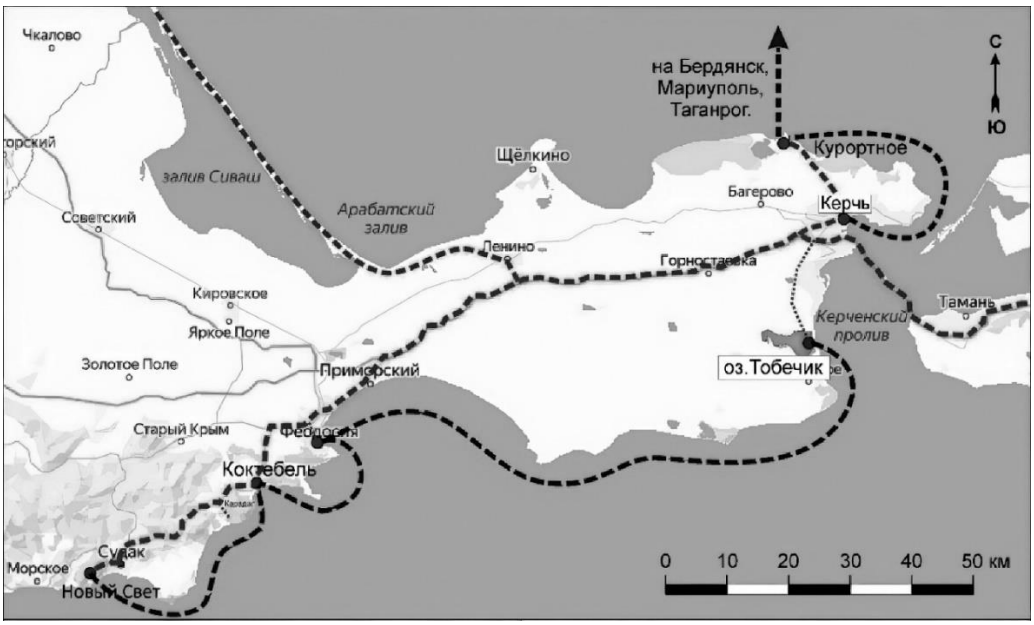


Рис. 3 Морские и автомобильные круизы на побережьях Крыма и Новороссии

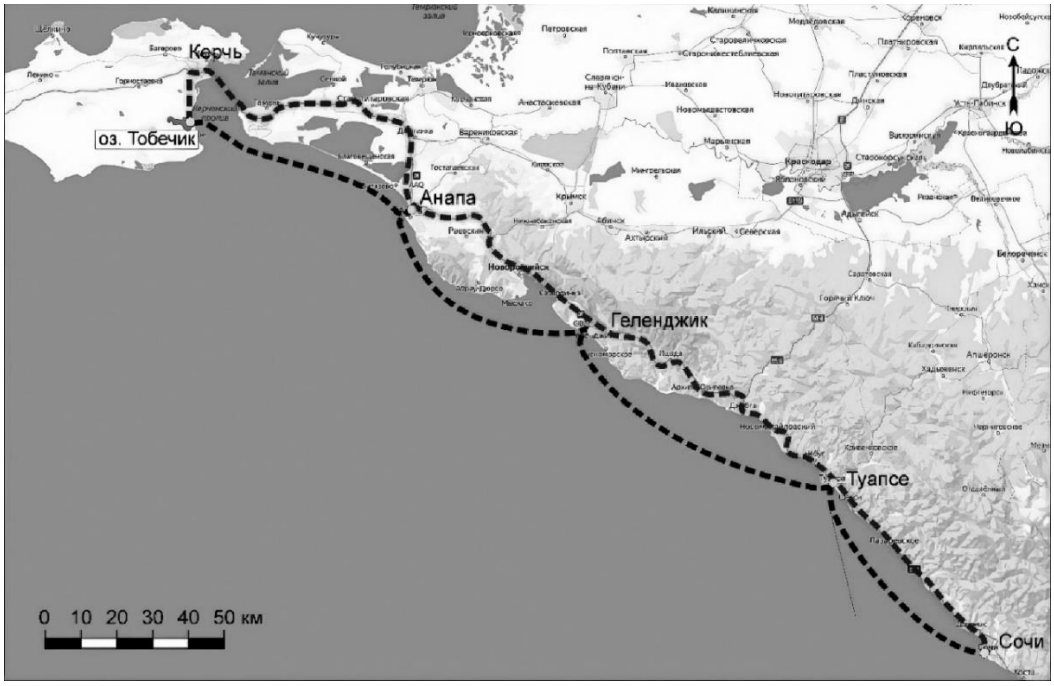


Рис. 4 Морские и автомобильные круизы на черноморском побережье Кавказа

Перспективными санаторно-курортными и рекреационными территориями на Западном и Восточном побережье Крыма являются: озера Богайлы, Кызыл-Яр, Мойнаки, а из других объектов лечебных ресурсов − Булганакское проявление грязевого вулканизма. Особый интерес представляют многочисленные крымские (не в достаточной мере пока используемые) минеральные источники воды, которые могут успешно конкурировать с известными и популярными на водных курортах Северного Кавказа.

Системное изученное иловых отложений Сакского озера было начато в 1807 г. французским химиком Феликсом де Сером, а в 1827 г. в Саках по инициативе врача С.Н. Оже открывается одна из первых в России грязелечебниц, десять лет спустя − отделение Симферопольского военного госпиталя. В 1850-ые годы граф И.П. Балашов организует соляные промыслы и бромное производство, а в последствии на их основе строится химический завод, который создал город Саки [3]. Соленое озеро около 200 лет использовалось в двух отраслях хозяйственной деятельности: сырьевой базы химического

производства и лечебных ресурсов для санаторно-курортных учреждений г. Саки и Евпатория. В настоящее время для сохранения и рационального использования лечебных грязей необходимо проведение специальных мероприятий по регулированию водно-солевого режима (рис. 5). Это приведет к снижению общего содержания солей накопленных за последние десятилетия в лечебных водоемах, обеспечит условия биологической активности в донных отложениях и покровной рапе сакского месторождения лечебных грязей. Создание гидрологического заказника на основе современных фактических данных и результатах разведочных работ под руководством проф. Дзенс-Литовского А.И. в 1931 г. является важной и актуальной задачей (рис. 6), что позволит создать объемную модель прибрежно-морского соленого озера, которая ляжет в основу изучения других озер крымского побережья.

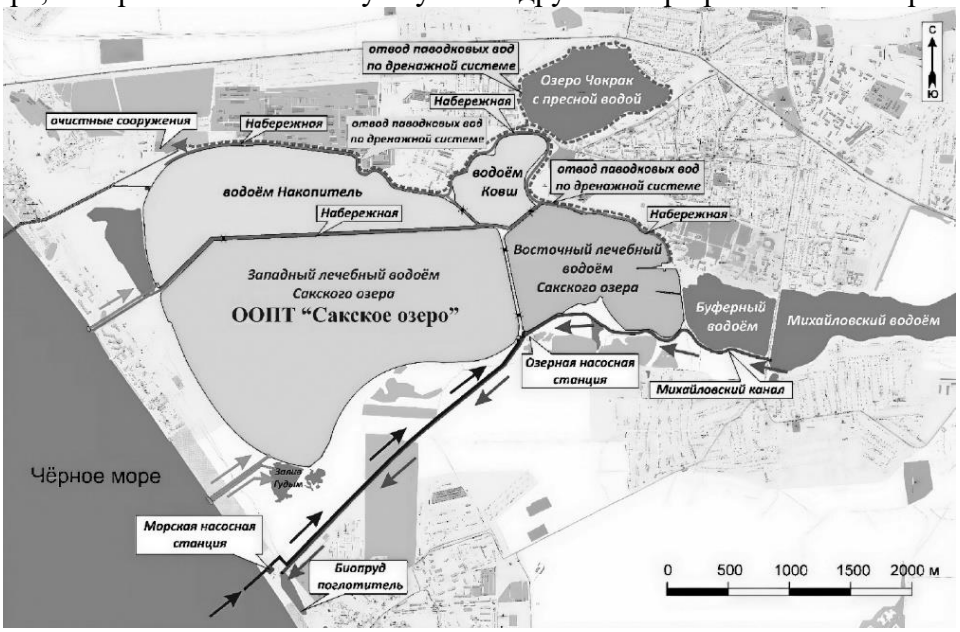


Рис. 5 Существующая и перспективная схема гидротехнических сооруженийдля водного питания лечебных и защитных водоемов Сакского озера

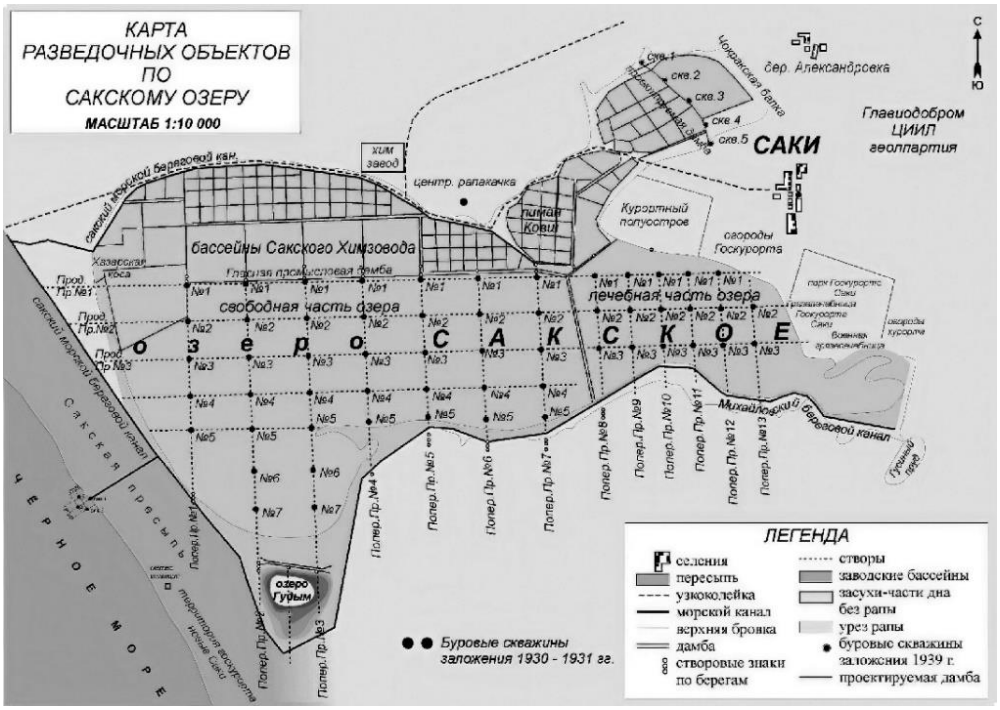


Рис. 5 Схема опробования донных отложений Сакского озера(проф. Дзенс-Литовский А.И., 1931 г.)

Литература.
1. Гидроминеральные лечебные и рекреационные ресурсы Крыма: монография / коллектив авторов. Редактор Тарасенко В.С., ответственный редактор Васенко В.И. − Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2024. − 380 с.
2. Гулов О.А. Экоцид Крымских соляных озер. Сб: Теория и практика восстановления внутренних водоемов. СПб.: изд-во «Лема», 2007 г. − с. 91-101.
3. Гулов О.А. О заводе, создавшем город Саки. «Редакция газеты «Слово города». − Саки, 2016 г. 30 с.
4. Ежов В.В., Васенко В.И., Гулов О.А. Бальнеологические характеристики крымской вулканической грязи булганакского месторождения. Медицина Кыргызстана. Многопрофильный научно-практический журнал №3. Бишкек, 2017. С 17-24.
5. Курнаков Н.С., Кузнецов В.Г., Дзенс-Литовский А.И., Равич М.П. Соляные озера Крыма. Изд-во АН СССР, Москва-Ленинград, 1936 г. − 279 с.

ON THE PROSPECTIVE DEVELOPMENT OF SANATORIUM-RESORT, TOURISM AND OTHER TYPES OF ECONOMIC ACTIVITY IN CRIMEA

V.I. Vasenko, Yu.V. Bobrik
Interregional Public Organization «Crimean Academy of Sciences»
Order of the Red Banner of Labor Medical Institute named after S.I. Georgievsky V.I. Vernadsky Crimean Federal University
Simferopol, Republic of Crimea, Russia
e-mail: v-vasenko@yandex.ru; yura.bobrik@mail.ru

Abstract. The promising development of the resort industry and other types of economic activity is associated with comprehensive geoecological studies of the natural resources of salt lakes, mound waters and pelites of mud volcanoes, mineral water sources, as well as the production of therapeutic and cosmetic products based on them.

Keywords. Hydromineral resources, anthropogenic factors, ecology, natural environment.

УДК 504.064.36:504.054:504.53

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ РАДИОНУКЛИДАМИ НА РАДИАЦИОННО-ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

С.Л.Гаврисенко [1], В.А.Лей [2], М.Н.Белая [3]
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
e-mail: slgavrisenko@sevsu.ru[1], ley777@bk.ru[2], belaya_079@mail.ru[3]

Аннотация. В статье рассмотрены особенности организации контроля загрязнения грунтов радионуклидами на радиационно-опасном объекте города Севастополя для целей создания системы экологического менеджмента. Предложен алгоритм комплексного подхода к данной процедуре с учётом геолого-геоморфологических и гидрогеологических условий, а также анализа грунтов территории и их свойств. Представлены результаты оценки удельной активности значимых радионуклидов в почве на территории радиационно-опасного объекта.

Ключевые слова: радиационно-опасный объект, радионуклид, почва, геоморфология, гидрогеология, активность радионкулид, техносфера.

Современная среда обитания человека – техносфера, представляет из себя совокупность различных элементов, которые создают её инфраструктуру и способствуют

повышению качества жизни и развития современного общества. Однако процессы, осуществляемые в ней, могут неблагоприятно сказываться на экологическом состоянии территории и приводить к её деградации. Поэтому на объектах повышенной опасности (радиационно-опасных, химически-опасных, взрывопожароопасных и др.) требуется организация непрерывного контроля за состоянием окружающей природной среды в пределах организации и, по необходимости, за пределами её территории. Данный мониторинг необходимо осуществлять по компонентам среды обитания и видам её загрязнения, исходя из целей и нужд осуществления контроля.

Наиболее значимыми объектами потенциального неблагоприятного воздействия являются радиационно-опасные объекты (РОО) на которых используются или хранятся источники ионизирующего излучения. При соблюдении требований безопасности и надежности эксплуатируемых систем критических воздействий на среду обитания не происходит, однако при авариях, взрывах и выбросах возможно образование стойкого радиоактивного загрязнения территорий. Поэтому для создания системы экологического менеджмента, как современного подхода к учёту приоритетов охраны окружающей среды при планировании и осуществлении деятельности РОО, необходимо осуществлять контроль загрязнения окружающей среды по её компонентам [1].

Как правило воздействие РОО на окружающую среду рассматривается как воздействие радионуклидов на воздух, почву и водные объекты. Воздействие на атмосферный воздух связано с работой вентиляции, контактирующей с ионизированной средой и холодными выбросами в атмосферу. Воздействие на водные объекты связано с возможными аварийными сбросами загрязненных радионуклидами вод. Воздействие на почву определяется аккумуляцией радионуклидов в почве при воздействии продуктов взрыва атомного реактора либо при нарушении технологии обращения с радиоактивными отходами и т.д.

В данной статье мы рассмотрим особенности организации контроля за загрязнением радионуклидами грунтов на территории РОО города Севастополя.

На территории города Севастополя самый значимый радиационно-опасный объект находится в составе ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет». Основным направлением деятельности, является проведение научно-исследовательской деятельности в области ядерной физики и подготовки специалистов для АЭС [2].

Для целей оценки рисков, связанных загрязнением грунтов радионуклидами необходимо провести следующие работы в рамках создания системы экологического менеджмента РОО:

1. Дать характеристику геолого-геоморфологическому строению территории.
2. Описать виды свойства грунтов на территории РОО.
3. Определить гидрогеологические условия территорий (коэффициент фильтрации почв) с целью определения рисков миграции радионуклидов.
4. Определить перечень точек пробоотбора для анализа загрязнения почвы радионуклидами.
5. Создать программу контроля за состоянием почвенного покрова с учётом конкретных индикаторов радиоактивного загрязнения.
6. Определить распространение наиболее значимые видов радионуклидов в почве на территории РОО.
7. Произвести количественные измерения свойств рассматриваемых радионуклидов в почве.
8. Определить критерии нормирования и безопасности.
9. Описать результаты исследования для целей системы экологического менеджмента для рассматриваемого РОО.

В геоморфологическом отношении территория РОО располагается в средней части водораздела, расположенного между Сухарной балкой и безымянной балкой, впадающей в бухту Голландия. В геоструктурном отношении РОО находится в пределах структуры I

порядка – Горно-Крымского сооружения и его составной структурной части II порядка – Севастопольско-Симферопольской моноклинали.

Непосредственно на территории РОО определен ряд геологических комплексов.

Современные биогенные отложения (bQ) представлены почвенно-растительным слоем с корнями растений и включениями дресвы известняка до 25 %, которые имеет повсеместное распространение и вскрыт всеми скважинами, за исключением застроенных и асфальтированных участков (Слой-1). Вскрытая мощность до 0,1 м.

Комплекс современных техногенных отложений (tQ) представлен следующими слоями:

- Техногенные насыпные грунты представлены суглинком коричневым легким песчанистым щебенистым твердым, с низким содержанием органического вещества, незасоленным. Щебень представлен обломками скальных и полускальных пород известняка. По давности отсыпки относятся к слежавшимся, распространены повсеместно, сверху задернован. Слой залегает в интервале от 0,1 до 0,5 м. (Слой -2). Вскрытая мощность изменяется в пределах от 0,2 до 0,4 м.
- Асфальт, выделен по рекогносцировочному обследованию и топографической сьемке. Имеет локальное распространение и залегает с поверхности мощностью до 0,2 м. (Слой-3)

Комплекс делювиально-пролювиальных четвертичных отложений (dpQ) представляет из себя суглинок светло-желтый твердый легкий песчанистый, незасоленный. Они распространены по всей территории РОО и перекрывают коренные породы, залегают в интервале глубин 0,3 – 2,0 м, вскрытой мощностью от 0,4 до 1,6 м.

Сарматский ярус на исследуемом участке представлен переслаиванием детритовых, и пелитоморфных разностей известняков различной степени выветрелости и трещиноватости. Повсеместно неогеновые породы перекрыты четвертичными грунтами и насыпными образованиями. Вскрыты интервалах глубин от 0,5 до 2,0 м, мощностью от 3,0 до 9,5 м.

Комплекс коренных отложений: миоценовые отложения сарматского яруса (N1s) представлен следующими структурами:

- Известняк доломитовый светло-желтый средней прочности, среднепористый, слабовыветрелый, неразмягчаемый, труднорастворимый, местами – кавернозные (каверны заполнены суглинистым материалом – ИГЭ-1-322). Структура известняков – органогенная. В известняках незакономерно встречаются прослои гравелитов. Залегает в интервалах глубин от 1,0 до 10,0 м, вскрытой мощностью от 1,0 до 7,4 м.
- Известняк доломитовый серый пониженной прочности, средней плотности, среднепористый, средневыветрелый, неразмягчаемый, труднорастворимый с прослоями гравелитов, незакономерно распространенных по толще. Структура известняков – органогенная. Залегает в интервалах глубин от 0,5 до 5,0 м, вскрытой мощностью от 0,9 до 4,3 м.

Анализ грунтов на территории РОО показал, что толща грунтовых отложений, согласно с ГОСТ 25100-2020 [3] относится по природе структурных связей – к классу дисперсных (Слой-2, ИГЭ-1-322) и классу полускальные и скальные, тип – осадочные, вид – карбонатные (ИГЭ-2-163, ИГЭ-2-165).

Грунты четвертичного возраста на территории РОО представлены биогенными, техногенными и делювиальными отложениями.

Рассмотрим некоторые свойства представленных грунтов. Техногенные насыпные грунты представлены суглинком коричневым легким песчанистым щебенистым твердым, с низким содержанием органического вещества, незасоленным. Характеризуются неоднородной плотностью сложения – коэффициент пористости изменяется от 0,700 до 0,776 д.ед., плотность сухого грунта – от 1,51 до 1,58 г/см^3 (в основном больше 1,56 г/см^3), плотность грунта варьирует в диапазоне 1,80 – 1,85 г/см^3. (Слой -2). Суглинок светло-желтый (ИГЭ-1-322) твердый легкий песчанистый, незасоленный. коэффициент пористости изменяется от 0,584 до 0,646 д.ед., плотность грунта 1,87 – 1,82 г/см^3, плотность сухого грунта 1,64 –

1,70 г/см^3. Известняк доломитовый светло-желтый (ИГЭ-2-163) средней прочности, среднепористый, слабовыветрелый, неразмягчаемый, труднорастворимыйс плотностью грунта составляет 2,17 – 2,45 г/см^3. Известняк доломитовый серый (ИГЭ-2-165) пониженной прочности, средней плотности, среднепористый, средневыветрелый, неразмягчаемый, труднорастворимый, плотность грунта составляет 2,09 – 2,14 г/см^3.

Для целей анализа риском миграции радионуклидов в почве необходимо оценить гидрогеологические условия. В гидрогеологическом отношении район РОО расположен в пределах Равнинно-Крымского артезианского бассейна 1-го порядка и полностью относится к Альминскому артезианскому бассейну 2-го порядка. Для каждого грунта необходимо определить коэффициент фильтрации и дать характеристику водопроницаемости грунтов. Были получения следующие значения коэфициента фильтрации:

1. Суглинок легкий песчанистый твердый незасоленный (ИГЭ-1-322), составил $1{,}15 \cdot 10^{-7}$ м/сут.
2. Известняк доломитовый средней прочности плотный среднепористый слабовыветрелый неразмягчаемый труднорастворимый (ИГЭ-2-163) – 0,191 м/сут.
3. Известняк доломитовый пониженной прочности средней плотности среднепористый средневыветрелый неразмягчаемый труднорастворимый (ИГЭ-2-165) – 0,279 м/сут.

Полученные значения коэффициентов фильтрации по классификации ГОСТ 25100-2020 соответствуют водонепроницаемым грунтам.

Контроль состояния почвенного покрова на территории объекта осуществлялся по программе отбора проб на семи точках. Оценка производилась для таких радионуклидов как Sr-90, K-40, Cs-137, Ra-226, Ra-228, Th-228, U-235. Точки отбора проб находятся по периметру объекта, а также с местом временного хранения радиоактивных отходов. За критерий оценки загрязнения грунтов радионуклидами был взят показатель удельной активности радионуклидов. Результаты оценки активности рассматриваемых радионуклидов в почве представлены на в таблице 1.

Таблица 1

Распределение удельной активности радионуклидов в исследуемых пробах почвы на РОО

Номер точек пробоотбора	Наименования и значения активности радионуклидов (Бк/г)						
	Sr-90	Th-228	Cs-137	Ra-226	K-40	U-235	Ra-228
1	0,0021	0,023	0,031	0,011	0,11	0,0016	0,0023
2	0,0026	0,028	0,046	0,015	0,22	0,0022	0,024
3	0,0035	0,052	0,58	0,073	0,18	0,0085	0,019
4	0,0021	0,049	0,31	0,078	0,2	0,0069	0,029
5	0,0035	0,06	0,49	0,063	0,38	0,0057	0,025
6	0,0031	0,041	0,23	0,058	0,17	0,0069	0,019
7	0,0028	0,021	0,037	0,012	0,13	0,0032	0,019

Оценка удельной активности радионуклидов в почве выявила превышение предельного значения активности по радионуклиду Cs-137, согласно с приложением 3 (Удельные активности техногенных радионуклидов, при которых допускается неограниченное использование твёрдых материалов) СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила и нормативы обеспечения радиационной безопасности» [4] допустимая активность по данному радионуклиду составляет 0,1 Бк/г, однако выявленная активность не даёт возможности отнести пробу к радиоактивным отходам согласно с приложением 5 (Предельные значения удельной и объёмной активностей радионуклидов в отходах для отнесения их к радиоактивным отходам) этот факт требует организации дополнительного контроля и мониторинга за местами отбора данных проб (для отнесения цезия-137 к радиоактивным отходам его активность должна составлять 10 Бк/г.)

Таким образом приведенный пример организации контроля, согласно с предложенным алгоритмом, может стать основой для комплексной оценки загрязнения грунтов радионуклидами для целей системы экологического менеджмента на РОО.

Литература.

1. Гаврисенко, С. Л. Особенности разработки системы экологического менеджмента как элемента интегрированной системы менеджмента качества на радиационно-опасном объекте / С. Л. Гаврисенко, М. Н. Белая // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д.И. Менделеева, посвященной 60-летию ТИУ : Сборник статей конференции. В 3-х томах, Тюмень, 21–23 ноября 2024 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2025. – С. 259-261. – EDN AHFTDA.
2. Гаврисенко С.Л. Оценка воздейсвтия радиоционно-опасного объекта города Севастополя на окружающую среду/ С.Л. Гаврисенко// Сборник материалов III Молодежной научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки в Севастопольском государственном университете, Севастополь, 10 февраля 2025 г. – Севастополь: СевГУ, 2025. – С. 51. – URL: https://psv4.userapi.com/s/v1/d/NcYBXB8kr6e_ajCIXIFfQc9HuHqpXXawuUD2byLY8XrPSWG_gw407Qmzf8TrLng3hRV3EYZNQopQvzdtxjsIe8c36md019ON7KOZmgg3TMNkt2xwfL1N1A/Sbornik_III_Molodyozhnoy_nauchno_prakticheskoy_konferentsii_2025.pdf
3. ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация. - М.: Стандартинформ, 2020.
4. СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила и нормативы обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ0-99/2010): утвержден постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26 апреля 2010 г. N 40. – URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=221108.

ORGANIZATION OF SOIL CONTROL POLLUTION WITH RADIONUCLIDES AT A RADIATION-HAZARDOUS OBJECT IN THE CITY OF SEVASTOPOL

Gavrisenko S.L1., Ley V.A2., Belaya M.N3., Sevastopol State University
e-mail slgavrisenko@sevsu.ru[1], ley777@bk.ru[2], belaya_079@mail.ru[3]

Abstract. The article considers the features of the organization of control over soil contamination with radionuclides of the radiation-hazardous object of the city of Sevastopol for the purposes of creating an environmental management system. An algorithm for an integrated approach to this procedure is proposed, taking into account geological, geomorphological and hydrogeological conditions, as well as an analysis of the soils territory soils and their properties. The results of assessing the specific activity of significant radionuclides in the soil of the radiation-hazardous object territory are presented.

Keywords: radiation hazardous object, radionuclide, soil, geomorphology, hydrogeology, radionuclide activity, technosphere.

УДК 622.837

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЗАТОПЛЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ЛИКВИДИРУЕМЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ С ПОМОЩЬЮ ГИДРОГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Н. Н. Грищенков[1], Л.А. Камбурова[2], Е.А. Бардакова[3]

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, Россия.

e-mail: gringm104@gmail.com, gringm@gmail.com[1], ranimi@ranimi.org[2], bardakova-kgr@mail.ru[3]

Аннотация. В статье рассматривается проблема прогнозирования сдвижения земной поверхности при затоплении ликвидируемых угольных шахт Донбасса. Использование гидрогеомеханического моделирования позволяет оценить деформационные процессы в массиве горных пород и на поверхности с учетом изменения гидрогеологических условий. Проведен анализ влияния подъема уровня подземных вод на устойчивость породного массива и формирование земной поверхности.

Ключевые слова: геомеханика, гидрогеомеханическое моделирование, сдвижение земной поверхности, затопление шахт, методика прогноза, объем перетока, Донбасс.

Введение. Ликвидация угольных шахт в Донбассе сопровождается затоплением подземных выработок, что приводит к изменению напряженно-деформированного состояния массива горных пород и сдвижению земной поверхности. Этот процесс может вызывать опасные изменения, включая оседания земной поверхности, трещинообразование и активизацию процесса образования зон водопроводящих трещин. Для прогнозирования перечисленных явлений применяется гидрогеомеханическое моделирование, которое учитывает взаимодействие фильтрационных и механических процессов.

Ликвидация угольных шахт в Донбассе является сложным геотехническим процессом, сопровождающимся изменением гидрогеологических и геомеханических условий горного массива. Прекращение водоотлива приводит к постепенному затоплению подземных выработок, что вызывает: подъем уровня подземных вод и изменение гидродинамического режима; изменение физико-механических свойств вмещающих пород; активизацию опасных геомеханических процессов (оседания, провалы, оползни).

Так как в условиях Донбасса наблюдается высокая плотность закрывающихся шахт, превалируют густонаселенные территории в зонах влияния и сложная геологическая структура (большое количество разломов, неоднородность пород), в силу выше сказанного проблема приобретает особую актуальность.

Методика исследования. К моменту закрытия шахт многократно подработанный массив имеет зоны расслоений, зависаний, участки с техногенными разрывами. В процессе затопления прочностные свойства, особенно глинистых пород, уменьшаются, что может привести к потере установившегося равновесия толщи пород и активизации процессов сдвижения, в результате чего возникнут дополнительные сдвижения земной поверхности. При этом можно выделить следующие условия и причины активизации процесса сдвижения: активизация тектонических нарушений; активизация участков проявления сосредоточенных деформаций в результате уплотнения пород в зонах обрушений.

На активизацию процесса сдвижения [1] земной поверхности при затоплении шахт Донбасса влияют несколько основных факторов, которые можно разделить на геологические, гидрогеологические и горнотехнические.

К геологическим факторам относится тектоническая нарушенность, литологический состав пород, угол падения пласта, степень метаморфизма (марка) угля, глубина залегания балансовых запасов.

К основным гидрогеологическим факторам, влияющим на параметры активизации процесса сдвижения относится объем поступающей в горные выработки воды, коэффициент фильтрации горного массива, техногенная и природная пустотность.

К горнотехническим факторам, оказывающим воздействие на прогноз сдвижения относятся методы подготовки панелей и разработки очистных забоев, способ ликвидации шахты, густота и глубина горных выработок, а также наличие старых горных выработок у поверхности (19-20вв.) [2]

Исследование изменений уровня шахтных вод на разных угольных предприятиях демонстрирует возможность моделирования динамики изменения абсолютной отметки воды во времени.

Время затопления того или иного интервала шахты оценивается согласно исследованиям [3] по следующей формуле:

$$t_i = \frac{k_з \cdot V_i}{Q_{ср} - \sum Q_i} \qquad (1)$$

где $k_З$ –коэффициент заполнения объема горных выработок; V_i – объем горных выработок в интервале затопления, м^3; $Q_{ср.}$ – средняя величина водопритока в шахту для рассматриваемого интервала затопления, м^3/сут; ΣQ_i – средняя величина общего перетока из затапливаемой шахты в смежные для того же интервала глубины, м^3/сут.

Средняя величина водопритока в шахту для рассматриваемого интервала может быть определена из выражения:

$$Q_{ср} = (Q_{српр} + Q_ф) / 2 \qquad (2)$$

где: $Q_{српр}$ – проектный водоприток, м^3/сут. $Q_ф$ – фактический водоприток, м^3/сут.

Среднюю проектную величину водопритока ($Q_{српр}$) в шахту для рассматриваемого проектного уровня затопления согласно [4] возможно определить из выражения:

$$Q_{српр} = Q_ф \cdot \sqrt{\frac{H_ф}{H_{пр}}} \qquad (3)$$

где $Q_{српр}$. – проектный водоприток, м^3/сут; $Q_ф$ – фактический водоприток, м^3/сут;
$H_ф$ – фактическая глубина затопления, м; $H_{пр}$ – проектная глубина затопления, м.

Когда одну шахту затапливают, вода может проникнуть в соседнюю шахту двумя путями: через барьерные целики (оставленные нетронутые участки породы) – в этом случае скорость перетока оценивают по формуле Дарси, которая учитывает свойства породы; через скважины или соединительные выработки – например, через разведочные, дренажные или старые технологические стволы, связывающие шахты.

Определение средней величины общего перетока (ΣQ_i) из затапливаемой шахты в смежные для некоторого интервала глубины можно представить как сумму:

$$\sum Q_i = Q_{ПГС} + q_i \qquad (4)$$

где $Q_{пгс}$ – расход воды, поступающей через прямые гидравлические связи, м^3/сут;
q_i – объем воды фильтрующейся через разделяющий выработки массив, м^3/сут;

Согласно [3], в подобных ситуациях объем перетока следует рассчитывать, опираясь на следующую формулу:

$$Q = 4 \cdot 10^3 \cdot b^2 \sqrt{\frac{Kg}{\frac{0,03L}{b}}} \qquad (5)$$

где $Q_{пгс}$ – расход воды, поступающей через выработку, м^3/сут.; b – диаметр выработки, м; K – начальный напор над устьем выработки, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2; L – длина скважины от устья до затопленной выработки, м.

Формула Дарси позволяет рассчитать фильтрацию через целики:

$$q_i = k_ф \cdot m \cdot B_i \cdot \frac{\Delta H_i}{L_i} \qquad (6)$$

где q_i - объем перетоков через разделяющий выработки массив, $м^3$/сут; $k_ф$ – коэффициент фильтрации водоносного горизонта (слоев песчаников или известняков, участвующих в обводнении горных выработок), м/сут; m – мощность водоносного горизонта, м; B_i и L_i – соответственно ширина фронта перетока и длина пути фильтрации (размер целика), определяемые для каждого расчетного интервала по планам горных работ, м; ΔH_i – среднее значение перепада напоров, равное разности отметок уровня затопления и горных выработок смежной шахты в рассматриваемом расчетном интервале глубины, м.

Стоит отметить, что согласно исследованиям [5] в пределах техногенно-нарушенного массива коэффициент фильтрации может отличаться в несколько раз, в сравнении с ненарушенным массивом. Определение значения коэффициента фильтрации в данном случае рационально производить с использованием выражения:

$$K_{ФЗВТ} = K_Ф \cdot (50 \cdot m / H)^3 \quad (7)$$

где $К_{фзвт}$ – коэффициент фильтрации зоны водопроводящих трещин;

$К_ф$ – коэффициент фильтрации, $м^3$/сут;

m – вынимаемая мощность пласта, м;

H – расстояние от выработанного пространства до выработанного слоя, расположенного в пределах зоны водопроводящих трещин, м.

Такой метод позволяет определять время затопления определенного интервала горного массива с учетом его техногенной нарушенности. Данный методологический подход создает основу для решения важной практической задачи - определения временных рамок активизации сдвижений, вызванных затоплением горных выработок.

Достоверный прогноз сроков заполнения водой выработанных пространств позволяет установить критические периоды, когда следует ожидать интенсификации деформационных процессов на поверхности.

Предложенный подход может лечь в основу прогноза: моментов начала оседания почвы, вызванных затоплением шахтных выработок; продолжительности процесса сдвижения; оптимальных мест и времени для размещения станций мониторинга с целью эффективного наблюдения за изменениями земной поверхности.

Определение величины оседаний для каждого интервала затопления возможно осуществлять с применением зависимости, приведенной в [6]

$$m_0 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot m_в \quad (8)$$

где где $К_1$ – коэффициент, зависящий от степени метаморфизма углей (угли марки А – $К_1$ = 1,0; угли марок ТС, Т, ОС, КС, КЖ, К, Ж – $К_1$=0,8; угли марок ГЖС, ГЖ, Г, ДГ, Д – $К_1$ = 0,6); $К_2$ – коэффициент, зависящий от последующих подработок горной выработки нижележащими пластами ($К_2$ = 1,0, если выработка не была подработана; $К_2$ = 0,8, если выработка подработана одним пластом; $К_2$ = 0,5, если выработка была подработана 2-мя и более пластами); $К_3$ – коэффициент, зависящий от наличия пустот и зон разуплотнений (принимается по результатам дополнительных исследований); $К_4$ – коэффициент, зависящий от обводнённости горных пород ($К_4$ = 0,5, если горные выработки затоплены, и $К_4$ = 1,0, если горные выработки не затоплены); $К_5$ – коэффициент, зависящий от глубины горных работ, м.

В связи с тем, что в ряде случаев неоднократно фиксировались деформации земной поверхности [7] при затоплении глубоких горизонтов, коэффициент $К_5$ предлагается определять из выражения:

$$K_5 = 1,3878e^{-0.006H} \quad (9)$$

где H – глубина затапливаемых горных выработок, м.

Учитывая сложную морфологию пласта процесс активизации сдвижений земной поверхности при затоплении горных выработок возможно разделить на три этапа: - начальная стадия активизации от затопления определенного интервала глубин; - совместное влияние вновь активизировавшихся от затопления интервалов и ранее затопленных участков; - затухание сдвижений на участках, расположенных в пределах влияния выработок исчерпавших потенциал активизации.

Реализация моделирования подобного подхода приведена на рисунках 1 – 3.

Рис.1 – Оседания от выработок на затапливаемом участке с отметкой затопления -140 (красные зоны)

Рис. 2 – Оседание земной поверхности в динамике с отметкой затопления -10 (красные зоны – оседания на затапливаемом уровне, зеленые зоны – реализующие оседания от ранее затопленных выработок, синие зоны – реализованные оседания от ранее затопленных выработок)

Рис. 3 – Оседание земной поверхности в динамике с отметкой затопления +80 (красные зоны – оседания на затапливаемом уровне, зеленые зоны – реализующие оседания от ранее затопленных выработок, синие зоны – реализованные оседания от ранее затопленных выработок)

Заключение. В результате проведенных исследований представлена методика прогноза деформаций земной поверхности с учетом фактора времени. Данная методика позволяет прогнозировать продолжительность сдвижения земной поверхности при затоплении шахт и своевременно разрабатывать меры по снижению рисков. Для усовершенствования данной методики и введения поправочных коэффициентов необходимо проведение мониторинга деформаций земной поверхности при затоплении горных выработок с момента остановки последнего забоя на угледобывающих предприятиях до достижения уровня воды проектной отметки при затоплении шахты. Полученные результаты позволят оптимизировать затраты на организацию мониторинга за сдвижением земной поверхности, обеспечит возможность своевременного принятия мер защиты зданий и сооружений и позволит сократить затраты на строительство водоотливных комплексов.

Исследования проводились в ФГБНУ «РАНИМИ» в рамках государственного задания (№ FRSR-2023-0002).

Литература.
1. Иванова, Л. А. Причины деформирования конструкций здания горного лицея в зоне влияния шахты «Юный Коммунар» / Л. А. Иванова, Т. И. Рахманова, Ф. М. Голубев, Е. Т. Сушко, С. Д. Скрипка // Труды РАНИМИ: сб. науч. тр. – Донецк, 2022. – № 18-19 (33-34). – С. 82-93.
2. Грищенков, Н. Н. Оценка технического состояния зданий на подрабатываемых склонах мезорельефа / Н. Н. Грищенков, Л. А. Иванова, Т. И. Рахманова, Е. Т. Сушко, В. П. Сажнев // Труды РАНИМИ: сб. науч. тр. – Донецк, 2024. – № 4 (42). – С. 59-72.
3. Гавриленко Ю. Н. Техногенные последствия закрытия угольных шахт: Монография/ Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермакова. – Донецк, 2004. – 631 с.
4. Методические положения по решению гидрогеологических задач при разработке проекта ликвидации шахты. Донецк 1995 г. – 17 с.
5. Черникова, С.А. Геогидродинамическое обоснование мониторинга процесса затопления угольных шахт Донбасса (на примере Стахановско-Брянковского региона): автореф. дис. кан. тех. наук. – Пермь, 2004. – 24 с.
6. КД 12.12.004-98 Ликвидация угольных шахт. Защита земной поверхности от затопления горных выработок. Рекомендации: МУП Украины – Донецк. – 1998. – 46 с.
7. Голубев, Ф.М. Особенности параметров сдвижения многократно подработанной очистными выработками земной поверхности при ликвидации угледобывающих предприятий [Текст] / Ф.М. Голубев // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2020. – № 4 (73). С. 62-69.

GEOMECHANICAL PREDICTION OF GROUND SURFACE DISPLACEMENT DURING FLOODING OF MINE WORKINGS OF LIQUIDATED COAL MINES USING HYDROGEOMECHANICAL MODELING

N.N. Grishchenkov[1], L. A. Kamburova[2], E. A. Bardakova[3]
e-mail: gringm104@gmail.com, gringm@gmail.com[1], ranimi@ranimi.org[2], bardakova-kgr@mail.ru[3]
Federal state budgetary scientific institution «Republican academic research and design institute of mining geology, geomechanics, geophysics, and mine surveying», Donetsk, DPR, Russia.

Abstract. The article discusses the problem of predicting the displacement of the earth's surface during the flooding of liquidated coal mines in the Donbas region. The use of hydrogeomechanical modeling allows for the assessment of deformation processes in the rock mass and on the surface, taking into account changes in hydrogeological conditions. The article analyzes the impact of rising groundwater levels on the stability of the rock mass and the formation of the earth's surface.

Keywords: geomechanics, hydrogeomechanical modeling, ground surface movement, mine flooding, forecasting methodology, flow volume, Donbass.

УДК 622.837

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРОВАЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ЗАСТРОЙКЕ ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В. А. Дрибан[1], Б. В. Хохлов[2], А.В. Антипенко[3]

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела» (ФГБНУ «РАНИМИ»), г. Донецк, Российская Федерация

e-mail: viktor-driban@yandex.ru[1], hbv@bk.ru[2], ministrxp@mail.ru[3]

Аннотация. В статье рассмотрена возможность застройки территорий, подработанных горными выработками на малых глубинах. Были определены провалоопасные зоны земной поверхности, а также период, в течение которого они представляют угрозу. Практическим результатом проведенных исследований стала выдача заключения о возможности строительства детского реабилитационного центра на подработанной территории.

Ключевые слова: горная выработка, повреждения земной поверхности, нейронный алгоритм, техногенно-нагруженные территории.

Многолетняя отработка угольных пластов Донбасса привела к подработанности обширной площади бассейна на малых глубинах. Небольшая глубина ведения горных работ и, как следствие, малое горное давление, а также применение целиковых систем поддержания кровли, способствовали сохранению пустот в выработках старых шахт [1]. Со временем, при обводнении, разрушении целиков и оставленных охранных или крепежных конструкций, происходит заполнение сохранившихся пустот вышележащими породами с активизацией смещений в породной толще. Это приводит к образованию локальных оседаний, сопровождающихся значительными деформациями земной поверхности вплоть до провалов. Такие явления зафиксированы практически во всех горнопромышленных районах Донбасса. В результате реструктуризации угольной промышленности Донбасса, по причине остановки шахтных водоотливов и восстановления уровня грунтовых вод, происходит затопление горных выработок. Это, в свою очередь, увеличивает вероятность активизации процессов сдвижения на верхних горизонтах уже в обозримом будущем. При обеспечении безопасной жизнедеятельности на техногенно-нагруженных территориях [2], эти явления занимают особое место, а работа по выявлению провалоопасных зон является актуальной научно-прикладной задачей, которая имеет важное народнохозяйственное значение.

Методика построения провалоопасных зон над старыми горными выработками и участками близкого к поверхности расположения горных выработок в условиях пологого, наклонного и крутого залегания угольных пластов подробно описана и опубликована в [3].

Разработка методики производилась на основании действующих в настоящее время нормативно-методических документов [4], [5] с использованием российских методических руководств [6**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Согласно методике [3], на территории участка предполагаемого строительства детского реабилитационного центра, выделена только одна провалоопасная зона – над частью 1-го западного откаточного штрека пласта k_5^1 шахты № 1-1 бис (рисунок 1), расположенной на глубине 26 м от поверхности карбона. Поскольку выработка горизонтальная, и в ней отсутствуют условия для перепуска обрушенных пород, то вероятность образования над ней провалов земной поверхности достаточно низка, и территория может использоваться для застройки.

Дополнительно был выполнен прогноз вероятности образования провалов земной поверхности на участке предполагаемого строительства с помощью методов искусственного интеллекта.

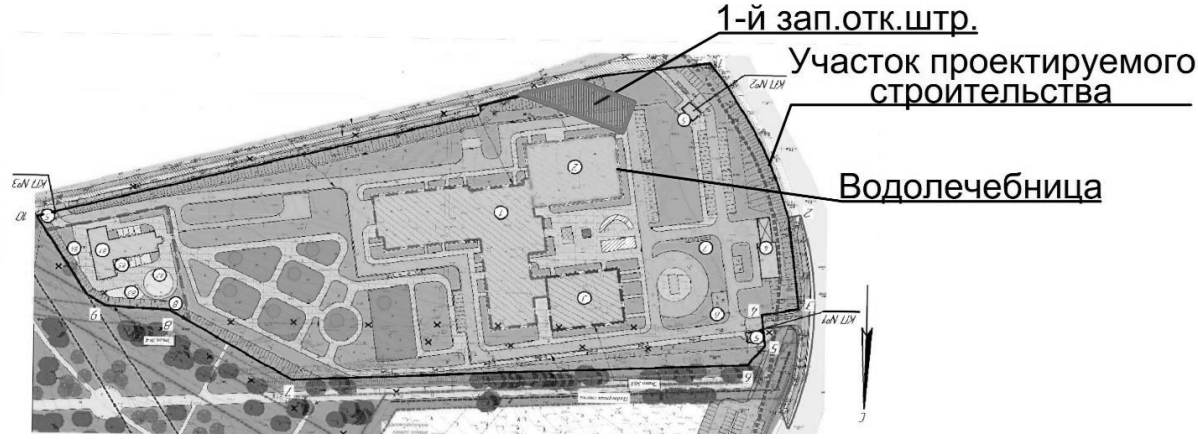


Рис. 1 – План участка проектируемого строительства с нанесенной зоной, опасной по образованию провалов

Для этого, использовалась разработанная в институте нейронная сеть. Сеть разрабатывалась с учетом требований нормативных документов [4**Ошибка! Источник ссылки не найден.**], [5] и исследований [7]-[9], и обеспечивает прогноз вероятности возникновения провалов земной поверхности с точностью до 94,6%. Предложенная методика была опробована на шахтах Донецко-Макеевского, Торезско-Снежнянского и Гуково-Зверевского районов Донбасса [10]-[15].

Оценка провалоопасности участка проектируемого строительства проводилась в три этапа. На первом этапе были выполнены предварительные построения. В графическом редакторе к цифровой растровой копии плана поверхности района привязывалась аналогичная копия плана горных выработок шахты № 1-1 бис по пласту k_5^1. На план поверхности была перенесена линия выхода пласта под наносы. Далее линия выхода пласта клонировалась в сторону падения с интервалом, учитывающим величину угла падения, который изменялся на разных участках от 18º до 23º. Таким образом, на плане дневной поверхности была получена еще одна поверхность, приблизительно соответствующая поверхности пласта в изоглубинах по карбону с шагом по глубине 20 м.

На втором этапе, на графике изоглубин по карбону пласта были нанесены границы нейрозон (рисунок 2), с учетом реальных контуров горных выработок.

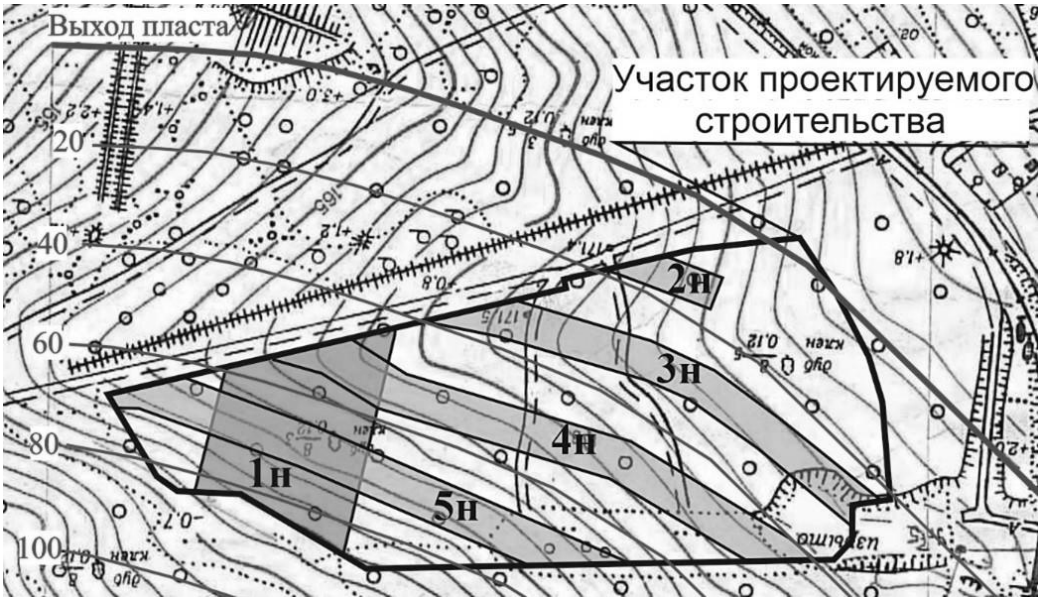


Рис. 2 – Фрагмент плана поверхности с нанесенными границами нейрозон

На третьем этапе был выполнен расчет для условий поддержания выработок, характерных для участка проектируемого строительства, а именно: угол падения пород 18°-19º; угол наклона выработки 0º-19°; глубина расположения выработок до 83 м (таблица 1). Расчет показал, что для наклонной выработки время провалообразования не превышает 75 лет, для горизонтальных выработок – не более 98 лет.

Как видно из данных таблицы 1, в зонах 2н, 3н и 4н процесс провалообразования уже должен был завершиться. На настоящий момент вероятность протекания процессов провалообразования в указанных зонах низка и их можно исключить из дальнейшего анализа. А учитывая, что выработки являются горизонтальными и в них отсутствуют условия для перепуска обрушенных пород – вероятность образования над ними провалов земной поверхности можно исключить.

Таблица 1

Расчет провалоопасности горных выработок в пределах участка проектируемого строительства

№ зоны	Интервал глубин по карбону, м	Возраст выработки, лет	Угол падения пород, град	Угол наклона выработки, град	Время формирования провалов, лет
1н	45-83	70	18	19	3-75
2н	17-26	74	18	0	0-6
3н	26-38	71	18	0	6-26
4н	36-58	71	18	0	22-68
5н	65-73	69	18	0	82-98

После окончания горных работ и отключения водоотлива горные выработки неизбежно подвергаются затоплению, что снижает прочностные характеристики вмещающих выработки пород и вызывает ускорение процессов провалообразования. Учитывая сказанное, в оставшихся двух зонах целесообразно просчитать время провалообразования с учетом гидрогеологического фактора (таблица 2).

Таблица 2

Расчет провалоопасности горных выработок в пределах участка проектируемого строительства с учетом гидрогеологического фактора

№ зоны	Интервал глубин по карбону, м	Возраст выработки, лет	Угол падения пород, град	Угол наклона выработки, град	Время формирования провалов, лет
1н	45-83	70	18	19	0-1
5н	65-73	69	18	0	18-34

Данные таблицы 2 показывают, что с учетом гидрогеологического фактора процесс провалообразования в зонах 1н и 5н уже должен был завершиться более 30 лет назад.

Таким образом, вероятность образования провалов земной поверхности над старыми горными выработками, расположенными в контуре участка проектируемого строительства, исключена.

Аналогичные работы были проведены и в других районах, на шахтах Донецко-Макеевского, Торезско-Снежнянского и Гуково-Зверевского районов Донбасса [10]-[15], где выделенные нормативные провалоопасные зоны были разделены на опасные, опасные в будущем и не опасные.

Выводы.

Разработан эффективный механизм прогноза образования провалов, который позволяет разделить провалоопасные зоны на: зоны, в которых возможно образование провалов в течении ближайших 20 лет; зоны, которые могут быть опасны в будущем и зоны, в которых процессы провалообразования уже завершены, и они не являются опасными.

Прогноз провалоопасности старых горных выработок, расположенных на участке проектируемого строительства показал, что вероятность повреждения земной поверхности, крайне мала. Это обусловлено рядом факторов, таких как возраст выработок, глубина их залегания, состав породной толщи над кровлей и отсутствие условий для перепуска обрушенных пород. Дополнительно, с помощью нейронного алгоритма был выполнен анализ времени, в течение которого выработки представляют опасность для объектов земной поверхности. По результатам анализа видно, что выработки, расположенные на участке предполагаемого строительства, перестали представлять угрозу земной поверхности более 30 лет назад.

Таким образом, применение алгоритма, основанного на методах искусственного интеллекта повышает точность определения зон земной поверхности, подверженных риску образования провалов, а также позволяет прогнозировать примерный период времени, в течение которого эти зоны представляют наибольшую опасность. Как следствие – возвращение в обиход участков земной поверхности, ранее признанных непригодными для строительства или хозяйственной деятельности. Дальнейшее использование нейросетевых моделей для оценки провалоопасности позволит уменьшить размеры провалоопасных зон и оптимизировать расходы на мероприятия по защите земной поверхности от негативного воздействия горных работ.

Исследования проведены в рамках выполнения фундаментальной научно-исследовательской работы FRSR – 20230006 «Исследование устойчивости и трансформации напряженно-деформированного состояния обводненных массивов горных пород».

Литература.

1. Дрибан, В. А. Разработка системы прогноза обрушений земной поверхности над погашенными горными выработками / В. А. Дрибан, А. Н. Феофанов, И. В. Назимко // Проблеми гірського тиску: зб. наук. пр. –Донецьк, 2009. – № 17. – С. 22-57.
2. Дрибан, В. А. Мониторинг вертикальных горных выработок, имеющих выход на земную поверхность, при реструктуризации горных предприятий / В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Инновационные перспективы Донбасса». – Донецк, 2017. – Том 1. – С. 41-46.
3. Хохлов Б. В. Методика построения и обследования зон, опасных по провалам / Б. В. Хохлов, В. А. Дрибан, С. В. Голдин, А. М. Терлецкий, М. Д. Рожко // Труды РАНИМИ: сб. науч. тр. – Донецк, 2019. – № 7 (22). – С. 142-157.
4. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом: ГСТУ 101.00159226.001 – 2003: утв. Минтопэнерго Украины 28.11.2003: ввод в действие с 28.11.2003. –Донецк: ООО «АЛАН», 2004. – 128 с.: ил.
5. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях: ПБ 07-269-98: утв. Госгортехнадзором России 16.03.1998: ввод в действие с 01.10.1998. – М., 1998. – 203 с.: ил.
6. Методическое руководство «О порядке выделения провалоопасных зон и выбора комплекса технических мероприятий по выявлению и ликвидации пустот на ликвидируемых шахтах Восточного Донбасса». – М.: ИПКОН РАН, 2007. – 34 с.
7. Driban, V. Vorhersage des erdoberflächeabsturzes oberhalb der alten kohlengrubenräumen / V. Driban, V. Nazimko, A. Feofanov, I. Khalymendyk // Altbergbau Kolloquium. – Freiberg, 2010. – P. 391-400.
8. Дрибан, В. А. Особенности провалообразований в Донбассе и пути решения проблемы / В. А. Дрибан, А. Н. Феофанов // Зб. наук. праць Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні технології розробки рудних родовищ». – Кривий Ріг, 2011. – С. 85-87.
9. Дрибан, В. А. Особенности развития провалообразований над наклонными стволами / В. А. Дрибан, А. Н. Феофанов, С. В. Голдин // Наукові праці УкрНДМІ НАН України: зб. наук. пр. – Донецьк, 2010. – № 7. – С. 14–28.
10. Дрибан, В. А. Прогноз провалоопасности подработанных территорий при затоплении

горных выработок шахт Торезско-Снежнянского района на основе методов искусственного интеллекта / В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, Д. М. Хламов, А. В. Антипенко // Труды РАНИМИ, 2023. - № 20-21 (35-36). – С. 47-65.
11. Дрибан, В. А. Анализ возможности возникновения провалов земной поверхности при затоплении горных выработок на примере шахты им. В.М. Бажанова / В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, Д. М. Хламов, А. В. Антипенко // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2023. – № 1(82). – С. 93-107. – DOI 10.24412/0136-4545-2023-1-93-107. – EDN SJNCKX.
12. Дрибан, В. А. Прогноз образования провалов на подработанных территориях методом искусственного интеллекта на основе нейронных сетей / В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, А. В. Антипенко // Проблемы недропользования. – 2024. – № 3(42). – С. 51-61. – EDN VWHIXK.
13. Дрибан, В. А. О применении нового подхода к прогнозу провалообразования в приповерхностной зоне обводненных массивов для оценки рисков при затоплении шахты «Антрацит» / В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, А. В. Антипенко // Маркшейдерия и недропользование. – 2024. – № 6(134). – С. 40-49. – DOI 10.56195/20793332_2024_6_40_49. – EDN UBYAYN.
14. Дрибан, В. А. Прогноз вероятности образования провалов земной поверхности на горном отводе шахты "Ростовская" при ее затоплении / В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, А. В. Антипенко, С. В. Голдин // Труды РАНИМИ. – 2024. – № 1(39). – С. 63-77. – DOI 10.24412/1996-885X-2024-139-005. – EDN TBRLZP.
15. Прогнозная оценка риска образования провалов земной поверхности в районе горного отвода шахты "Замчаловская" при ее затоплении / В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, С. В. Голдин, А. В. Антипенко // Труды РАНИМИ. – 2024. – № 3-2(41). – С. 81-94. – DOI 10.24412/2519-2418-2024-341-81-94. – EDN RIPUKW.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS TO ASSESS THE RISKS OF SINKHOLE FORMATION DURING DEVELOPMENT OF UNDERMINED AREAS

V. A. Driban[1], B. V. Khokhlov[2], A. V. Antypenko[3],
Federal State Budgetary Scientific Institution
«Republican Academic Scientific, Research and Design Institute for Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Mine Surveying»(FSBSI «RANIMI»), Donetsk, Russian Federation
e-mail: viktor-driban@yandex.ru[1], hbv@bk.ru[2], ministrxp@mail.ru[3]

Abstract. The article examines the possibility of developing areas undermined by shallow mine workings. The failure-hazardous zones of the earth's surface were identified, as well as the period during which they pose a threat. The practical result of the research was the issuance of a conclusion on the possibility of building a children's rehabilitation center on the undermined area.

Keywords: mine workings, damage to the earth's surface, neural algorithm, technogenically impacted areas.

УДК 556;614;911.9:711

ГИДРОМИНЕРАЛЬНЫЕ ЛЕЧЕБНЫЕ И РЕКРЕАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ КРЫМА

В.В. Ежов, В.И. Васенко
ГБУЗ РК «Академический научно-исследовательский институт им. И.М. Сеченова»
г. Ялта, Республика Крым, Россия
Межрегиональная общественная организация «Крымская Академия наук»
г. Симферополь, Республика Крым, Россия
e-mail: atamur@mail.ru; v-vasenko@yandex.ru

Аннотация. Авторы презентуют изданную в 2024 году коллективную монографию со своим участием. Работа посвящена вопросам современного геоэкологического состояния гидроминеральных и лечебных природных ресурсов, приоритетным видам их хозяйственного

использования в курортно-рекреационном комплексе Республики Крым. Приведены результаты многолетних исследований природных объектов, традиционных и инновационных методов лечения и реабилитации, разработки лечебной, лечебно-косметической продукции и спа-препаратов, их клинического применения в санаторно-курортных учреждениях. Отмечено разнообразие рекреационных ресурсов и объектов туристической деятельности (экологического, культурно-исторического, учебного, спортивного и других видов).

Ключевые слова: Природная среда, гидроминеральные и лечебные ресурсы, рекреация, антропогенные факторы, экология.

«Гидроминеральные лечебные и рекреационные ресурсы Крыма» посвящена природным объектам, которые определяют разные виды хозяйственной деятельности в курортной и туристической отрасли Республики Крым.

Прибрежно-морские озера Крыма. История их освоения включала несколько основных видов хозяйственного использования: источник пищевой соли, сырье для галургического и химического производства, бальнеологические ресурсы в виде донных отложений (лечебные грязи) и покровная рапа.

Со второй половины XIX и на всем протяжении XX века ускоряющееся развитие фундаментальных и прикладных наук сопровождалось столь же бурным развитием технологий и все большим использованием природных ресурсов вообще, а гидроминеральных солёных озер, в частности. Индустриальный прессинг привел к созданию на территории Крыма химической промышленности, сосредоточенной в городах Саки, Красноперекопск и Армянск.

В настоящее время прибрежно-морские озера используются в различных отраслях хозяйственной деятельности. Например, озеро Донузлав и озеро Панское преобразованы в морские заливы и являются портами. Морскими заливами и портами могут быть и другие озера на Керченском полуострове, например: озера Тобечик, Узунлар и Кучук-Аджиголь. Практически все солёные и распресненные озера с прилегающими территориями могут быть объектами рекреационной и санаторно-туристической деятельности.

Лечебные ресурсы грязевых вулканов рассмотрены на примере Булганакского сопочного поля. Грязевой вулканизм Керченского полуострова долгое время считался закономерно приуроченным к ядрам антиклиналей, а также к «разломам глубокого заложения», достигающим толщ триаса-юры (Шнюков Е.Ф. и др., 1986, 2005 и др.). Однако положение грязевулканических проявлений на карте и в разрезе показывают отсутствие такой закономерности. Происхождение вулканов более логично и правильно объясняется разжижением (тиксотропией) глин в зонах сместителей пологих надвигов и в ядрах нагнетания антиклиналей. При этом точечные выходы грязи на поверхность приурочены к участкам осложнения тектонических пластин сдвигами и сколами торошения. Наряду с вулканами, по данным сейсморазведки выделяются зоны вертикальной дезинтеграции пород, связанные с грязевыми диапирами. Они хорошо интерпретируются по хаотической записи на сейсмических разрезах среди четко слоистых и деформированных толщ.

Комплексные исследования Одесского НИИ курортологии сопочных пелитов Булганакского проявления (сопки Павлова, Центральное озеро, Тищенко, Обручева, Андрусова) показали, что их характерной особенностью является высокая зольность (44-54%) на сырую грязь (в пересчете на сухую составляет 88-91%), а также рекордно малую (среди других типов лечебных грязей) засоренность силикатными частицами с диаметром более 0,25 мм (0,07-0,43 %). Отмечены характерные особенности Булганакских сопочных пелитов, как гидрокарбонатно-хлоридно-натриевый или хлоридно-натриевый состав. Щелочная среда (8,1-8,8), вариации минерализации раствора (отжима) сопочных пелитов в пределах 13-29 г/дм^3.

Водные ресурсы Крыма. Основные запасы пресной воды формируются за счет атмосферных осадков. Выпавшая на поверхность земли в виде дождя или снега вода питает ручьи и реки, но большая ее часть поглощается в недрах земли, где песчаники, галечники и

трещиноватые карбонатные породы накапливают воду, а роль водоупорных горизонтов выполняют глинистые.

Гидроминеральные водные ресурсы горного Крыма представлены преимущественным развитием сульфатных и хлоридных, частично − термальных глубинных минеральных вод, обогащенных азотом, в подчинённом значении – метаном, сероводородом и, редко, углекислотой. Они имеют сравнительно невысокую температуру − 12-15^{0}С, лишь в некоторых местах достигая 27^{0}С. Основным элементом в составе газовой смеси этих вод является азот, в очень малых количествах присутствует метан, сероводород и углекислый газ. Солоноватые сульфатные воды (с содержанием SO_4больше 25%-экв) образуются вследствие разрушения и растворения сульфидных минералов, присутствующих в таврических сланцах горного Крыма.

Значительное количество пресной воды связано с ее накоплением в карстовых образованиях юрских мраморизованных известняков. По мнению М.В. Аполлова (1927 г.) количество источников в горном Крыму составляло около 2000, более детальные обследования гидрогеолога И.Г. Глухова позволили определить 2605 источников (1960 г.). Среди этого количества родников были отмечены как незначительные водопроявления с дебитом менее 50 л/сут, так и девятнадцать крупных источников, средний дебит которых превышает 100 л/сек. Они составляют около 64% общего подземного стока Горного Крыма.

Северо-Крымский канал − сложное гидротехническое сооружение. Водозабор ведётся из Каховского водохранилища. Протяжённость СКК − 400,5 км; проектный расход в голове − 580 м^3/с; на границе Крыма − 225 м^3/с. Подача воды осуществляется по магистральному руслу самотёком через Перекопский перешеек до Джанкоя, к насосной станции №1 (расход воды 66 м^3/с). Расстояние в 208 км вода преодолевает за две недели. Далее вода самотёком следует до насосной станции №2 (269 км), которая перекачивает воду с расходом 35 м^3/с, поступающую в Зеленоярское водохранилище (370-ый км). Последние 30 км вода по двум ниткам трубопровода поступает к очистным сооружениям г. Керчь.

Строительство водохранилищ в Крыму началось в связи с необходимостью регулирования речного стока. В 1920-е годы были созданы водохранилища Базар-Джилга (ныне Альминское) и Эгиз-Оба (ныне Бахчисарайское). До Великой Отечественной войны было построено ещё Аянское водохранилище. В 1937 г. приступили к строительству крупного Юз-Макского водохранилища (ныне Ленинское). Самым крупным послевоенным водохранилищем стало Симферопольское (1955 г.), объём которого превысил суммарный объём четырёх довоенных. В 1956 г. вошло в строй Старо-Крымское водохранилище на реке Чорох-Су. В 1964 г. для водоснабжения Большой Ялты построили комплекс сооружений из трёх водохранилищ в верховьях реки Бельбек (Счастливое-I, Счастливое-II, Ключевское) и гидротоннеля, а затем Партизанское водохранилище в верховьях реки Альма для водоснабжения Симферополя, в 1971 г. − Белогорское на реке Биюк-Карасу. В том же году вошло в эксплуатацию наливное от СКК Феодосийское водохранилище для водоснабжения городов Феодосия, Судак и близлежащих сельских населённых пунктов. В конце 1975 г. вводом в эксплуатацию Станционного (Керченского) водохранилища для водоснабжения Керчи завершилось строительство первой очереди СКК. В 1980 г. в верховьях Качи построили Загорское водохранилище с целью водоснабжения Ялты. С 1977 по 1981 гг. велась реконструкция Старо-Крымского. В нижнем течении реки Самарли, севернее пересечения реки Северо-Крымским каналом, в естественной котловине было построено Самарлинское водохранилище для водоснабжения г. Щёлкино.

Бальнеолечение в Крыму. Климатические и природные особенности Крыма во многом определили становление и развитие бальнеологии как науки о сохранении здоровья человека, которая основана на использовании в лечебной практике гидроминеральных и других природных ресурсов.

Прежде всего, это минеральные воды, лечебные грязи и рапа соленых озер, сопочные воды и пелиты грязевых вулканов, лекарственные растения и продукты сельскохозяйственного производства. Изучение и практическое применение различных лечебных факторов являются главными целями для оценки современного состояния и

перспектив развития санаторно-курортной и туристической отрасли Республики Крым.

Лечебно-косметической продукция. Использование природных компонентов в лечебных и косметических препаратах известно с давних пор. Их воздействие на организм человека оказывают благотворный эффект, который часто сравним с результатом сложной хирургической операции. Высокоминерализованные сульфидные лечебные грязи, отжим порового раствора и рапа Сакского озера с 2000 года являются гидроминеральной основой для производства лечебной и лечебно-косметической продукции.

Курортно-туристический Крым. Курорт (нем. kurort − от kur − лечение и ortt − место, местность) − территория с благоприятными природно-климатическим условиям и другими лечебными факторами. Он представляет собой сложную систему лечения, реабилитации и отдыха. Туризм (от фр. tour; англ. tourism) − выезды (путешествия) в другую страну или местность, отличную от постоянного проживания. В общем случае − это организованное путешествие одного или группы лиц для познавательных, лечебно-оздоровительных, профессионально-деловых, религиозных и иных целей.

Курортно-туристическая отрасль является прибыльной и способствует комплексному развитию инфраструктуры смежных видов хозяйственно-экономической деятельности. Санаторно-курортый и туристический сектор являются важнейшей частью экономики Крыма. Их привлекательность обусловлена многообразием природных особенностей, древней историей, большим количеством памятников и достопримечательностей. Курорты Крыма − популярный бренд, используемый для отдыха на Черноморском и Азовском побережьях полуострова. Уникальное природно-ландшафтное разнообразие, наличие гидроминеральных, лечебных, рекреационных ресурсов, памятников истории и культуры являются главным факторами устойчивого и перспективного развития санаторно-курортной и туристической отрасли Республики Крым, а сохранение гидроминеральных, лечебных и рекреационных ресурсов − актуальной и важной задачей государственного масштаба.

Работа «Гидроминеральные лечебные и рекреационные ресурсы Крыма» подготовлена по инициативе «Крымской гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции» Министерства курортов и туризма Республики Крым, которой в 2026 году исполнится 100 лет. Предприятием на постоянной основе ведется мониторинг состояния лечебных ресурсов и окружающей природной среды месторождений лечебных грязей и рапы, минеральных термальных вод, контроль качества лечебных ресурсов, выполняются экспедиционные работы и геоэкологическое обследование прибрежно-морских озер Крыма, источников пресных, минеральных и термальных вод. «Крымская ГГРЭС» принимает активное участие в выполнении совместных научных исследованиях с учеными СПбГУ, МГУ, Таврической академией КФУ им. В.И. Вернадского, АНИИ им. И.М. Сеченова (г. Ялта). Предприятие выполняет научно-практические работы по оценке современного геоэкологического состояния гидроминеральных ресурсов природных объектов Крыма для различных государственных учреждений и частных компаний. Исследовательские работы заканчиваются написанием научно-практических отчетов, публикацией статей в различных российских и зарубежных научных журналах и сборниках, а также участием в международных конференциях, совещаниях и симпозиумах. Для учащихся городских и сельских школ регулярно проводятся лекции. Традиционными стали ежегодные встречи со студентами, аспирантами и преподавателями высших учебных заведений, для которых в Крыму организованы учебные практики по геологии, гидрогеологии, биологии и другим специальностям. В конце 90-х годов прошлого столетия на предприятии было начато производство преформированной лечебной и лечебно-косметической продукции на основе природных гидроминеральных ресурсов. Этот вид хозяйственной деятельности на десятилетия предопределил устойчивую экономическую эффективность предприятия.

В монографии приведен ряд актуальных и конструктивных рекомендаций по развитию в Республике Крым санаторно-курортной, рекреационно-туристической отрасли и других видов хозяйственной деятельности. Особого внимания заслуживают предложения по следующим проектам в рамках федеральных целевых и муниципальных программ:

реконструкция защитных водоемов Сакского озера и создание гидротехнических сооружений для подачи из акватории Черного моря морской воды в лечебные водоемы; организация на Сакском озере научно-методического гидрологического заказника; введение в эксплуатацию сопочных вод и пелитов Булганакского проявления грязевого вулканизма; создание нового санаторно-курортного и туристического центра на акватории и прилегающих территориях озера Тобечик.

По заказу АО «Клинический санаторий «Полтава» издательством «Ариал» в 2024 г. опубликовано 100 экз. коллективной монографии «Гидроминеральные лечебные и рекреационные ресурсы Крыма», в 2025-2026 гг. Министерством курортов и туризма Республики Крым планируется издать дополнительно около 300 экз. В свободном доступе есть электронная копия книги.

Литература.

1. Гидроминеральные лечебные и рекреационные ресурсы Крыма: монография / коллектив авторов. Редактор Тарасенко В.С., ответственный редактор Васенко В.И. − Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2024. − 380 с.

HYDROMINERAL MEDICAL AND RECREATIONAL RESOURCES OF CRIMEA

V.V. Ezov[1], V.I. Vasenko[2]
State Budgetary Healthcare Institution of the Republic of Crimea
«I.M. Sechenov Academic Research Institute», Yalta, Republic of Crimea, Russia
Interregional Public Organization «Crimean Academy of Sciences»
Simferopol, Republic of Crimea, Russia
e-mail: atamur@mail.ru[1]; v-vasenko@yandex.ru[2]

Abstract. The authors will present a collective monograph published in 2024. The work is devoted to the issues of the modern geoecological state of hydromineral and therapeutic natural resources, priority types of their economic use in the resort and recreational complex of the Republic of Crimea. The results of long-term research of natural objects, traditional and innovative methods of treatment and rehabilitation, the development of medical, therapeutic and cosmetic products and spa preparations, and their clinical use in sanatorium-resort facilities are presented. The diversity of recreational resources and objects of tourist activity (ecological, cultural, historical, educational, sports and other types) is noted.

*Key words:*Natural environment, hydromineral and therapeutic resources, recreation, anthropogenic factors, ecology.

УДК 614.841.42

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ (ХМАО) В ПЕРИОД 2015-2024 ГГ.

В.М. Злобин[1], И.И. Косинова[2]
[1]Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Российская Федерация, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
[2]Воронежский государственный университет,
Российская Федерация, 394018, Воронеж, Университетская пл., 1
E-mail: dfcz22012001@yandex.ru, kosinova777@yandex.ru

Аннотация. В статье проведен анализ природных пожаров в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) за период 2015–2024 годов. На основе картографических данных выявлены пространственные закономерности распределения очагов возгораний, с

максимальной концентрацией в западных и центральных районах округа. Установлена зависимость частоты пожаров от климатических факторов (повышенные температуры, сухие грозы) и особенностей ландшафта (гидрологическая сеть, тип растительности).

Особое внимание уделено сезонной динамике – более 85% пожаров зарегистрировано в период с мая по сентябрь. В работе также рассматривается влияние антропогенных факторов на распространение огня. Изучение причин, динамики и последствий пожаров в ХМАО необходимо для разработки эффективных мер профилактики и минимизации ущерба. В данной статье рассматриваются:

1. Пространственное распределение пожаров на основе актуальных картографических данных.
2. Ключевые факторы риска, включая климатические аномалии и антропогенное влияние.
3. Сезонные закономерности и их связь с температурными изменениями.

Ключевые слова: ХМАО, природные пожары, пространственное распределение, климатические факторы, сезонность, картографический анализ.

Природные пожары в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) представляют собой серьёзную угрозу для экосистем, экономики и населения региона. Расположенный в зоне тайги, ХМАО обладает обширными лесными массивами, которые в условиях изменения климата становятся всё более уязвимыми к возгораниям. За последнее десятилетие (2015–2024 гг.) здесь было зарегистрировано 554 природных пожара, причём их распределение демонстрирует чёткую пространственную и временную закономерность.

К числу ключевых природных факторов, ведущих к пожарам в данном регионе, следует отнести аномально высокие температуры и дефицит осадков, особенно в сочетании с грозовой активностью. Разряды атмосферного электричества, возникающие в ходе гроз, являются одним из основных источников инициирования лесных пожаров. Не менее значимым фактором является структура растительного покрова, характеризующаяся преобладанием хвойных лесов с высоким содержанием горючих материалов, таких как хвоя, сухостой и валежник. Данные материалы обладают высокой воспламеняемостью и способствуют быстрому распространению огня, особенно в условиях засушливой погоды. Анализ пространственного распределения очагов возгорания, визуализированных на спутниковых снимках, позволил установить ряд закономерностей. Отмечается выраженная концентрация пожаров в западной и центральной частях ХМАО, в то время как в восточных районах округа их количество существенно ниже (Рисунок 1).

Рис. 1. Зоны пожаров в ХМАО за период 2015-2024 гг.

Данная дифференциация, обусловлена вариациями в структуре растительного покрова, орографии и климатических параметрах между указанными регионами. Кроме того, наблюдается тенденция к снижению плотности пожаров в непосредственной близости от крупных речных систем, что связано с повышенной влажностью прибрежных зон и формированием естественных противопожарных барьеров (Рисунок 2).

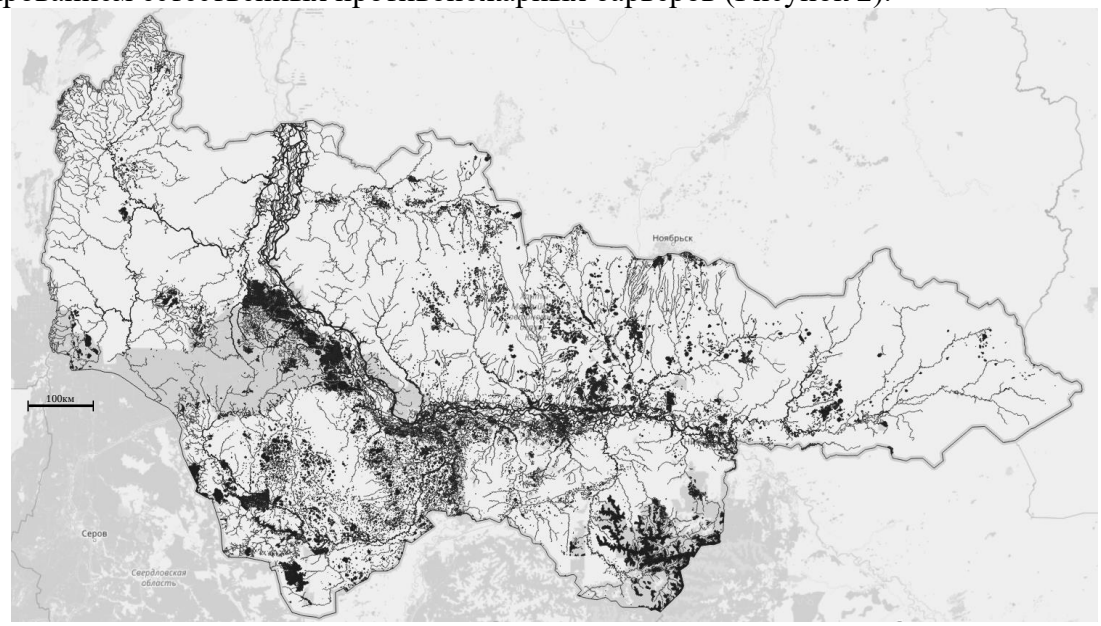


Рис. 2. Гидрологическая карта ХМАО

Также на формирование пути распространения пожара влияют дорожные транспортные сети, которые выступают в роли барьера (Рисунок 3).

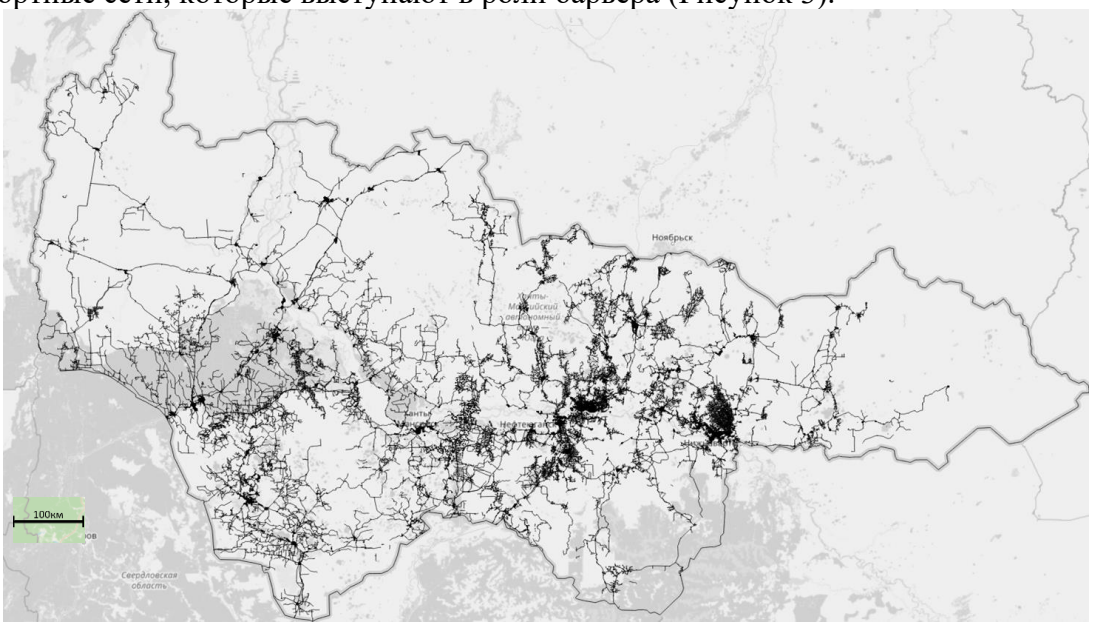


Рис.3. Дорожные транспортные сети ХМАО

8

Анализ климатических данных за период с 2015 по 2024 год, представлены в виде таблицы с информацией о среднемесячных температурах (Таблица 1) [1].

Таблица 1.
Температуры воздуха в ХМАО за период 2015-2024 гг.

Низкие пожарные риски	Умеренные пожарные риски	Средние пожарные риски	Высокие пожарные риски

Год	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май.	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя	Дек	За год
2015	-19,9	-10,8	-6,1	1,7	11,7	18,6	15,5	12,3	6,7	-2,6	-11,5	-13,8	0,2
2016	-20,0	-8,0	-7,5	4,3	9,7	17,8	20,0	18,7	10,8	-0,8	-18,1	-23,6	0,3
2017	-22,1	-16,4	-3,3	0,9	5,9	16,7	18,0	15,4	6,5	0,3	-5,6	-10,8	0,5
2018	-18,0	-18,0	-12,0	-1,7	3,4	14,0	20,0	13,9	10,3	2,2	-13,1	-15,4	-1,2
2019	-17,5	-18,9	-3,3	-1,2	8,1	13,4	20,0	14,9	8,2	2,1	-12,6	-13,0	0,0
2020	-13,8	-9,0	-2,1	4,3	14,4	13,9	19,2	16,4	9,6	1,1	-7,0	-17,0	2,5
2021	-26,7	-23,7	-9,9	3,1	12,3	14,6	16,6	17,5	6,9	1,4	-8,5	-15,8	-1,0
2022	-15,9	-11,9	-10,1	0,5	11,4	13,8	18,4	16,1	7,8	3,1	-12,1	-17,6	0,3
2023	-14,9	-13,0	-5,5	-1,8	12,0	13,9	19,7	15,6	11,3	2,7	-5,7	-16,6	1,5
2024	-20,3	-14,8	-8,6	-0,9	4,5	16,9	18,6	15,6	10,8	2,3	-4,9	-8,6	0,9

Из таблицы видно, что период с мая по сентябрь характеризуется наиболее высокими температурными показателями, что в сочетании с низким уровнем влажности создает благоприятные условия для возникновения и распространения лесных пожаров.

Статистический анализ данных о пожарах показал, что за исследуемый период в ХМАО было зарегистрировано 554 природных пожара. При этом, наибольшее количество возгораний приходится на период с мая по сентябрь, что коррелирует с периодом максимальных температур и минимальной влажности. Выборка крупнейших пожаров с указанием даты и мощности пожара представлена в таблицы 2.

Таблица 2.
Выборка крупнейших пожаров в ХМАО за период 2015-2024 гг.

№	Год	Максимальная мощность пожара кВт/м	Общая площадь пожара м^2
1	2022	585,600000	704814950,400
2	2022	1048,200000	677213831,700
3	2022	619,000000	534932199,700
4	2022	625,700000	342141167,300
5	2023	304,400000	282090612,100
6	2022	424,800000	267997426,400
7	2022	334,600000	242857239,200
8	2021	505,900000	229877565,900
9	2022	1583,500000	226038275,400
10	2022	475,900000	218406637,800

11	2022	1021,500000	205074904,000
12	2020	409,900000	191975000,300
13	2020	514,900000	174401350,200
14	2017	270,000000	171584179,600
15	2022	784,200000	148450170,500
16	2022	220,300000	142728174,800

По мощности пожары характеризуются следующим образом [2]:

1. Слабые пожары — до 100 кВт/м;
2. Средние пожары — 101–750 кВт/м;
3. Сильные пожары — более 750 кВт/м.

Из таблицы 2 видно, что большинство крупнейших пожаров произошли в 2022 году и относятся к категории средних и сильных пожаров. Это связано с тем, что в этот год были зафиксированы аномально высокие температуры воздуха и дефицит осадков, а причиной возгорания послужила грозовая активность. Из-за гроз на землях лесного фонда возникло 93% пожаров от общего количества возгораний. По данным департамента недропользования и природных ресурсов Югры, за 2022 год лесные пожары охватили больше земель, чем за 10 предыдущих лет. За 10 лет с 2000 года по 2009-й в Югре от пожаров пострадали 246 532 га лесных земель. За следующие 10 лет, с 2010-го по 2021 года, площадь, пройденная огнем, выросла до 392 846 га. За 2022 года в Югре огонь охватил 344955,92 га [3].

При объединении данных, приведенных на рисунках 1,2,3 можно сделать вывод, что пожарная обстановка в ХМАО формируется под воздействием комплекса взаимосвязанных факторов, включающих климатические условия, структуру растительного покрова, рельеф местности, а также инфраструктуру. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования систем мониторинга и прогнозирования пожаров в регионе.

Литература.

1. Погода и климат [Электронный ресурс]. –
URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history/23933.htm (дата обращения: 20.07.2025).
2. ГОСТ 17.6.1.01-83 Охрана природы. Охрана и защита лесов. – Введ. 1985–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 5 с.
3. Экология Югры [Электронный ресурс] // 86.ru. – 2022. – 31 августа. –
URL: https://86.ru/text/ecology/2022/08/31/71616596/ (дата обращения: 20.07.2025).

ANALYSIS OF THE FIRE SITUATION AND CLIMATIC CONDITIONS IN THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG IN THE PERIOD 2015-2024

V.M.Zlobin[1], I.I. Kosynova[2]
Belgorod State National Research University,
Russian Federation, 308015, Belgorod, Pobedy St., 85
Voronezh State University[1],
Russian Federation, 394018, Voronezh, Universitetskaya Square, [2]
E-mail: dfcz22012001@yandex.ru, kosinova777@yandex.ru

Abstract. The article analyses natural fires in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug for the period 2015–2024. Based on cartographic data, spatial patterns of fire distribution were identified, with the highest concentration in the western and central areas of the okrug. The dependence of fire frequency on climatic factors (elevated temperatures, dry thunderstorms) and landscape features (hydrological system, vegetation type) has been established.

Particular attention is paid to seasonal dynamics – more than 85% of fires are recorded between May and September. The study also examines the influence of anthropogenic factors on the spread of fire. Studying the causes, dynamics and consequences of fires in the Khanty-Mansi

Autonomous Okrug is necessary for the development of effective measures to prevent and minimise damage. This article examines:

1. The spatial distribution of fires based on current cartographic data.
2. Key risk factors, including climatic anomalies and anthropogenic influences.
3. Seasonal patterns and their relationship to temperature changes.

Keywords: Khanty-Mansi Autonomous Okrug, wildfires, spatial distribution, climatic factors, seasonality, cartographic analysis.

УДК 691

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ АГРЕГАТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ В ТЕХНОЛОГИИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

С.Н. Золотухин, О.Б. Кукина, В.В. Волков
Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
*e-mail:*lgkkn@rambler.ru

Аннотация. В работе изложены результаты фундаментальных исследований строительных материалов, полученных по безобжиговым технологиям при закреплении слабых грунтов, представлены результаты микроскопических исследований полученных композитов из слабых грунтов, обосновано применение технологии замкнутого цикла при устройстве оснований фундаментов зданий, сооружений и дорог на слабых, техногенных и глинистых грунтах.

Ключевые слова. Безобжиговыне технологии, слабый грунт, технологии замкнутого цикла.

Одними из основных проблем, стоящих перед человечеством, являются проблемы экологии. Из 60 млрд. тонн углекислого газа, выбрасываемого в процессе человеческой деятельности, ежегодно 15 млрд. тонн приходится на строительную отрасль. Из 7 млрд. тонн мусора, выбрасываемого на свалки ТБО, до 4 млрд. тонн ежегодно попадает строительный мусор. До 70% земной поверхности занимают неоднородные глинистые грунты, на которых ведется устройство фундаментов под различные здания и сооружения.

Разработка строительных технологий замкнутого цикла, позволяющие уменьшить объемы выбросов углекислого газа в атмосферу земли, свалок ТБО, стоимость укрепления неоднородных глинистых грунтов, является актуальной задачей, стоящей перед учеными – строителями.

Объектом исследований является изучение влияния условий агрегативной устойчивости коллоидных систем на свойства слабых и глинистых грунтов оснований с крупнотоннажными отходами строительной индустрии, металлургической и химической промышленности, технологических приемов на процессы метаморфизации слабых и глинистых грунтов.

Предмет научных исследований:

- объяснение механизмов структурообразования в метаморфизированных глинистых грунтах;
- определение возможности применения отходов строительной индустрии, металлургической и химической промышленности для создания однородных грунтов оснований, обладающих повышенными прочностными показателями;
- определение физико-химических и физико-механических показателей образцов метаморфизированных грунтов.

Научная новизна исследований состоит в применении системного и комплексного подхода для оценки энергетического состояния метаморфизированных слабых глинистых грунтов с учетом поверхностных явлений адсорбции, изоморфизма кристаллов

взаимодействующих твердых частиц, эпитаксии на границе раздела фаз для замены обжиговых технологий получения строительных композитов на технологии замкнутого цикла с малыми выбросами углекислого газа.

При получении искусственного строительного камня с применением варочных котлов (производство строительного гипса) достигается темпебратурв обработки 120-150°С, температура обжига в печах при производстве цемента, где используются глинистые породы и техногенные грунты - 1450 °С. С использованием инновационных безобжиговых технологий с механогидрохимической активацией при получении искусственного камня достаточной прочности для закрепленного грунта резко уменьшается стоимость строительных работ, выбросы углекислого газа в атмосферу.

Фундаментальная основа разработанных нами технологий замкнутого цикла при строительстве на слабых грунтах - применение теории агрегативной устойчивости дисперсных материалов при получении каменных материалов, по которой при наложении оптимальной величины внешнего давления на грунт уменьшается расклинивающее давление между пластами и частицами до значения, достаточного для сращивания частичек грунта. С термодинамической точки зрения расклинивающее давление есть частная производная энергии Гиббса по толщине межфазной прослойки:

$$\pi(h) = -\left(\frac{\partial G}{\partial h}\right)_{T,p,\mu},$$

где π – расклинивающее давление, Дж/м^2, h - толщина межфазной прослойки, м, G - энергии Гиббса кДж/моль, Т – температура, К, р –давление, Па, μ – химический потенциал Дж/моль (часть свободной энергии, приходящаяся на 1 моль любого химического элемента при постоянном давлении, температуре и массе других веществ). Концентрация воды и распределение молекл воды по поверхности частиц грунта влияет на расклинивющее давление и играет основную роль в процессе кристаллизации и эпитаксии между частицами грунта. Зависимость расклинивающего давления от толщины водного слоя представлена на рисунке 1.

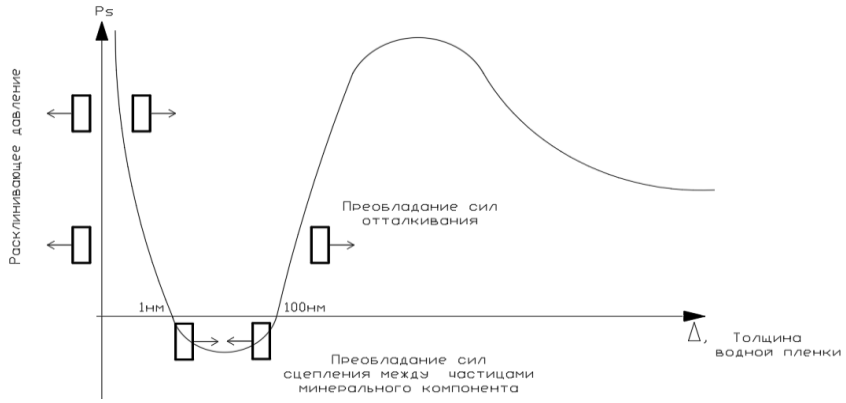


Рис. 1. Зависимость расклинивающего давления от толщины водного слоя.

На величину предела прочности при сжатии полученных закрепленных грунтов влияет природа материала и его активность (способность к консолидации). Такую способность в процессе закрепления грунта мы оцениваем термогравиметрическим методом на современных установках экспресс типа., определяя энергетическое состояние частиц грунта. В процессе прессования полусухих формовочных смесей, составленных из полидисперсных материалов, происходит контактно-конденсационное твердение. С уменьшением толщины межфазного пространства, заполненного растворами электролитов у наноразмерных частиц (коллоидов) происходит деформация диффузной части двойного электрического слоя (рис. 2).

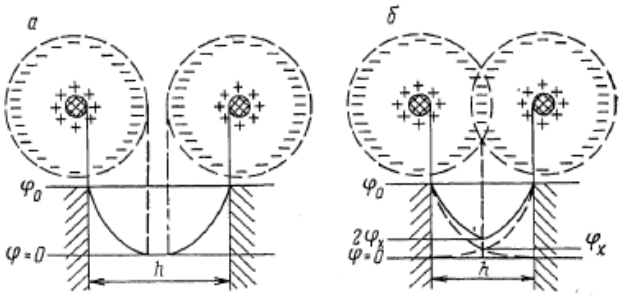


Рис. 2. Взаимодействие коллоидных частиц грунта в водных средах.

Распределение объемной плотности заряда в двойном электрическом слое определяется зависимостью:

$$p = -\varepsilon\varepsilon_0\chi^2\varphi$$

Электростатическая составляющая расклинивающего давления определяется интегрированием уравнения:

$$\text{Пэ} = \int_{2\varphi x}^{0} p d\varphi$$

Энергия отталкивания частиц уменьшается с увеличением расстояния *h* между ними по экспоненте:

$$k = \frac{1}{\delta} = zF\sqrt{\frac{2C_0}{\varepsilon\varepsilon_0 RT}}$$

где z – заряд противоионов, F – число Фарадея, C_0 – концентрация противоионов в растворе, моль/л, ε – диэлектрическая проницаемость раствора, ε_0 – диэлектрическая проницаемость растворителя.

$$U_{отт} = f(e^{-C_0,z})$$

Энергия притяжения сближающихся коллоидных частиц определяется по формулам

$$dU_{прит} = \pi_м dh$$

$$U_{прит} = -\frac{A^*}{12\pi dh^2}$$

где A* – постоянная Гамакера (учитывает природу частиц и диэлектрическую проницаемость среды, вычисляется из квантово-статистических расчетов, выражается в единицах энергии и имеет значение порядка 10^{-19} Дж [1, 2].

В случае формирования структуры безобжигового известково-песчаного фосфогипсового материала при прессовом давлении 5 МПа силы притяжения преобладают над силами отталкивания, толщины сольватных слоев на межфазных границах составляют 10^{-7} - 10^{-9} м, увеличивается плотность материала. Наноразмерные частицы глины и извести снимают адсорбционно-структурный барьер устойчивости данного композиционного материала, вызывая образование кристаллических сростков по механизму эпитаксии [1].

Микроскопические исследования искусственных композитов с применением механогидрохимической актвацией закрепления грунтов подтвердили, что частицы грунта сращиваются по законам эпитаксии, образуя прочные водостойкие конгломераты, что делает

слабые грунты пригодными для устройства оснований фундаментов зданий, сооружений и дорог (рис. 3).

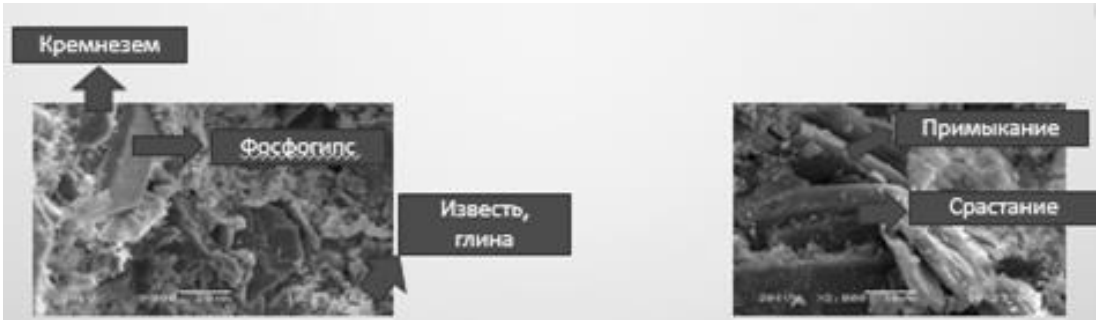


Рис. 3. Микрофотографии сростков частиц слабого грунта при механогидрохимической активации.

В технологиях замкнутого цикла при закреплении слабых грунтов и устройства оснований фундаментов зданий, сооружений и дорог повторно используются строительные материалы и изделия. Очень распространенный материал – шлакоблок, полученный после демонтажа зданий. Микросокопические исследования этого материала показали, что после его механогидрохимической активации, в водной среде образуются новые кристаллы, что способствует созданию прочного каркаса в микроструктуре искусственного композита, полученного по безобжиговым технологиям (рис. 4).

На строительных объектах используются следующие устройства и машины для механогидрохимической активации (рис. 5).

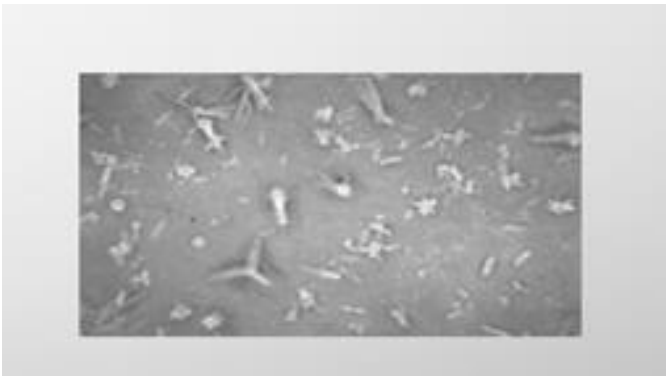


Рис. 4. Микрофотография кристаллов, выращенных в водной среде из измельченного шлакоблока.

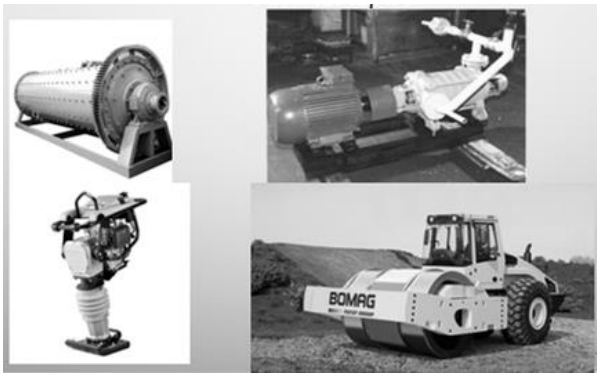


Рис. 6. Устройства и машины для механогидрохимической активации слабых грунтов.

На рисунке 7 представлена схема получения метаморфизированных полускальных пород по технологии замкнутого цикла [3].

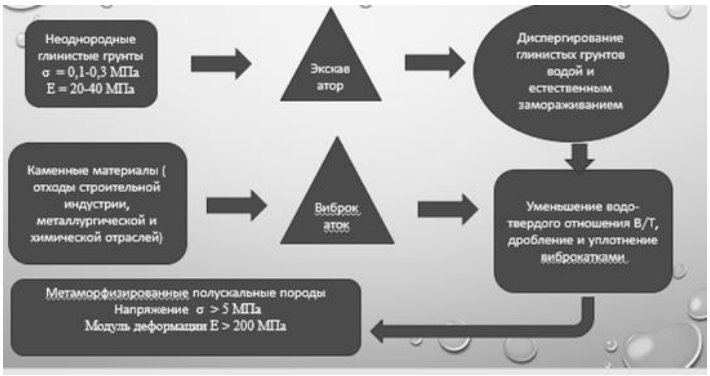


Рис. 7. Схема получения метаморфизированных полускальных пород по технологии замкнутого цикла.

Заключение. Создание однородных грунтов оснований, имеющий повышенные прочностные характеристики за счёт их укрепления – задача, которая набирает актуальность со временем, так как удобных мест для строительства становится всё меньше. С другой стороны – существует перечень экологических проблем: огромные объёмы свалок ТБО, большую часть которых составляет строительный мусор, и выбросы углекислого газа в атмосферу из-за работы предприятий строительной отрасли. Большой проблемой на сегодняшний день является существенный рост цен на строительные материалы. Проводимые нами исследования позволяют решить эти проблемы путём укрепления неоднородных глинистых грунтов отходами строительства и сноса зданий и сооружений. Таким образом, можно получать надёжные основания для малоэтажных строений, сокращать объёмы свалок, уменьшать количество выбросов углекислого газа за счёт бесцементной технологии и резко снижать цены на строительство.

Литература.

1. Безобжиговые строительные материалы из отвального фосфогипса : монография / А.А. Абраменко, С.Н. Золотухин, О.Б.Кукина, В.В. Волков, А.В. Ерёмин, В.П. Волокитин, О.А. Волокитина. – Saardbrucken, 2020. – 109 с.

2. Грунтоведение [Учеб. для вузов по спец. "Гидрология и инж. геология" / Е. М. Сергеев, Г. А. Голодковская, Р. С. Зиангиров и др.]; Под ред. Е. М. Сергеева. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Изд-во МГУ, 1983. — 389 с. : ил. : 25 см.; ISBN В пер. (В пер.).

3. Пат. RU 2 656 656 C2, МПК E02D 3/12, E02D 27/08. Способ объемной цементации грунтов / Золотухин Сергей Николаевич (RU), Абраменко Анатолий Александрович (RU), Кукина Ольга Борисовна (RU), Вязов Александр Юрьевич (RU), Лобосок Антон Сергеевич (RU) ; Патентообладатели: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный технический университет" (RU). - 2015149374 ; дата подачи заявки: 2015.11.17; Опубликовано: 2018.06.06.

PROSPECTS OF APPLICATION OF THE THEORY OF AGGREGATIVE STABILITY OF COLLOIDAL SYSTEMS IN SOIL FIXATION TECHNOLOGY

S.N. Zolotukhin, O.B. Kukina, V.V. Volkov
Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
e-mail:lgkkn@rambler.ru

Abstract. The paper presents the results of fundamental research of building materials obtained using non-annealing technologies for fixing weak soils, presents the results of microscopic studies of composites obtained from weak soils, and substantiates the use of closed-loop technology in the construction of foundations of buildings, structures, and roads on weak, man-made, and clay soils.

Keywords. Non-ignition technologies, low soil, closed-loop technologies.

УДК 576.3:575.224

ВЛИЯНИЕ РАДОНА НА ЧАСТОТУ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ЯДЕРНЫХ АНОМАЛИЙ И ЯДРЫШКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В БУККАЛЬНЫХ ЭПИТЕЛИОЦИТАХ ЧЕЛОВЕКА

В.Н. Калаев, И.В. Игнатова, И.И. Косинова, Е.А. Калаева,
А.В. Ларина, А.В. Шабельская
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия
e-mail: Dr_Huixs@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований частоты встречаемости аномалий ядра и ядрышковых характеристик буккальных эпителиоцитов детей, проживающих в радоноопасных районах г. Богучар Воронежской области. Показано увеличение частоты встречаемости клеток с аномалиями ядра (микроядрами, насечками, перинуклеарными вакуолями, двумя ядрами, протрузиями типа «язык» и «разбитое яйцо», кариолизисом, кариорексисом, кариопикнозом) в районах, где уровень загрязнения радоном составляет 24 Бк/м^3, по сравнению с районом, где его концентрация составляет 12 Бк/м^3. В радоноопасных районах уровень частоты встречаемости ядрышек в ядре возрастает по сравнению с нерадоноопасным (соответственно, 3,5±0,1 и 3,1±0,1).

Ключевые слова: радон, буккальный эпителий, аномалии ядра, ядрышковые характеристики, г. Богучар

ВВЕДЕНИЕ

Радон — это радиоактивный газ, который считается одним из самых опасных канцерогенов для человека. Он выделяется в атмосферу постоянно в процессе распада природного изотопа урана-238. Места, где выделяется радон, распределены неравномерно по поверхности Земли, и их расположение зависит от географических условий, форм рельефа, состава основного горного материала, особенностей конструкций зданий и используемых строительных материалов. В природе радон быстро рассеивается и распадается (период полураспада изотопа Rn-222 составляет 3,82 суток), что снижает его влияние на открытой местности. Однако в закрытых пространствах, таких как жилые и производственные помещения, радон может накапливаться, в результате чего его уровень может превышать «уличные» значения в 10 раз. Это может привести к значительному радиоактивному облучению людей, проводящих длительное время в таких условиях. Таким образом, радоновое облучение составляет около 50% от общего уровня радиационного воздействия, которому подвержен современный человек [5].

Для оценки влияния различных факторов на организм человека часто используют клетки буккального эпителия. Это связано с тем, что для их культивирования не требуется специальное лабораторное оборудование, их забор у человека безболезнен, исследование можно проводить быстро, экономично и многократно. Процедура забора материала с внутренней стороны щеки является неинвазивной, и сам объект исследования имеет высокую информативность, что позволяет использовать его для диагностики ряда состояний. Клетки буккального эпителия являются удобными для цитологических исследований, так как они позволяют одновременно изучать морфологические и биофизические параметры, что может привести к получению ценной информации о реакциях клеток на различные внутренние и внешние факторы [3]. Воронежская область относится к радонобезопасным регионам. Расчетное число жилых помещений с превышением допустимого уровня объемной активности радона составляет около 0,1 % [2].

Целью исследований стало выявление частоты встречаемости ядерных аномалий и ядрышковых характеристик в клетках буккального эпителия у детей, проживающих в радоноопасных районах г. Богучар Воронежской области.

Ранее у подростков в Кемеровской области было установлено, что радон приводит к увеличению количества клеток с микроядрами, протрузиями, перинауклеарной вакуолью,

насечкой и кариопикнозом и снижению уровня клеток с кариорексисом и кариолизисом [1]. Исследования у человека генетических эффектов радонового загрязнения помещений проводятся в Воронежской области впервые.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили в г. Богучар Воронежской области. Для оценки загрязнения радоном были выполнены замеры с использованием радиометра «Альфарад плюс» в 9 контрольных точках: 5 – в подвалах жилых домов и 4 – вдоль реки. Поскольку город Богучар находится в Воронежской области, пострадавшей от аварии на Чернобыльской АЭС, также был проведен мониторинг гамма-излучения в открытых районах с помощью радиометра SOEKS 01M. Средний уровень гамма-излучения в городе составил 0,15 мкЗв/час и незначительно варьировал в зависимости от района, что свидетельствует о нормальной радиационной обстановке на исследуемой территории.

Сбор буккального эпителия осуществляли у мальчиков в возрасте 3-7 лет. Изготовление и анализ препаратов на наличие ядерных аберраций проводили по методике [3], на определение ядрышковых характеристик – по методике [6].

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ «Stadia» в соответствии с рекомендациями [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для проведения мониторинга территория города Богучар Воронежской области была условно разделена на 4 района. Эквивалентные равновесные объемные активности (ЭРОА) радона в обследованных районах представлены на рисунке.

Рис. Значения эквивалентной активности радона (в Бк/м^3) на карте г. Богучар Воронежской области.

В районе 1, где расположены новые многоэтажные дома, отмечаются более низкие активности радона (10 – 12 Бк/м^3) по сравнению с другими районами города (ЭРОА радона >20 Бк/м^3), где расположены одноэтажные строения. Загрязнение радоном жилых помещений

можно объяснить тем, что город находится на гранитном щите, где наблюдается повышенная эманация радона из почв. В связи с этим возможно накопление радона в подвальных помещениях и на первых этажах жилых помещений.

Анализ частоты встречаемости клеток с аномалиями ядра показал, что у детей, проживающих в многоквартирных современных домах, частота клеток с микроядрами в два раза ниже, чем в частных одноэтажных строениях (табл. 1). Микроядра появляются вследствие нарушений митоза, приводящих к потере части генетического материала, выбросу поврежденного генетического материала из ядра или в результате апоптотических процессов. Увеличение количества клеток с микроядрами отмечается при значительных стрессовых воздействиях, оказываемых на человеческий организм [3].

Таблица 1

Частота встречаемости (‰) клеток с ядерными аномалиями у детей, проживающих в многоквартирных и частных домах в г. Богучар Воронежской области

Тип аномалии	Многоквартирные дома	Частные дома
Микроядра, %	0,77 ± 0,15*	1,55±0,27
Перинуклеарные вакуоли, %	98,45±6,90	97,17±4,21
Протрузии «язык» , %	1,21±0,32	1,38±0,25
Протрузии «разбитое яйцо» , %	0,8±0,22	1,18±0,22
Насечки, %	2,54±0,52	3,32±0,30
Двуядерные, %	0,71±0,30	1,35±0,25
Кариопикноз, %	1,08±0,34	1,71±0,38
Кариорексис, %	1,01±0,31	1,24±0,27
Кариолизис, %	3,55±0,66	4,23±0,42
Общее количество нарушений, %	110±6,41	113,8±4,80

Примечание: * — различие с показателем в частных домах достоверно (P<0,05).

Сравнение спектров встречаемости аномалий ядра в радоноопасном и нерадоноопасном районах показало снижение доли клеток с микроядрами: 0,7% (нерадоноопасный) и 1,4% (радоноопасный) (различия достоверны (P<0,05)) (табл. 2). Показатели пролиферации были ниже в нерадоноопасном районе: доля двуядерных клеток в спектре патологий митоза была меньше, чем в радоноопасном (0,5% и 1,2%, соответственно) (различия достоверны (P<0,05)). В нерадоноопасном районе на долю клеток с перинуклеарной вакуолью приходилось 89,8% нарушений, а в радоноопасном данный показатель снизился до 85,8%.

Таблица 2

Спектры нарушений в клетках буккального эпителия (%) у детей, проживающих в радоноопасном и нерадоноопасном районах г. Богучар Воронежской области

Цитогенетические нарушения	Районы исследования	
	Нерадоноопасный	Радоноопасный
Микроядра, %	0,7*	1,4
Перинуклеарные вакуоли, %	89,8**	85,8
Протрузии «язык» , %	0,1	1,2
Протрузии «разбитое яйцо» , %	0,9	1,0
Насечки, %	2,0	2,9
Двуядерные, %	0,5*	1,2
Кариопикноз, %	1,1	1,6
Кариорексис, %	0,8	1,2
Кариолизис, %	3,3	3,8

Примечание: * — различие с радоноопасным районом достоверно (P<0,05); ** — различие с радоноопасным районом достоверно (P<0,001).

Исследования ядрышковых характеристик клеток буккального эпителия детей, проживающих в районах с высоким и низким содержанием радона в помещениях, показало

(табл. 3), что более низкая частота встречаемости ядрышек в ядре наблюдалась в районе, не загрязненном радоном (3,1±0,1) по сравнению с районом, где ЭРОА радона составляла 24 Бк/м^3 (3,5±0,1; различия достоверны (P<0,05)).

Таким образом, одним из основных факторов, оказывающих влияние на встречаемость ядрышек в ядрах буккальных эпителиоцитах, является радоновое загрязнение.

Таблица 3

Ядрышковые характеристики буккальных эпителиоцитов детей, проживающих в районах г. Богучар Воронежской области с разным уровнем радонового загрязнения

Количество ядрышек в ядре, шт.	Районы исследования	
	Нерадоноопасный	Радоноопасный
1	12,4±1,7	11,3±0,7
2	24,3±1,8	18,8±0,8
3	27,8±1,8	23,9±0,9
4	21,0±1,7	23,9±0,9
5	10,1±2,2	14,9±0,9
6	3,4±2,0	4,2±0,6
7	0,8±0,3	1,9±0,3
8	0,2±0,1	0,8±0,2
9	0,05±0,05	0,3±0,1
10	0	0,03±0,02
11	–	0,05±0,03
12	–	–
Среднее число ядрышек в ядре	3,1±0,1*	3,5±0,1

Примечание: * — различие с радоноопасным районом достоверно (P<0,05).

Таким образом, проведенные исследования можно рассматривать как эколого-генетический мониторинг г. Богучар Воронежской области, который показал эффекты радонового загрязнения жилых помещений на генетический аппарат клеток буккального эпителия детей. Радоновое загрязнение приводило к увеличению частоты встречаемости клеток с микроядрами и возрастанию ядрышковой активности буккальных эпителиоцитов, что можно рассматривать как негативные последствия такого рода воздействия.

Литература.

1. Влияние полиморфизма генов репарации ДНК на кариологический статус клеток буккального эпителия человека при экспозиции радоном / А. В. Мейер, Т. А. Толочко, В. И. Минина [и др.] // Экологическая генетика. – 2014. – Т. 12, № 1. – С. 28-38.)
2. Здоровье населения радоноопасных территорий / Д. В. Никифоров, Л. А. Межова, В. В. Кульнев [и др.] // Экология человека. - 2019. - № 1. - С. 40–50.
3. Калаев В.Н. Микроядерный тест буккального эпителия ротовой полости человека / В.Н. Калаев, М.С. Нечаева, Е.А. Калаева. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016. – 136 с.
4. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных / А.П. Кулаичев. – М.: Форум; Инфра-М, 2014. — 512 с.
5. Ларионов А. В. Исследование анеугенных эффектов с помощью панцентромерных зондов в условиях резидентного воздействия радона / А. В. Ларионов, В. П. Волобаев, Е. С. Сердюкова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 5-4(85). – С. 614-620.
2. Howell W. M. Controlled silver- staining of nucleus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1-step method / W. M. Howell, D. A. Black // Experientia. – 1980. – V. 36, № 8. – P. 1014–1015.

THE INFLUENCE OF RADON ON THE LEVEL OF NUCLEAR ANOMALIES AND NUCLEOLOUS CHARACTERISTICS IN HUMAN BUCCAL EPITHELIAL CELLS

V.N. Kalaev, I.V. Ignatova, I.I. Kosinova, E.A. Kalaeva, A.V. Larina, A.V. Shabelskaya
Voronezh State University, Voronezh

Abstract. The article presents the results of studies of the frequency of occurrence of nuclear anomalies and nucleolar characteristics of buccal epithelial cells of children living in radon-hazardous areas of Boguchar, Voronezh Region. An increase in the frequency of occurrence of cells with nuclear abnormalities (micronuclei, notches, perinuclear vacuoles, two nuclei, tongue-shaped and broken-egg protrusions, karyolysis, karyorrhexis, karyopyknosis) is shown in areas where the radon pollution level is 24 Bq/m^3, compared to an area where its concentration is 12 Bq/m^3. In radon-hazardous areas, the frequency of occurrence of nucleoli in the nucleus increases compared to non-radon-hazardous areas (respectively, 3.5±0.1 and 3.1±0.1).

Key words: radon, buccal epithelium, nuclear abnormalities, nucleolar characteristics, Boguchar.

УДК 622.834.1

ЛОКАЛИЗАЦИЯ УЧАСТКОВ МЕЗОРЕЛЬЕФА С ВЫСОКОЙ КРУТИЗНОЙ СКЛОНОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ

Э. Ю.Капинус [1], Н. Н.Грищенков [2], Л. Н.Крижановская [3]
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, ДНР, Россия
e-mail: edik2712200319@mail.ru[1], gringm104@gmail.com[2], science_ranimi@mail.ru[3]

Аннотация. Статья посвящена исследованию мезорельефа Донбасса, в частности участков с высокой крутизной склонов, для последующего анализа их влияния на техническое состояние зданий. Рассмотрены особенности рельефа региона, сформированного под воздействием геологических, тектонических и антропогенных факторов, и выделяет основные формы мезорельефа. В работе представлены методы построения цифровых моделей рельефа с использованием высотных данных и специализированного программного обеспечения. Подчёркнута важность учёта крутизны склонов при прогнозировании деформаций земной поверхности, вызванных горными работами. На примере городов Торез и Лисичанск показано, как цифровая модель позволяет выделить зоны с повышенной крутизной, требующие приоритетного технического обследования застройки.

Ключевые слова: мезорельеф, модель, рельеф, склоны, территория, крутизна, поверхность, цифровая модель, деформации.

Рельеф Донбасса, сложный и своеобразный, сформировался под влиянием геологического строения, тектоники, эрозионных и аккумулятивных процессов, а также антропогенной деятельности.

Важной особенностью является преобладание мезорельефа – крупных элементов рельефа с амплитудами высот до нескольких десятков метров. При расчленении территорий в системе междуречий выделяются следующие элементы рельефа: вершины водоразделов, склоны, подошвы склонов, шельфы склонов, днища межсклоновых западин, днища оврагов и балок, террасы, уступы и склоны террас. Сочетания элементов рельефа образуют положительные формы мезорельефа: холмы, бугры, гривы, увалы, гряды, дюны, барханы – и отрицательные: балки, ложбины, лощины, овраги, карстовые понижения, промоины.

В зависимости от сочетаний перечисленных форм различают следующие виды склонов:

1) Очень пологие – менее 1°;

2) Пологие – 1-3°;
3) Покатые – 3-5°;
4) Сильнопокатые – 5-8°;
5) Крутые – 8-20°;
6) Очень крутые – 20-45°;
7) Обрывистые – более 45° [2].

На Донбассе мезорельеф занимает, по разным оценкам, 70-80% территории региона. Он преимущественно развит в угленосных районах Донбасса – Донецко-Макеевском, Торезско-Снежнянском, Луганском, Краснодонском, Ореховском и Боково-Хрустальном. Помимо влияния рельефа на застроенные территории их положение отягощается влиянием горных работ угледобывающих предприятий, активно работавших на этих территориях в 1950-2000 гг. Достаточно характерной в этом отношении является территория Центрального и Восточного Донбасса, где отношение амплитуды колебаний высот мезорельефа к средней глубине разработки достигает 10-15% в пределах горных отводов шахт, и практически повсеместно наблюдаются холмистый рельеф, волнистые равнины, повышенная крутизна склонов холмов и разветвленная структура лощин в виде балок.

Склоны Донбасса играют ключевую роль в формировании ландшафтов и подвержены интенсивным процессам денудации и эрозии. Крутизна и экспозиция склонов определяют интенсивность солнечного облучения, ветровой режим и влажность, что влияет на распределение тепла и влаги, а также на развитие почвенного покрова. На крутых склонах чаще встречаются каменистые почвы и обнажения горных пород, а на пологих – более мощные и плодородные почвы [4].

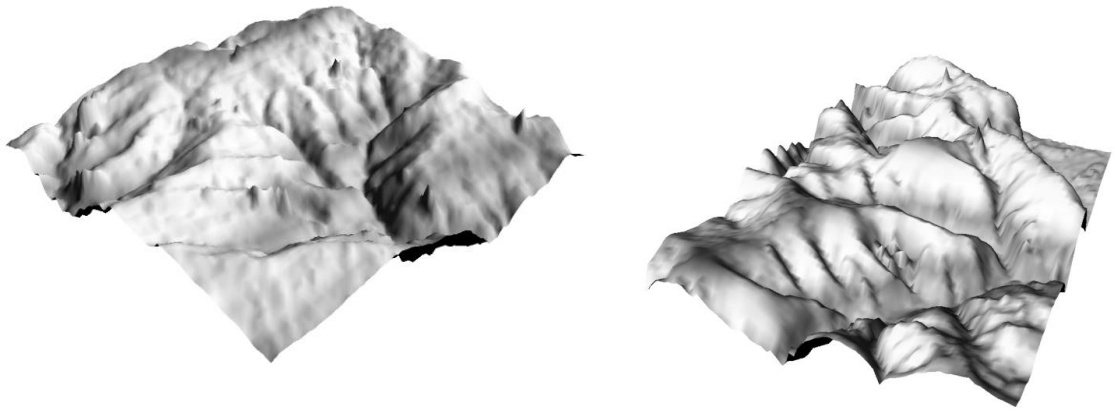
Подрабатываемая территория шахт им. Л. И. Лутугина, Заря и Прогресс, расположенная на территории г. Торез, имеет ярко выраженный мезорельеф в центральной и южной части города. В центре преобладает крутизна склонов до 5°, а на юге появляются зоны, достигающие 14°.

Характерный мезорельеф также преобладает на территории агломерации г. Лисичанск, где расположена зона влияния горных выработок пластов шахт им. Д. Ф. Мельникова, Новодружеская и Привольнянская. Территория города и прилегающих посёлков Лисичанский и Малорязанцево охвачена крутизной склонов от 3 до 13° (см. Рис. 2).

Рис. 1 – Мезорельеф участка в г. Торез в зоне влияния горных выработок пластов шахт треста «Торезантрацит».

Рис. 2 – Мезорельеф участка агломерации г. Лисичанск в зоне влияния горных выработок пластов шахт треста «Лисичанскуголь».

На крутизне проявляется разный характер сдвижения земной поверхности, и поэтому для его прогноза необходимо построение цифровой модели рельефа. На Рис. 3 представлены цифровые модели подрабатываемых территорий в г. Торез и агломерации г. Лисичанск.



а) б)

Рис. 3 – Цифровая модель мезорельефа территорий горных выработок: а) г. Торез, б) г. Лисичанск

Данные для цифровых моделей рельефа целесообразно брать из бесплатных каталогов высотных данных. Самым популярным источником пространственных данных является каталог высот топографической миссии радара Shuttle (SRTM) – проект радиолокационной интерферометрической съёмки поверхности земного шара. Его данные могут быть преобразованы в цифровую модель при помощи картографируемых систем QGIS и Surfer (см. Рис. 4). Средняя квадратическая ошибка высотных данных SRTM составляет 1-2 м, чего

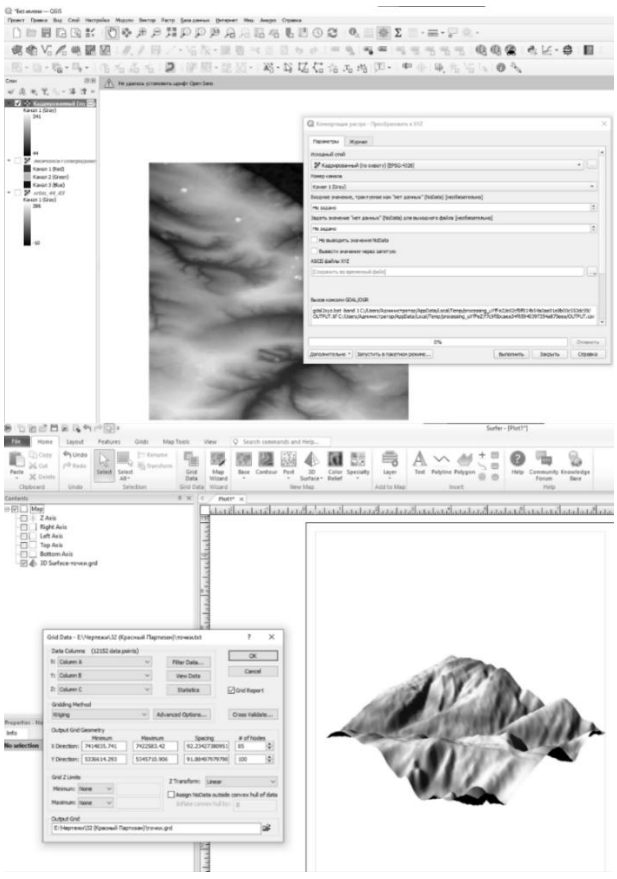


Рис. 4 – Создание цифровых моделей рельефа с помощью QGIS и Surfer.

вполне достаточного для определения деформаций. При площади шахтного поля 5х5 км^2 и средней мощности персонального компьютера формирование ЦМР происходит за 15 минут с получением 5000 точек на местности.

При построении цифровых моделей для горнодобывающей отрасли основным стандартом остаётся система координат Гаусса-Крюгера 1942 года (СК-42). Её преимущество – в обширной базе исторических и текущих маркшейдерских данных, включая планы горных выработок, карты месторождений и проекты вскрытия. Использование СК-42 упрощает интеграцию новых данных с архивными материалами, что критически важно для мониторинга деформаций, расчёта запасов и проектирования горных работ.

При моделировании рельефа строится сетка, её размер зависит от пространственного разрешения обрабатываемых данных – чем меньше разрешение, тем гуще сетка. Для каждой точки выстраивается интерполяция, производится расчёт положения точек и их преобразование в трёхмерную поверхность [3].

Расчёт деформаций происходит путём определения динамической глубины разработки. Так как реальная земная поверхность отличается от плоскости расчета деформаций, возникают погрешности определения деформаций. При этом максимальные погрешности наблюдаются для поверхности с крупными формами рельефа, то есть для мезорельефа. Это существенно влияет на точность прогноза как оседаний и горизонтальных сдвижений земной поверхности, так и ее наклона, кривизны, горизонтальных деформаций.

Опыт защиты подрабатываемых объектов показал, что наибольшее влияние крутизны рельефа проявляется на склонах в 5-10°. Модель крутизны мезорельефа можно построить с помощью применения картографических систем и дальнейшего построения цифровых моделей. Направление склона целесообразно определять методом наискорейшего градиентного спуска с предварительным выбором территорий, попадающих под явно выраженный мезорельеф. После анализа деформаций земной поверхности с учётом влияния рельефа следует обозначить застройку и зоны, подлежащие защите [1].

Рельеф Донбасса, отличающийся сложностью и разнообразием форм, играет ключевую роль в формировании природных и антропогенных ландшафтов региона. Его особенности оказывают прямое влияние на экологические процессы, хозяйственную деятельность и устойчивость инфраструктуры. Моделирование рельефа с использованием геоинформационных технологий позволило не только детально изучить его структуру, но и выявить зоны повышенного риска, связанные с деформациями земной поверхности. Особое внимание следует уделить регулярному мониторингу территорий покатых и сильнопокатых склонов, где наиболее активно проявляются процессы эрозии, оползней и сдвигов, усугублённые горнодобывающей деятельностью. Если эти зоны подверглись деформациям в ходе горных работ и на них расположена жилая застройка, то все эти объекты подлежат техническому обследованию в первую очередь, показывая коэффициент остаточного ресурса, с дальнейшей разработкой защитных мер.

Исследования проводились в ФГБНУ «РАНИМИ» в рамках государственного задания (№ FRSR-2023-0002).

Литература.

1. Букринский, В. А. Сдвижение горных пород и земной поверхности при подземных разработках / В. А. Букринский, Г. В. Орлов, В. К. Капралов. – Москва: Недра, 1984, – 247 с.
2. Кузин, Е. Н. Почвоведение и инженерная геология. Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 120700 «Землеустройство и кадастры» / Е. Н. Кузин, Н. А. Фомин, Н. П. Чекаев. – Пенза: ПГСХА, 2013. – 300 с.
3. Новаковский, Б. А. Комплексное геоинформационно-фотограмметрическое моделирование рельефа: учебное пособие. – Москва: МИИГАиК, 2019 – 175 с.
4. Трощенко Виктор Владимирович. Прогнозирование структуры шахтных полей Восточного Донбасса на основе анализа малоамплитудной тектонической нарушенности угольных пластов :

диссертация кандидата геолого-минералогических наук : 25.00.11 / Трощенко Виктор Владимирович; [Место защиты: ЮФУ]. – Ростов-на-Дону, 2010. – 160 с.

LOCALIZATION OF MESORELIEF AREAS WITH STEEP SLOPES FOR SUBSEQUENT INSPECTION OF THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS

Kapinus E. Y.[1], Grishenkov N. N[2]., Krizhanovskaya L. N[3]
Federal state budgetary scientific institution «Republican academic research and design institute of mining geology, geomechanics, geophysics, and mine surveying», Donetsk, DPR, Russia
e-mail: edik2712200319@mail.ru[1], gringm104@gmail.com[2], science_ranimi@mail.ru[3]

Abstract. The article is devoted to the study of the mesorelief of Donbas, in particular, areas with high steepness of slopes, for the subsequent analysis of their influence on the technical condition of buildings. The features of the relief of the region, formed under the influence of geological, tectonic and anthropogenic factors, are considered, and the main forms of mesorelief are highlighted. The paper presents methods of constructing digital models of relief using altitude data and specialized software. The importance of taking into account the steepness of slopes in the forecasting of deformations of the earth surface caused by mining operations is emphasized. The example of the cities of Torez and Lisichansk shows how a digital model can be used to identify areas with increased steepness that require priority technical inspection of buildings.

Keywords: mesorelief, model, relief, slopes, territory, steepness, surface, digital model, deformations.

УДК 550 558

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ УЧАСТКА РАЗМЕЩЕНИЯ КАМЕННОГО МОСТА В Г.ВОРОНЕЖЕ И ИСТОРИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

И.И.Косинова, Н. А.Дешевых [1], А.А. Кремнева [2], Д.А.Арсякова[3]
ФГ БОУУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия
e-mail:deshevikh-akma@mail.ru[1], anya-kremneva@mail.ru[2], daryaarsyakova@mail.ru[3]

Аннотация. Каменный мост – это памятник архитектуры XIX века, неотъемлемая часть транспортной инфраструктуры города и одна из любимейших достопримечательностей Воронежа. Его внешний вид и состояние напрямую сказываются на образе нашего города, а проблемы с ним связанные вызывают острый отклик у большинства горожан. Поэтому обследование ремонтно-восстановительных работ подпорной стены, примыкающей к опоре моста, и непосредственно формирующей его внешний облик, важно для повышения качества жизни и сохранения истории города. В процессе работы были проанализированы предыдущие жизненные этапы сооружения, рассмотрена хронология его реконструкций и проведено натурное обследование внешнего состояния объекта. Проведённое исследование показало недостаточный объём выполненных ремонтных работ, не затронувших противоположную подпорную стену и контрфорсы.

Ключевые слова: Воронеж, объект культурного наследия, подпорная стена, обследование, маршрутные наблюдения, обрушение, реконструкция.

В административном отношении Каменный мост расположен по адресу г. Воронеж, ул. Карла Маркса, находится на месте пересечения улиц Карла Маркса, Орджоникидзе и Чернышевского (Рис.1).

Район расположения объекта находится в центральной, исторической части города с плотной городской застройкой и многочисленными сетями коммуникаций. Территория площадки обследования граничит с объектом культурного наследия регионального значения

«Каменный мост». Поблизости расположены так же следующие объекты культурного наследия регионального значения:

«Александринский приют» (г. Воронеж, ул. Карла Маркса, д. 45),

«Воскресенская церковь» (г. Воронеж, ул. Орджоникидзе, 19а),

«Усадьба Герасимова (2 здания)» (г. Воронеж, ул. Карла Маркса, д. 48, 48б),

«Дом архитектора Волкова» (г. Воронеж, ул. Карла Маркса, д. 43).

Естественный рельеф спланирован насыпным грунтом. Естественный почвенный покров практически отсутствует и вследствие длительного техногенного воздействия повсеместно замещен техногенным грунтом, представленным смесью песка, суглинка и строительного мусора.

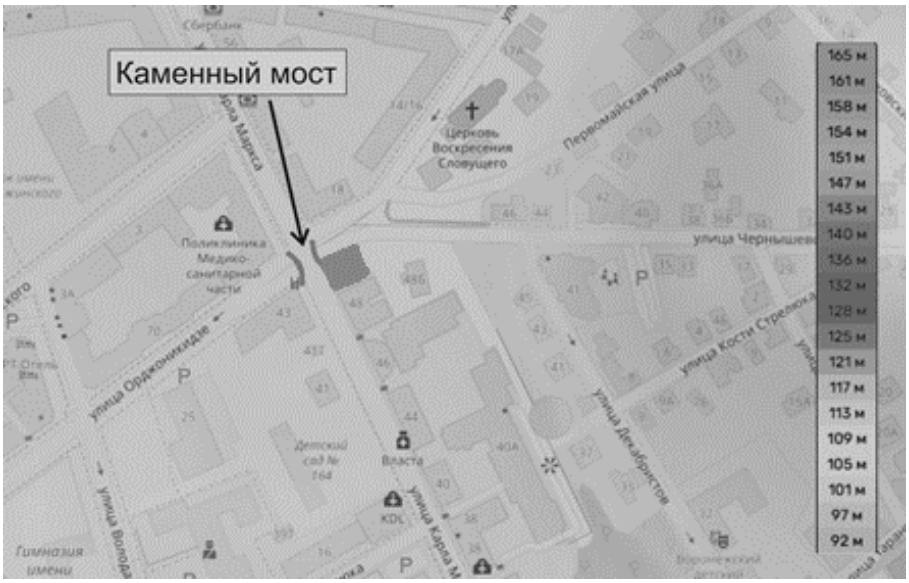
Растительный покров отсутствует, отмечается наличие единично стоящих древесных насаждений. Прилегающая территория повсеместно перекрыта асфальтом либо тротуарной плиткой.

Геоморфологически территория обследования находится на правом борту долины реки, который сложен отложениями среднего неоплейстоцена и аллювиальными отложениями 4-ой надпойменной террасы (a^4II). Территория находится на краю резкого – до 20-25 метров и более - перепада высот, направленного от уровня улицы Карла Маркса в сторону Воронежского водохранилища.

Координаты объекта: 51.661144, 39.207537.

Чтобы разобраться в сложившейся ситуации необходимо сперва ознакомится с историей постройки и различными этапами жизни Каменного моста, которые напрямую влияют на текущую ситуацию.

ПОСТРОЙКА МОСТА (НАЧАЛО XIX ВЕКА). К началу XIX века особенно остро встала проблема благоустройства Воскресенского спуска. Со времен строительства Азовского флота по спускавшейся к реке Богословской улице шел поток грузов к военным верфям. Место здесь размывалось водой и постепенно образовался овраг, который очень близко подходил к перекрестку улиц Старо-Московской и Воскресенской, мешая проезду.



- исследуемый участок

Рис. 1. Карта высот района исследования

Построен мост был по личной инициативе воронежского губернатора Николая Ивановича Кривцова (1794-1843) в 1826 году по проекту городского архитектора И.А.Блицына.

Это был первый в Воронеже мост, сложенный из кирпича, который тогда называли «камнем», и стал назваться «Каменным мостом». Длина моста составила около 10 м. Заодно

со строительством были укреплены подпорными стенами склоны с обеих сторон, прекратился опасный рост оврага, улицы были вымощены камнем и сделались проезжими (Рис.2).

Рис. 2. Каменный мост в начале XX века

При строительстве моста был благоустроен перекресток улиц Старо-Московской и Воскресенской: уровень улиц повышен насыпью, при этом Воскресенская улица изменила свое направление, стала проходить рядом, овраг углубили и он выводил на Богословскую улицу. Богословский спуск выровняли для удобства проезда, возвели подпорные стены, замостили булыжником дорогу. Таким образом, у моста сформировался сложный перекресток с подпорными стенами и лестницами на спуске под Воскресенской церковью (Рис.3).

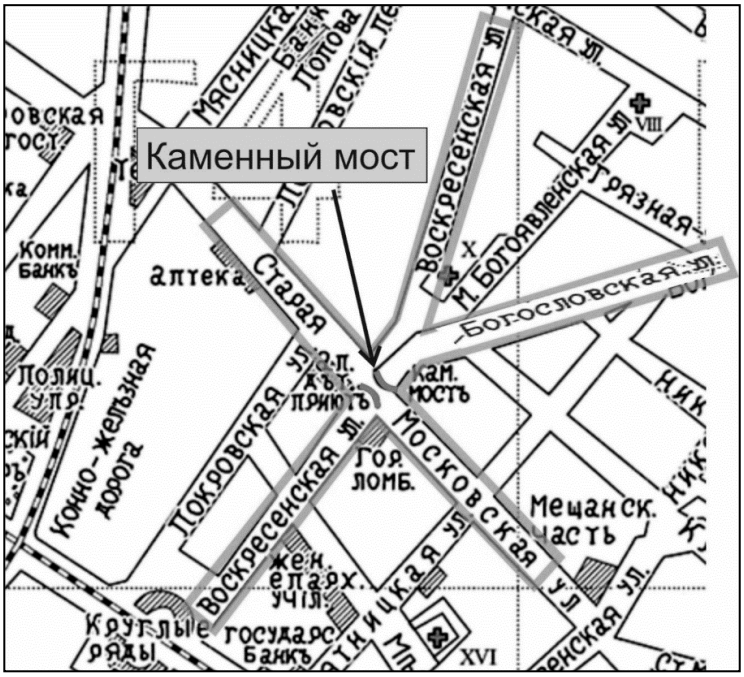
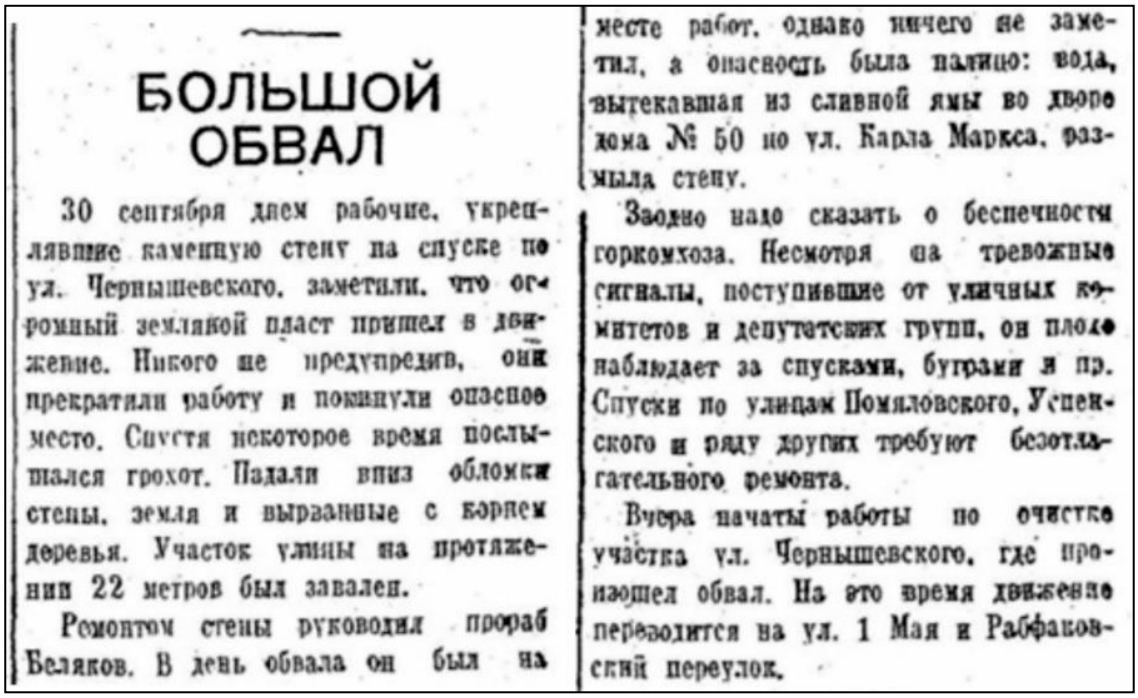


Рис. 3. Фрагмент отреставрированного плана г. Воронежа (конец 19-го века)

Первые проблемы (конец XIX – начало XX века). По информации из заметки П.А.Попова [2] доцента института архитектуры и градостроительства ВГТУ (ВГАСУ) подпорные стены на Богословском спуске (ул. Чернышевского) капитально ремонтировали ещё в XIX-ом и первой половине XX-ого веков, судя по найденным им архивным материалам, не меньше трёх раз - в 1871, 1876, 1923 годах.

Павел Александрович опубликовал заметку из газеты «Коммуна» 1936 года под названием «Большой обвал» (Рис.4), в которой написано, что 30 сентября 1936 года во время

ремонтных работ подпорная стена на спуске улицы Чернышевского обвалилась, завалив обломками 22 метра улицы. Причину тогда увидели в сливной яме дома №50 по улице Карла Маркса, вода из которой размыла стену. В настоящее время дома по этому адресу не существует, но судя по тому где расположен дом № 48, и учитывая направление увеличения номеров по чётной стороне улицы, можем утверждать, что дом №50 стоял прямо на участке современного обвала. Скорее всего этот дом мы можем видеть на фотографии начала XX века (Рис. 2) слева, выше подпорной стены, за деревянным забором.



БОЛЬШОЙ ОБВАЛ

30 сентября днем рабочие, укреплявшие каменную стену на спуске по ул. Чернышевского, заметили, что огромный земляной пласт пришел в движение. Никого не предупредив, они прекратили работу и покинули опасное место. Спустя некоторое время послышался грохот. Падали вниз обломки стены, земля и вырванные с корнем деревья. Участок улицы на протяжении 22 метров был завален.

Ремонтом стены руководил прораб Беляков. В день обвала он был на месте работ, однако ничего не заметил, а опасность была налицо: вода, вытекавшая из сливной ямы во дворе дома № 50 по ул. Карла Маркса, размыла стену.

Заодно надо сказать о беспечности горкомхоза. Несмотря на тревожные сигналы, поступившие от уличных комитетов и депутатских групп, он плохо наблюдает за спусками, буграми и пр. Спуски по улицам Помяловского, Успенского и ряду других требуют безотлагательного ремонта.

Вчера начаты работы по очистке участка ул. Чернышевского, где произошел обвал. На это время движение переводится на ул. 1 Мая и Рабфаковский переулок.

Рис. 4. Фрагмент газеты Коммуна 1936 года

Первая реконструкция (послевоенные годы и конец советского периода). Мост – один из немногих дореволюционных сооружений пережил Великую Отечественную войну почти неповреждённым (Рис.5). Предположительно дом №50 по улице Карла Маркса был разрушен и его остатки внесли свой вклад в техногенный характер грунта территории за подпорной стеной.

Незадолго до начала реконструкции 80-х годов вдоль конструкций моста были проложены трубы системы наружной теплотрассы, исказившей архитектурный облик памятника (Рис.6).

В 1984–1986 гг. к 400-летию города была проведена реконструкция моста, выполненная по проекту архитектора А.В. Поспеева. Вопрос реконструкции каменного моста рассматривался Воронежским филиалом института «Гипрокоммундортранс». По свидетельству конструктора филиала И. Березина на момент реконструкции каменный мост находился в хорошем состоянии, тревогу вызвала подпорная стена 19 века, которая наклонилась к дороге. Конструкции моста были укреплены. Для усиления подпорных стен были использованы бетонные блоки, которые видно на фотографии тех лет (Рис 6).

Рис 5. Каменный мост 60-70-е годы XX века

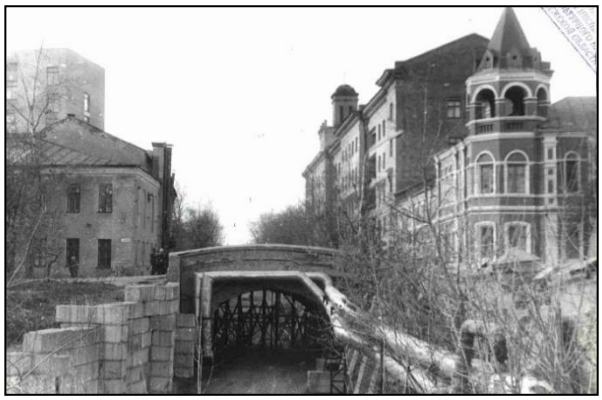


Рис. 6. Каменный мост во время реконструкции 80-х годов

Реставрация 80-х годов закончилась облицовкой железобетонных блоков подпорных стен красным кирпичом, и установкой вдоль моста и откосов чугунных решёток и перил вместо кирпичного парапета. На пилонах в концах моста были поставлены чугунные торшеры. Замена кирпичных перил на чугунные, дала начало традиции молодоженов вешать замочки на счастье на ограждения моста. На месте будущего обвала сформирована площадка в последствии поросшая деревьями (Рис. 7).

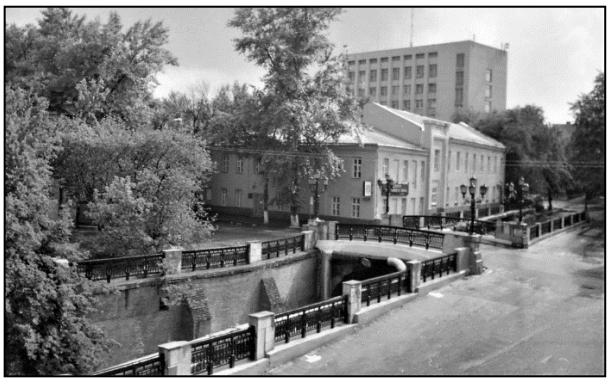


Рис. 7. Каменный мост после реставрации 80-х годов

Рис.8. Котлован с фундаментом предполагаемого здания. 2000-е годы

Вторая реконструкция(реставрация) (начало XXI века). В начале 2000-х годов площадку между домом №48 по улице Карла Маркса и Каменным мостом взял в аренду на 50 лет предприниматель с целью построить там кафе для молодоженов. Были вырублены, растущие на ней, деревья, вырыт котлован и начаты работы по возведению фундамента, вплотную прилегавшего к подпорной стене, что вероятно, могло нарушить правильную работу, заложенных проектом первой реконструкции, устройств водоотведения (Рис. 8).

Но строительство закончено не было и незавершенная стройка, поросшая дикой порослью и огороженная металлическим забором со стороны улицы Карла Маркса, простояла в таком состоянии до конца 2000-х годов.

Перед началом реставрации Каменного моста приуроченной к 425-летию города администрации сперва пришлось расторгнуть договор аренды с предпринимателем, который так и не достроил кафе. Трубы теплотрассы до реконструкции убрали под землю.

Каменному мосту решили придать первозданный, исторический облик, заменив металлическое ограждение кирпичной кладкой, а чтобы молодожёнам было куда вешать замочки, для них было решено обустроить специальную площадку у дома 48 по улице Карла Маркса — как раз на месте недостроенного кафе.

Фундамент несостоявшегося кафе не разобрали, а засыпали строительным мусором и песком вровень с верхом подпорной стены, что само по себе не является нарушением строительных технологий, но, вероятно, было не лучшим решением в этом конкретном случае.

Подпорную стену же капитально не ремонтировали — её отштукатурили и дополнительно покрыли стилизованными под кирпичную кладку панелями. Как мы можем видеть на Рис. 9,

Рис 9. Каменный мост в процессе и после реставрации 2011 года.

иллюстрирующем итоги реставрации 2011 года, одно отверстие предположительно ливневой канализации присутствует у основания моста, но, скорее всего это сток для дождевой воды с улицы Карла Маркса, так как вода с самой площадки должна была бы иметь спуск ниже по улице Чернышевского.

Разрушение подпорной стены (лето 2023 года). 3 июня 2023 года, когда за пару часов на Воронеж пролилось 45% месячной нормы осадков, на площадке для молодоженов расположенное рядом с Каменным мостом скопилось много воды. Причина была в том, что площадка находилась ниже уровня дороги, а ливнеприёмников на ней не было. Плитка, которой была вымощена площадка, в отличие от асфальта, прекрасно пропускает воду. В следствие чего вода постепенно напитывала грунт под площадкой, делая его значительно тяжелее. Бетонные блоки, державшие стену с 80-х годов, скорее всего прошлого века, не рассчитанные на такую дополнительную нагрузку и подмываемые обильными осадками, рухнули. Грунтом и обломками стены завалило, проходящую под мостом, улицу Чернышевского (Рис.10). На стихийно образовавшемся разрезе можно увидеть, что в основании площадки лежит техногенный грунт, вобравший в себя почти двухвековую историю этого места. Песок, камни, кирпичи, другой строительный мусор лежат под площадкой, как коржи в слоёном пироге.

Рис. 10. Последствия обрушения

На Рис.11 запечатлен момент, когда дождевая вода прорывается из под декоративных панелей, а из трубы уличного стока вырывается вода, занимая своим потоком всё её сечение, в следующий миг стена обвалилась. После чего проезд под мостом и участок улицы Чернышевского были перекрыты вплоть до окончания возведения новой подпорной стены.

Рис. 11. Момент обрушения подпорной стены.

Ремонт подпорной стены (2024 год). После инцидента городские власти оперативно приступи к организации инструментальных обследований всех подпорных стен и самого моста, которые ранее откладывались по разным причинам. Комплекс инженерных изысканий площадки был произведён во второй половине 2023 года. Строительные работы проводились в период зима-весна 2024 года, и в мае новая подпорная стена была готова.

В основании новой подпорной стены лежат 32 девятиметровые сваи (Рис.12). Сама новая подпорная стена представляет собой монолитную 24-х метровую железобетонную конструкцию, основой которой является каркас из металлической арматуры (Рис.13). В новом проекте была предусмотрена система водоотведения.

Рис.12. Оголовки свай лежащих в основании стены

Рис.13. Армирующий каркас новой подпорной стены

В 2012 г. было выполнено георадиолокационное обследование площадки, находящейся вблизи Каменного моста в г. Воронеж, где периодически возникали деформации её поверхности. Результаты исследований свидетельствуют, что, в условиях отсутствия полноценного дренажа, вблизи краев площадки скапливается вода. На Рис.14 мы видим диаграммы геофизического исследования, которые проходили по профилям параллельным улице Карла Маркса по всей площади территории обследования. Эти данные можно считать предвестниками будущего происшествия [1].

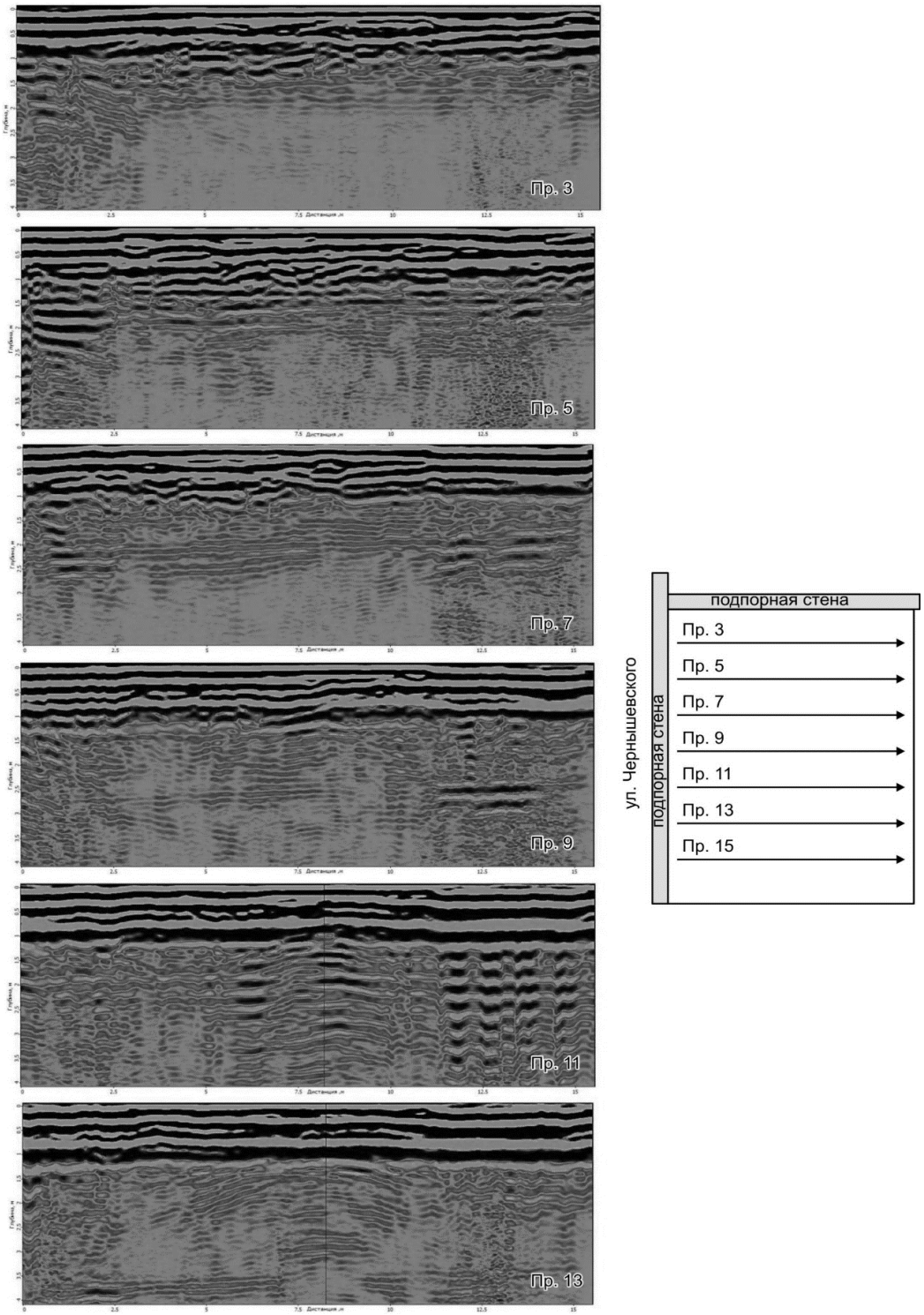


Рис. 14 Диаграммы геофизического обследования и их маршруты на участке.

-

Методика проведенных исследований:

24 января 2025 года было проведено обследование последствий обрушения и ремонта подпорной стены объекта культурного наследия регионального значения «Каменный мост» в г. Воронеж. Маршрутное наблюдение проводилось в 4-х точках при ясной погоде. План местности с точками наблюдения и оконтуренным участком обследования представлен на Рис.15.

Рис. 15. Ситуационный план

К моменту проведения исследования новая подпорная стена уже возведена, грунт на площадке не спланирован и имеет сильный уклон в строну улицы Чернышевского. Территория участка исследования огорожена, что ограничило методику исследования визуальным наблюдением подпорной стены.

Полученные результаты:

Точка наблюдения №1 располагается на улице Орджоникидзе, с неё мы можем наблюдать бетонную подпорную стену с контрфорсами высотой от 4,5 м у моста и до 2,5 м ниже по улице Чернышевского. Грунт за стеной накрыт строительной плёнкой. Около метра от свода моста, у его основания, из подпорной стены выведена металлическая труба полуметрового диаметра. Между краем новой стены и краем оставшейся старой подпорной стены выведены две пластиковые трубы. (Фото 1,2,3).

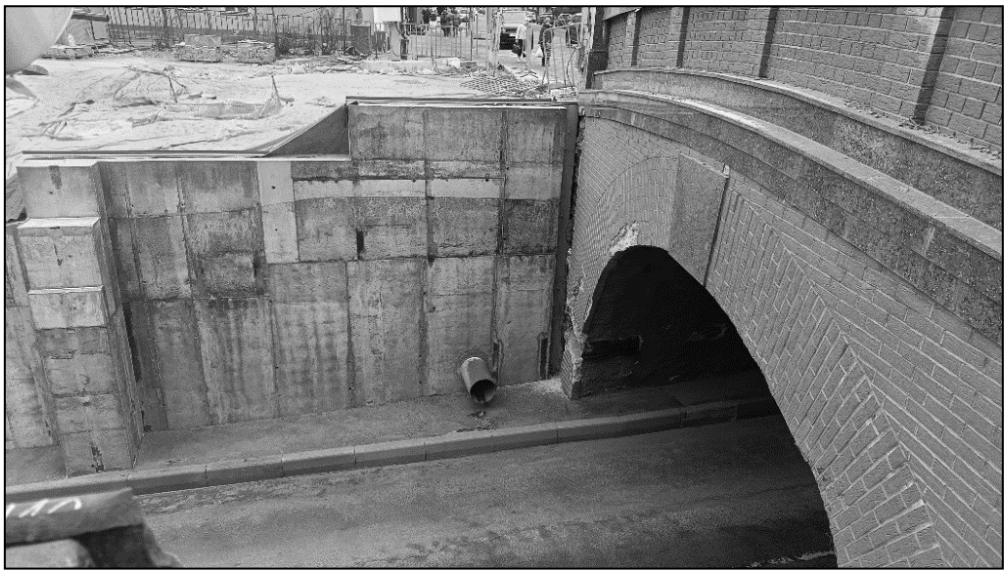


Фото 1.

Фото 2.

Фото 3.

Точка наблюдения №*2* располагается на склоне между улицами Орджоникидзе и Чернышевского у противоположной стены. Здесь мы можем наблюдать разрушающуюся декоративную облицовку контрфорсов старых подпорных стен, расположенных по обе стороны улицы Чернышевского. Контрфорсы, имеющие непрезентабельный вид, затянуты зелёной сеткой, которая в некоторых местах оголяет разрушающуюся кирпичную кладку (Фото 4,5,6).

Фото 4.

Фото 5.

Фото 6

Точка наблюдения №3 располагается возле новой подпорной стены. Можно ближе рассмотреть примыкание старой и новой стены и выходящие трубы, вероятно, для вывода дренажа, с этого ракурса можно рассмотреть третью трубу (Фото 7). Если визуально сравнить углы наклона новой (зелёная линия на фото) и старой (красная линия) стен, то можно заметить,

что старая стена по линии края бетонных блоков имеет уклон в сторону дороги около 5 градусов (Фото 8). На Рис.16 изображены показания цифрового угломера, который фиксирует наклон новой стены от дороги в 1,5 градуса. На Фото 9 можем наблюдать металлические конструкции внутри новой подпорной стены, нуждающиеся в защите от коррозии.

Фото 7.

Фото 8.

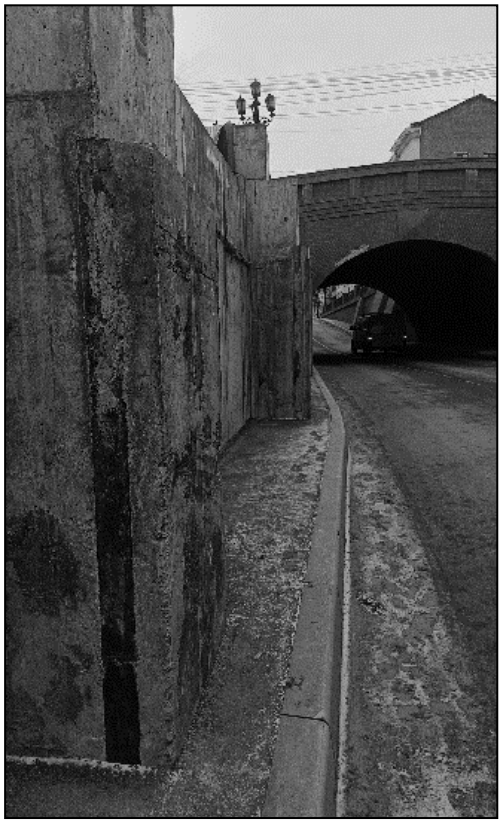


Фото 9.

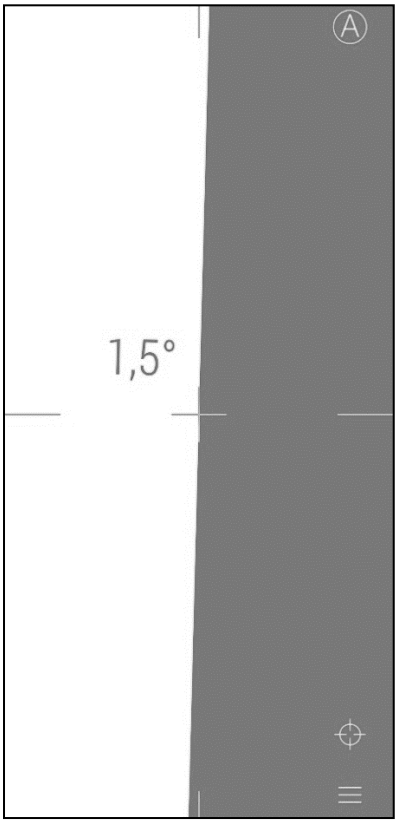


Рис. 16.

Точка наблюдения №4 располагается в месте примыкания новой подпорной стены к конструкции моста. Виден выход металлической трубы ливневой канализации в основании моста (Фото 10). Новая подпорная стена (Фото 11) имеет угол наклона в 1,7 градусов от дороги (Рис. 17).

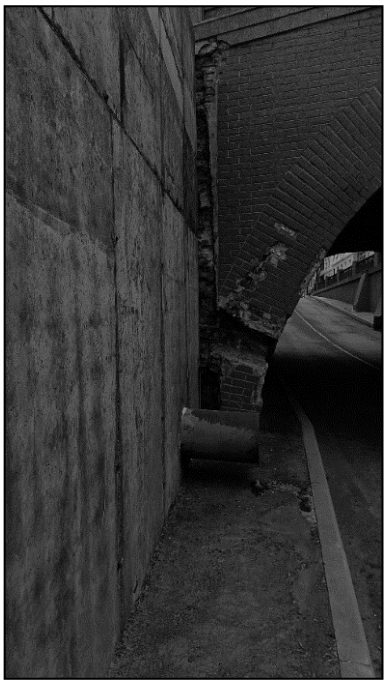


Фото 10.

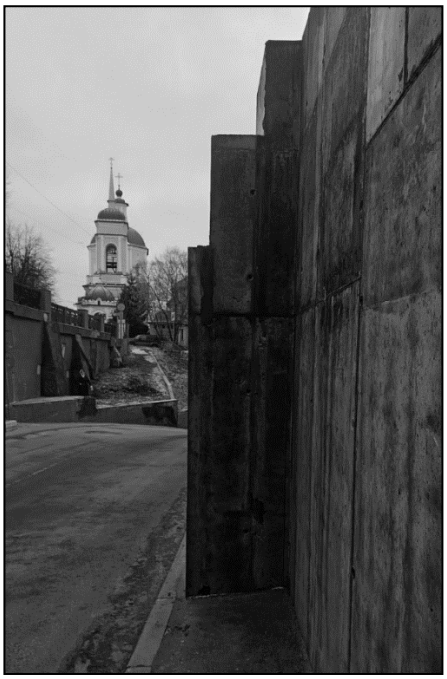


Фото 11.

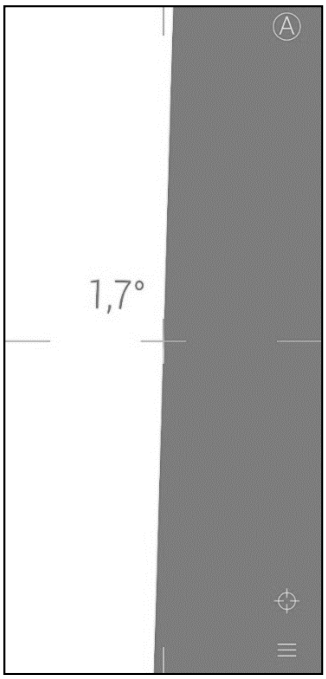


Рис. 17.

Анализ полученных данных

По характеру рельефа участок исследования находится на границе резкого перепада высот: от 156 м (абс.отм.) на улице Карла Маркса до 128 м (абс.отм.) и ниже в сторону водохранилища, в следствие чего испытывает влияние потоков воды во время осадков и в период снеготаяния.

Участок располагается рядом с транспортным узлом и испытывает непрерывные вибрационные нагрузки от интенсивных, проходящих по улицам Карла Маркса и Чернышевского, транспортных потоков.

Ввиду означенных факторов имеет место сползание техногенных грунтов по кровле аллювия, сложенного суглинистыми отложениями, вниз к водохранилищу. Что неоднократно происходило за последние 200 лет.

Найденные фотоматериалы и свидетельства современников иллюстрируют не оптимальное использование территории участка исследования и спорные конструкторские решения предыдущих реконструкций.

Проведённые в 2012 году геофизические исследования участка показывали переувлажнение грунтов под площадкой.

Обильные осадки 3 июня 2023 года в отсутствии правильного водоотведения пропитали грунт за подпорной стеной, которая, не выдержав давления массы переувлажнённого техногенного грунта, обрушилась на проезжую часть улицы Чернышевского.

Проведённая реконструкция включала возведение новой подпорной стены. Подпорная стена представляет собой 24-х метровую железобетонную конструкцию, в основании которой лежат 32 девятиметровые сваи. Была предусмотрена и заложена система водоотведения.

Визуальный осмотр новой подпорной стены и выбранные конструкторские решения внушают уверенность в её надёжности. С другой стороны, стоит отметить очевидную незавершённость строительных работ. Важно не упустить из виду старые части подпорных стен, формирующих борта по обоим сторонам улицы Чернышевского. Особое внимание стоит уделить состоянию контрфорсов.

Выводы

Обследование подтвердило основные факторы, представляющие опасность для устойчивости моста:

- оползневые процессы на правом берегу;
- недостаточность системы водоотведения;
- повышенные нагрузки от транспортного потока.

Было проведено обследование последствий обрушения и ремонта подпорной стены объекта культурного наследия регионального значения «Каменный мост» в г. Воронеж.

Обследование проводилось методов визуального осмотра критически важных элементов конструкции, выявленных в ходе анализа исторической ретроспективы.

Новая подпорная стена должна обеспечить сдерживания грунта, но нуждается в дальнейших работах по отделке и благоустройству. Со времени обследования до момента написания данной статьи (зима-весна 2025 года) строительных работ не велось, изменений состояния площадки не замечено.

Так же стоит отметить, что, противоположная исследуемому участку, подпорная стена тоже нуждается в ремонте. Набор негативных факторов обеих стен одинаковый, а учитывая, что за противоположной подпорной стеной располагается автодорога и 4-х этажное здание, последствия аналогичного обвала могут быть значительно хуже.

В ходе анализа исторических фактов, можно сказать, что участок исследования с самого момента постройки Каменного моста обладал негативными факторами способствовавшими частым обвалам. Участок данного исследования являлся изначально берегом оврага. После возведения моста и укрепления стенок оврага, ставшего проезжей частью, исследуемы участок начал постоянно испытывать на себе техногенные нагрузки: насыпь техногенного грунта, вибрационные воздействия от транспорта, плотная городская застройка и проблемы водоотведения. Если до постройки моста вода спокойно стекала в овраг приводя к банальной распутице, то после благоустройства дорожного узла, она стала находить препятствия и накапливаться в теле склона.

Хронология событий показывает нам нелёгкую судьбу этого небольшого участка нашего родного города и демонстрирует как даже искреннее стремление к благоустройству при халатном отношении и непрофессиональных подходах может привести к негативным последствиям, потере средств и времени.

В настоящий момент, после ремонта, внешний облик исследуемого участка приобрёл свой почти изначальный вид, о чём мы можем судить, сопоставив фотографии начала прошлого века и сегодняшнего дня (Рис. 18).

Рис.18. Сравнение внешнего вида подпорной стены в начале XX века и после реконструкции 2024 года

Есть основания полагать, что такая конфигурация подпорной стены и участка земли за ней более естественна и повторяет изначальный природный рельеф. Уменьшение объёма грунта за стеной и естественный уклон будут способствовать отведению воды.

Облик города может приближен к своему историческому виду, а место для молодоженов можно сделать не в виде ровной площадки, мощенной бездушной тротуарной плиткой, а на подобие каскада более мелких площадок, спускающихся вдоль улицы Чернышевского. Так же необходимо предусмотреть высадку деревьев, которые являются природными противниками эрозии почвы.

При должном подходе эта знаменитая Воронежская достопримечательность сможет избежать грустной участи, которую можно охарактеризовать названиями известных произведений русского писателя-философа, в честь которого назвала улица, лежащая под мостом, – «Кто виноват?» и «Что делать?».

Литература.

1. Аузин А. А.1,2, Каратаев Д. Д.2, Полицинский М.С. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ. ВГУ, г. Воронеж, Россия.
2. Попов П.А. Заметка «Каменный мост», с личной страницы автора. https://vk.com/wall390399632_1998.
3. Мария Гончарова «Каменный мост: свадебный символ Воронежа», https://2vrn.ru/kamennyj-most-voronezh-istoriya-foto.html, (дата обращения 24.05.2025г.)
4. Михаил Сошин «Безволие и бюрократия привели к катастрофе с Каменным мостом»https://abireg.ru/newsitem/97808/, 05.06.2023, (дата обращения 24.05.2025г.)
5. Виктор ЧАШКИН «Завершился ремонт обрушившейся подпорной стены Каменного моста в Воронеже», https://tv-gubernia.ru/novosti/obwestvo/zavershilsja-remont-obrushivshejsja-podpornoj-steny-kamennogo-mosta-v-voronezhe/, 25.04.2024, (дата обращения 24.05.2025г.)

ENGINEERING GEOLOGY OF THE KAMENNY BRIDGE SITE IN VORONEZH AND THE HISTORY OF RECONSTRUCTION OF THE CULTURAL HERITAGE SITE

I.I.Kosuova, N.A.Deshevyh [1], A.A.Kremneva [2], D.A.Arsyakova [3]
Voronezh State University, Voronezh, Russia
e-mail: deshevikh-akma@mail.ru[1], anya-kremneva@mail.ru[2], daryaarsyakova@mail.ru[3]

Abstract. The Stone Bridge is an architectural monument of the 19th century, an integral part of the city's transport infrastructure and one of Voronezh's favorite attractions. Its appearance and condition directly affect the image of our city, and the problems associated with it cause a sharp response from the majority of citizens. Therefore, an inspection of the repair and restoration works of the retaining wall adjacent to the bridge support and directly forming its appearance is important for improving the quality of life and preserving the history of the city. During the work, the previous life stages of the structure were analyzed, the chronology of its reconstructions was reviewed, and a full-scale survey of the external condition of the facility was conducted. The conducted research showed an insufficient amount of repair work performed, which did not affect the opposite retaining wall and buttresses.

Key words: Voronezh, cultural heritage site, retaining wall, survey, route observations, collapse, reconstruction.

УДК 911.6

ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РЕКИ ПЕСЧАНКА В ПРЕДЕЛАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ НЕУДОБИЙ Г.ВОРОНЕЖА

И. И. Косинова[1], Т. В. Цыплакова[2]
Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
e-mail: kosinova777@yandex.ru[1], cyplakova-tatan@mail.ru [2]

Аннотация. В настоящее время крупные, динамично развивающихся города ощущают все большую потребность в новых ресурсах развития – территориях, инфраструктуре, источниках водоснабжения, но в пределах городской черты многие из них оказываются исчерпанными. Увеличение площади городской территории не может происходить бесконечно, на определенном этапе оно становится источником экологических, социальных и экономических проблем. В мировой практике активно реализуется концепция «компактного города», предполагающая эффективное, максимально возможное использование территориальных городских ресурсов [6]. В данной статье на примере города - миллионника Воронежа мы рассмотрим особенности неудобий и возможность их экологического использования.

Ключевые слова: градостроительство, урбанизация, неудобья, овраги, оползни, свалки, экологическая ситуация, золоотвалы

На урбанизированных территориях крупных мегаполисов возникает дефицит площадей под массовую застройку, что обусловливает необходимость широкого использования для этих целей неудобий – участков, характеризующихся весьма неудовлетворительными (и плохими) экологическими и инженерно-геологическими условиями.

Неудобьями являются городские участки, в пределах которых развиваются и активизируются опасные геологические процессы [3]. В настоящее время есть необходимость разделения неудобий на естественные или природные (оползни, карст, эрозия, суффозия, дефляция, заболачивание и т.д.) и неудобья антропогенного происхождения (свалки, золоотвалы, оползни, заброшенные промплощадки).

Воронеж находится на обоих берегах Воронежского водохранилища, в 12 км от её впадения в реку Дон. Площадь городского округа — 596,51 км².

Территория города Воронеж обладает контрастным рельефом, так как он расположен в европейской части России на границе Среднерусской возвышенности и Окско-Донской равнины. Окско-Донская равнина опускается со скоростью 5,5 мм в год, а Среднерусская возвышенность поднимается. Такое движение становится причиной микросейсмических колебаний почвы, амплитуда которых превышает фоновую почти в 6 раз. На уровень микросейсмичности влияет наличие Воронежского водохранилища и развитой городской инфраструктуры.

Во время весеннего половодья реку Воронеж подпирает река Дон. Весной 1942, 1945, 1947, 1970 и 1971 годов наблюдалось обратное течение. После создания на реке Воронежского водохранилища это явление прекратилось.

Воронежское водохранилище — самое крупное водохранилище в Центральном черноземье. Площадь водного зеркала составляет 70 км², длина и ширина равны 35 км и 2 км. Средняя глубина водоёма — 2,9 м, а общий объём — 204 млн м³ [2].

Правобережная часть города находится на холмистом плато с абсолютными отметками от 100 до 160 м, а левая — в пониженной плоскоравнинной местности, которая постепенно переходит в речную террасу [1].

Правый берег водохранилища на протяжении 2.5 км характеризуется оврагами с образованием оползней. Оползни находятся в постоянной динамике и создают опасность для жизнедеятельности человека. Даже небольшой поверхностный оползень, недостаточно исследованный при проведении инженерно-геологических изысканий, на этапе строительных

работ может внезапно активизироваться и доставить немало хлопот по прекращению оползневых деформаций, укреплению склона и восстановлению рельефа территории [5].

Большая часть левого берега используется под промышленные площадки здесь расположены крупные предприятия: Теплоэлектростанция – 1 (ТЭЦ-1), Авиастроительное предприятие «Воронежское акционерное самолётостроительное общество» (ВАСО), завод Воронежсельмаш, Воронежский шинный завод (совместное предприятие международной компании Pirelli и Государственной корпорации «Ростек»), завод Воронежсинтезкаучук, ЗАО «Воронежстальмост», ООО «Воронежские дрожжи» (предприятие, выпускающее хлебопекарные прессованные дрожжи), завод Рудгормаш. Территория характеризуется большими промышленными выбросами в атмосферу вредных веществ и несанкционированными свалками строительных отходов. С учетом преобладания в г. Воронеже ветров юго-западного направления, эти вещества перемещаются в атмосфере в направлении «из города».

Особое внимание по антропогенным неудобьям привлекает действующая Теплоэлектростанция – 1, которая была построена и введена в эксплуатацию в 1932 г. для обеспечения энергией и теплом предприятий химической и авиационной промышленности и жилищно-коммунального сектора левобережья г. Воронежа (рис.1). Она расположена на берегу водохранилища, являющимся источником водоснабжения технологических нужд и местом охлаждения оборудования ТЭЦ. В качестве топлива на предприятии до 2000г. использовался уголь, в настоящее время - природный газ и мазут.

Рис.1. Теплоэлектростанция – 1 г.Воронеж

Золошлаковые отвалы площадью 75,4 га, были введены в эксплуатацию в 1964 г., сейчас они полностью заполнены и на данный момент не используются.

Золоотвал - место куда отправляют шлак от сгоревшего угля. Шлак вымывается водой из камер сгорания и образовавшаяся пульпа (жидкая смесь воды и твердых частиц) отправляется по трубам на площадку, вода стекает в реку, а твердые частицы оседают.

В качестве объекта исследований взята река Песчанка, впадающая в водохранилище вблизи полигона золошлаковых отходов ТЭЦ-1.

Состав природной воды зависит от химических и физико-химических процессов, главные из которых растворение твердых веществ водой, выделение из раствора осадков, поглощение газов, обмен ионами между твердым веществом и раствором, процессы гидролиза, комплексообразования, окислительно-восстановительные процессы. На формирование состава природных вод также влияют биохимические процессы. К ним относятся минерализация органического вещества; фотосинтез, определяющий состав

растворенных газов и появление в природной воде органического вещества; биохимические процессы с участием неорганических соединений. В результате абиотических и биотических процессов может существенно изменяться токсичность веществ в воде и степень загрязнения ими водоема [4].

Пробоотбор поверхностных вод реки Песчанка производился в 10 точках с интервалом около 300 метров (рис. 2).

Рис. 2. Карта пробоотбора поверхностных вод реки Песчанка

Для отбора проб использовались чистые пластиковые бутылки объемом 1,5 л. Перед отбором пробы бутылка тщательно промывалась водой из реки. В процессе отбора бутылку погружали в воду на глубину 20-30 см, чтобы избежать захвата поверхностной пленки. Наполняли емкость до краев, чтобы минимизировать наличие воздуха, который может повлиять на результаты анализа. Далее закрывали бутылку, чтобы избежать попадания воздуха или других загрязнителей.

Измерение pH, цветности, мутности и SO_4^{2-} проводилось в лаборатории в соответствии с методическими указаниями [7]. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты измерений проб воды в лаборатории.

Показатель / № т.н.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH, ед.	6,89	6,83	6,73	6,62	6,81	6,71	6,79	6,89	7,2	6,92
Цветность, градус	20	20	20	20	50	50	20	50	50	50
Мутность, мг/л	1	2	1	1	2	2	1	2	2	1
SO_4^{2-}, мг/л	231	154	306	306	231	231	921	383	538	460

По результатам измерений в лаборатории были построены графики и дано их описание.

Кислотно-щелочной баланс (pH) природных и техногенных вод во всех пунктах отбора проб практически имеет нейтральную среду (от 6,62 до 7,2). Значение pH=7,2 в пункте 9 характерно для нейтральной среды (рис. 3). В целом pH вод характеризуется допустимыми значениями (ПДК 6,5-8,5) [8].

Рис. 3. График Ph в природных и техногенных водах

Цветность вод варьируется от 20 до 50 градусов (рис. 4). В пунктах 5, 6 и 8-10 цветность составляет 50 градусов, в остальных – 20 градусов. Вода, имеющая оттенок желтого цвета. В основном, желтоватая вода свидетельствует о присутствии различных примесей в воде, таких как железо, гуминовые вещества, танины, а также о повышенном содержании растворенных веществ. Согласно государственным стандартам нормативный показатель цветности воды составляет 20 градусов [8]. Следовательно, в пунктах 5, 6 и 8-10 наблюдается превышение. Главной причиной изменения цвета воды выступает деятельность ТЭЦ-1, которая образует отходы в виде золошлаков и отвалов.

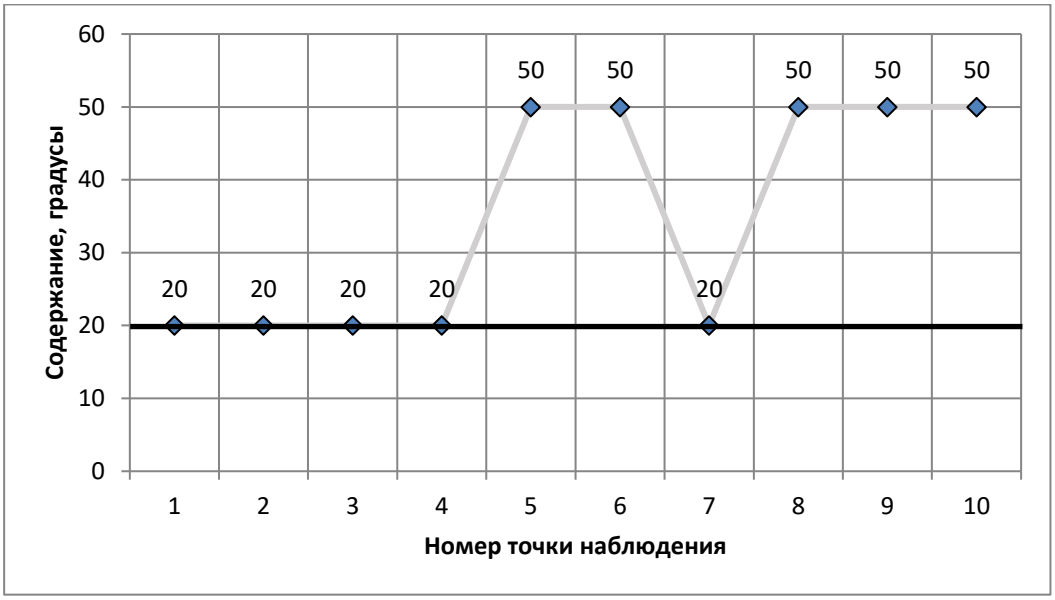


Рис. 4. График цветности в природных и техногенных водах

Мутность вод в р. Песчанка изменяется от 1 до 2 мг/л (рис. 5). ПДК мутности поверхностных вод составляет 1,5 мг/л [8]. Соответственно, в пунктах 2, 5, 6, 8 и 9 мутность вод составляет 2 мг/л, что больше 1,5 мг/л. Пыль, которая поступает от золошлаков и отвалов ТЭЦ-1, повышает мутность воды.

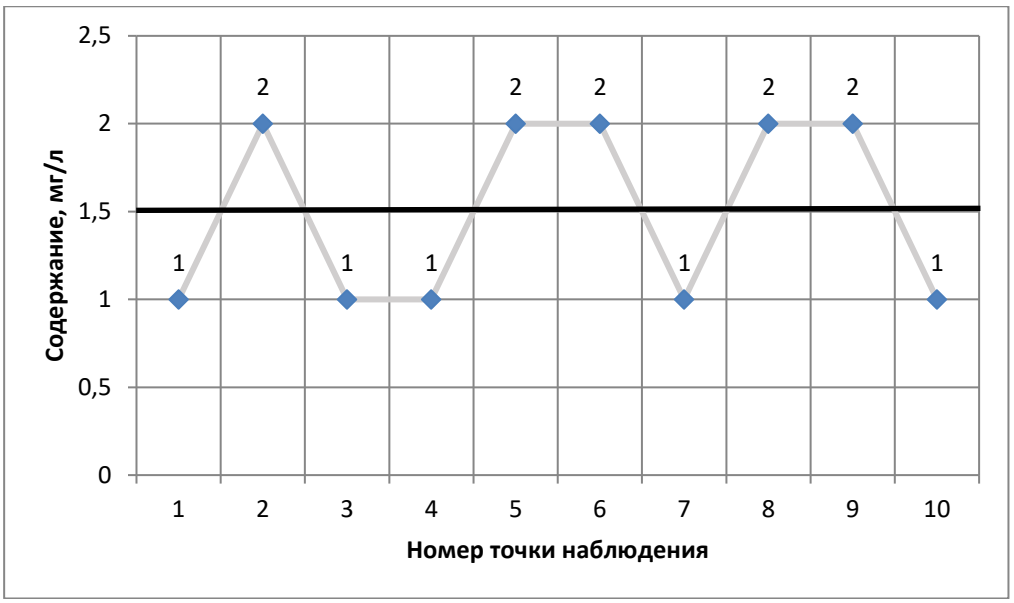


Рис. 5. График мутности в природных и техногенных водах

Концентрация сульфатов в природных и техногенных водах изменяется в диапазоне 154-921 (рис. 6). ПДК сульфатов в поверхностных водах составляет 100 мг/л, следовательно, во всех пунктах отмечены превышения. Самое высокое содержание SO_4^{2-} выявлено в пункте 7. Это связано с золоотвалами ТЭЦ-1, которые содержат сульфаты.

Близкое расположение золошлаковых отвалов к берегу водохранилища обусловливает попадание золошлаковой пыли в водных бассейн, в связи с чем возникла гидрохимическая аномалия, протяженностью около 1,5 км по латерали и 250 м в ширину, примыкающая к территории ТЭЦ-1. Аномалия тяжелых металлов, где главную роль играют такие элемента, как железо, марганец, титан, хром, ванадий, концентрация которых в 1,5–2 раза превышает требования СанПиН, возникла в результате размывания отвалов дождевыми потоками и талыми водами, а также вследствие ветровой эрозии. Следует отметить, что и донные отложения водохранилища обогащены тяжелыми металлами.

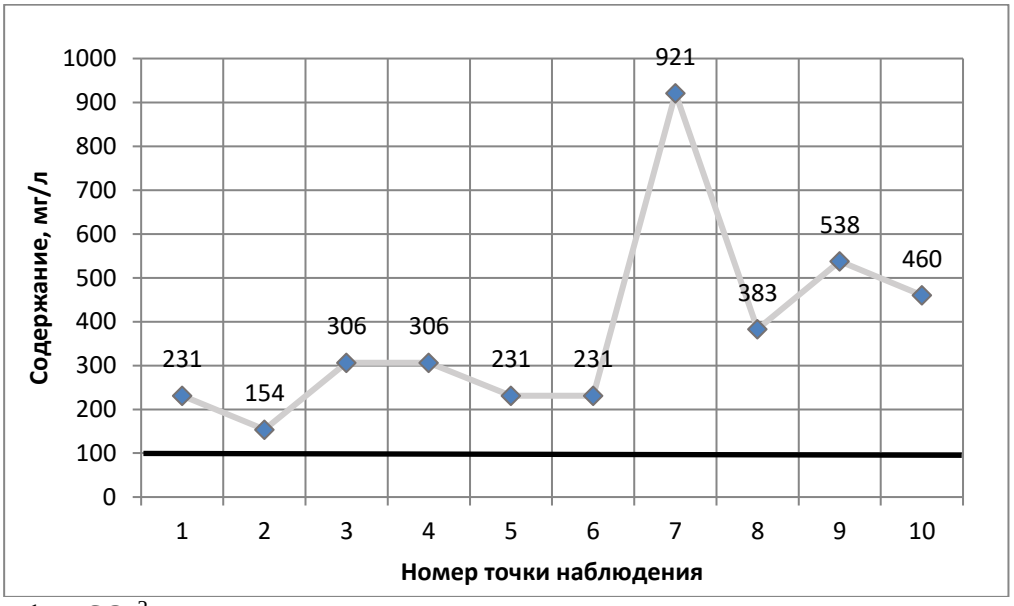


Рис. 6. График SO_4^{2-} в природных и техногенных водах

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Изучение эколого-геодинамических процессов в пределах города имеет большое значение, так как их развитие в значительной степени воздействует на комфортность

среды обитания. Неудобья в пределах городских агломераций традиционно являются местами проявления эколого-геодинамических процессов, формирующих не только специфические формы рельефа, экосистем, но и способы их использования. Весьма негативным является факт превращения неудобий в места свалок, сбросов, источников эколого-геохимических аномалий.

2. Использование территорий неудобий должно осуществляться с учетом специфики их строения, динамики, развития для формирования благоприятной среды обитания в пределах городских агломераций.

3. В мегаполисах необходимо внедрять программы по экологическому воспитанию и привлечению общественности к сохранению природной среды.

Литература.

1. Кулинова В.В. / Воронеж в документах и материалах/ Под ред. В. В. Кулиновой, В. П. Загоровского. — Воронеж: Центрально-Черноземное книжное изд-во, 1987. — 272 с.
2. Курдов, А.Г. Воронежское водохранилище: 30 лет спустя / А.Г. Курдов, В.А. Дмитриева // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. географ. и геоэкол. – 2002. – № 1. – С. 124–127 с.
3. Найфельд Л.Р. Освоение неудобных земель под городскую застройку / Найфельд Л.Р., Тарасов Н.А. // М. 1968. – 223с.
4. Пименова, Е.В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов [Текст]: / Е.В. Пименова; М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011.- 138 с.-100 экз.
5. Постоев Г.П / Оползневые процессы – актуальная экологическая проблема при освоении неудобий на территориях мегаполисов / Постоев Г.П., Лапочкин Б.К. // Экология промышленного производства. 2007. № 2 С. 3-6.
6. Федорова В.А. Мировой и российский опыт решения территориальных проблем городов / Федорова В.А., Сафина Г.Р. // Успехи современного естествознания. 2017. № 11. С. 141-145.
7. Департамент Государственного санитарно-эпидемиологического надзора МЗ РФ. Методические рекомендации по определению химического состава подземных и поверхностных вод при инженерно-геологических изысканиях. – Москва, 2003.
8. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения"

ZONING OF THE TERRITORY OF VORONEZH ACCORDING TO THE MANIFESTATION OF INCONVENIENCES

I. I. Kosinova, T. V. Tsyplakova
Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
e-mail: kosinova777@yandex.ru, cyplakova-tatan@mail.ru

Abstraract. Currently, large, dynamically developing cities feel an increasing need for new development resources – territories, infrastructure, and water supplies, but many of them are being exhausted within the city limits. The increase in the area of an urban area cannot occur indefinitely, at a certain stage, it becomes a source of environmental, social and economic problems. In world practice, the concept of a "compact city" is being actively implemented, suggesting the efficient and maximum possible use of territorial urban resources [6]. In this article, using the example of the city

of Voronezh with a population of one million, we will consider the features of inconveniences and the possibility of their ecological use.

Keywords: urban planning, urbanization, inconveniences, ravines, landslides, landfills, environmental situation, ash dumps.

УДК 550.4:528.44

ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н.В. Крутских
Институт геологии Федерального научного центра
«Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия
e-mail:*natkrut@gmail.com*

Аннотация. Проводится изучение динамики геосистем в пределах воздействия Оленегорского и Мончегорского горнодобывающих районов, где влияние горнодобывающей деятельности и металлургического производства в течение десятилетий определяет экологическое состояние природных комплексов. Исследование основано на интеграции методов дистанционного зондирования Земли, геоинформационного анализа и использования ландшафтных метрик для количественной оценки динамики землепользования и структуры ландшафтов. Классификация спутниковых данных позволила выделить основные классы земного покрова и проследить их изменения за 1990, 2005 и 2021 годы. Полученные результаты отражают как последствия длительного антропогенного воздействия, так и частичное восстановление растительного покрова на фоне снижения выбросов и реализации природоохранных мероприятий. Анализ ландшафтных метрик выявил относительную стабилизацию пространственной структуры ландшафтов в последние годы.

Ключевые слова: горнодобывающий район, динамика геосистем, ландшафтные метрики, пространственно-временной анализ.

Арктическая зона РФ – стратегический регион, обладающий уникальным природно-ресурсным потенциалом. Специфика арктических геосистем – высокая чувствительность к антропогенному воздействию, замедленные процессы самовосстановления, сложные климатические условия – определяет их уязвимость при промышленном освоении. В этой связи исследование пространственно-временной динамики геосистем горнодобывающих территорий приобретает особую актуальность. В последние десятилетия значительное внимание уделяется вопросам мониторинга состояния природных комплексов Арктики, оценки устойчивости экосистем к антропогенным нагрузкам, а также разработки методических основ прогноза изменений геосистем в условиях интенсификации ресурсопользования. Однако при этом сравнительно мало исследованными остаются пространственно-временные особенности трансформации геосистем горнопромышленных районов, что существенно ограничивает комплексный анализ и прогнозирование их состояния.

Современные технологии значительно расширяют возможности проведения подобных исследований. Методы дистанционного зондирования Земли, геоинформационного анализа, математического моделирования и обработки больших данных позволяют получать масштабную картину изменений, выявлять скрытые пространственно-временные закономерности. Их интеграция в систему геоэкологических исследований является необходимым условием для объективной оценки трансформации геосистем и разработки рекомендаций по обеспечению устойчивого развития горнодобывающих территорий Арктической зоны.

Анализ пространственно-временной изменчивости ландшафтов проведен для объединенного Мончегорско-Оленегорского горного кластера, расположенного в Мурманской области. Объединение рассматриваемых рудных узлов в единый кластер оправдано с позиции их близости, что формирует сопряжённые зоны техногенного воздействия. Совместное рассмотрение позволяет выявлять общие закономерности деградации и восстановления геосистем, а также повышает корректность региональных геоэкологических прогнозов.

Определение классов землепользования на основе спутниковых данных и анализа ГИС дает возможность получить общую картину землепользования в регионе и проанализировать изменения с течением времени (He et al. 2022). Выделение различных классов на основе спутниковых изображений дистанционного зондирования проведено с применением контролируемой классификации, алгоритм случайный лес (random forest). Выделено нескольких классов землепользования и почвенно-растительного покрова: горнодобывающий; застройка; открытые участки и скальные массивы; вода; густая растительность; разреженная растительность. Классы земного покрова на 1990, 2005 и 2021 годы отражены на рисунке 1.

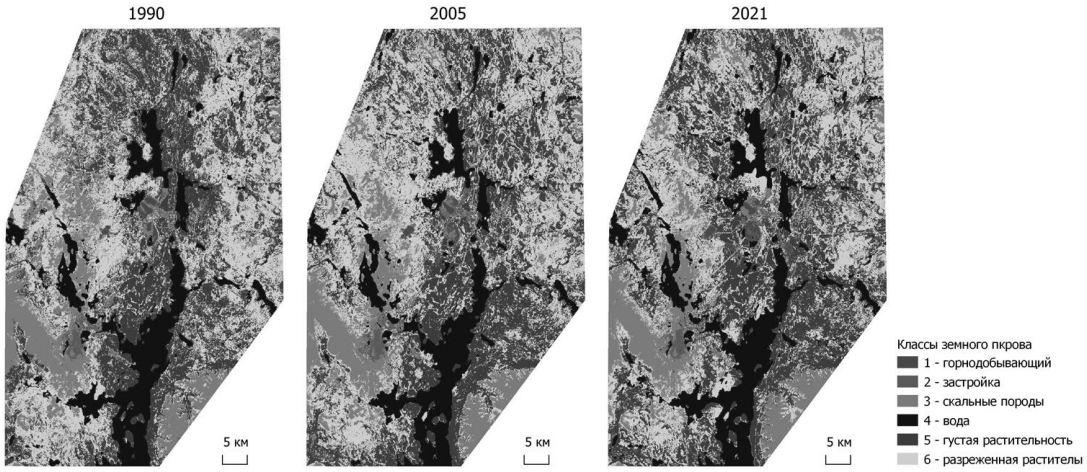


Рис. 1 Классы земного покрова Мончегорско-Оленегорского кластера на 1990, 2005 и 2021 годы

Начальный этап функционирования горнодобывающей промышленности в рассматриваемом районе предшествует развитию спутниковых технологий, что ограничивает доступность данных раннего периода. К 1990 г на ландшафтном уровне уже фиксировались масштабные изменения по сравнению с исходными условиями. Наибольшее антропогенное воздействие на экосистемы проявилось в формировании зоны техногенных пустошей радиусом 20-30 км вокруг Мончегорского металлургического комбината. Их возникновение обусловлено многолетним влиянием выбросов медно-никелевого производства. Период максимального загрязнения пришёлся на 1940–1990-е годы, когда предприятие функционировало на полной мощности без современных систем очистки. Снижение объема выбросов, внедрение природоохранных и восстановительных мероприятий намечают постепенное восстановление растительного покрова, несмотря на общую сохраняющуюся экологическую напряжённость.

Количественными показателями, описывающими пространственную структуру и организацию ландшафта, являются ландшафтные метрики (Cushman and McGarigal 2019). С их помощью можно выявить изменения в конфигурации, структуре и пространственной организации ландшафтных элементов (Cushman et al. 2008). Метрики дают возможность отслеживать динамику геосистем во времени, выявлять тенденции и закономерности их изменений под влиянием горнодобывающей деятельности. Большинство показателей сильно

коррелируют друг с другом (McGarigal et al., 1995), поэтому выбраны метрики, которые лучше всего представляют пространственную и временную изменчивость ландшафтов.

Площадь класса (Class area, CA) измеряет размер отдельных ландшафтных пятен. В условиях Арктики площадь пятен отражает степень сохранности природных комплексов; сокращение площади указывает на прямое техногенное воздействие. Фрагментацию ландшафта описывают такие метрики как *плотность патчей* (Patch Density, PD), *количество пятен* (Number of Patches, NP). Они измеряют количество и плотность ландшафтных фрагментов на единицу площади. Рост фрагментации показывает деградацию целостных природных комплексов, увеличение техногенных барьеров (дорог, отвалов) (Zamfir et al., 2022). *Плотность края* (Edge Density, ED) определяет длину границ между разными типами ландшафтных пятен на единицу площади. Увеличение «краёв» указывает на усиление техногенного воздействия (например, переходных зон между нарушенной и естественной территорией. CONTAG (Contagion Index, *индекс контагиозности*) – метрика, которая характеризует степень пространственной агрегации ландшафтных элементов. При низких значениях ландшафт сильно фрагментирован, элементы распределены случайно. Снижение CONTAG определяет потерю сцепленности природных комплексов и их «разбросанность» среди техногенных объектов.

Фрактальная размерность площади периметра (Perimeter-Area Fractal Dimension, PAFRAC) демонстрирует сложность формы ландшафтных пятен. Чем более изрезанная и сложная граница объекта, тем выше фрактальная размерность. Система вынуждена выбирать более выгодную конфигурацию при взаимодействии с внешней средой. **У**величение фрактальной размерности свидетельствует о нестабильности границ ландшафтных элементов (Zhang et al. 2020).

Степень разнообразия типов ландшафтных элементов в Арктике интересна с позиции выявления искусственного «разнообразия» за счёт антропогенной трансформации. Разнообразие определено с использованием Shannon’s Diversity Index (SHDI). Также индекс равномерности Шеннона (Shannon’s Evenness Index, SHEI) показывает, насколько равномерно распределены площади между разными типами ландшафтных элементов. При доминировании одного типа индекс низкий. SHEI в Арктике помогает отличить естественное доминирование природных комплексов от техногенного «усреднения» структуры ландшафта, а также служит инструментом мониторинга изменений и восстановления нарушенных территорий.

В целом в пределах Мончегорско-Оленегорского кластера за период с 1990 по 2021 годы наблюдается незначительное уменьшение фрагментации ландшафта (таблица). Выявлено увеличение площади горнодобывающего класса за счет открытия и разработки месторождений на Оленегорском рудном узле. Площадь класса увеличивается равномерно со временем с 16,9 км^2 до 25,2 км^2. Также вырастает площадь застроенных участков. Динамика вегетационных классов неоднозначна, наблюдаются переходы от одного класса в другой. Что в целом связано с фенологическими причинами. Однако для всех вегетационных классов обнаруживается снижение фрагментации.

Таблица

Изменение ландшафтных метрик для Мончегорско-Оленегорского горного кластера на 1990, 2005 и 2021 годы

Ландшафтные метрики	*Исследуемые периоды*		
	1990	*2005*	*2021*
NP - количество пятен (ед.)	35 207	30 080	29 843
PD - плотность пятен (ед./км^2)	8,36	7,14	7,09
ED - плотность края	72,1	66,1	66,2
CONTAG - индекс контагиозности	44,51	45,09	45,06
PAFRAC - фрактальная размерность площади периметра	1,52	1,49	1,49
SHDI - индекса разнообразия Шенона	1,34	1,35	1,35
SHEI - индекс равномерности Шеннона	0,75	0,76	0,76

Анализ ландшафтных метрик показал, что интенсивное освоение участка приводит к большей фрагментации ландшафта. Выявлено увеличение количества пятен на 1990, а затем прослеживается относительно постоянная плотность пятен. Природные ландшафтные классы характеризуются наибольшей площадью пятен и, следовательно, их фрагментированность заметно ниже. Фрагментацию различных ландшафтных классов можно проследить по плотности участков в каждом классе (рис. 2).

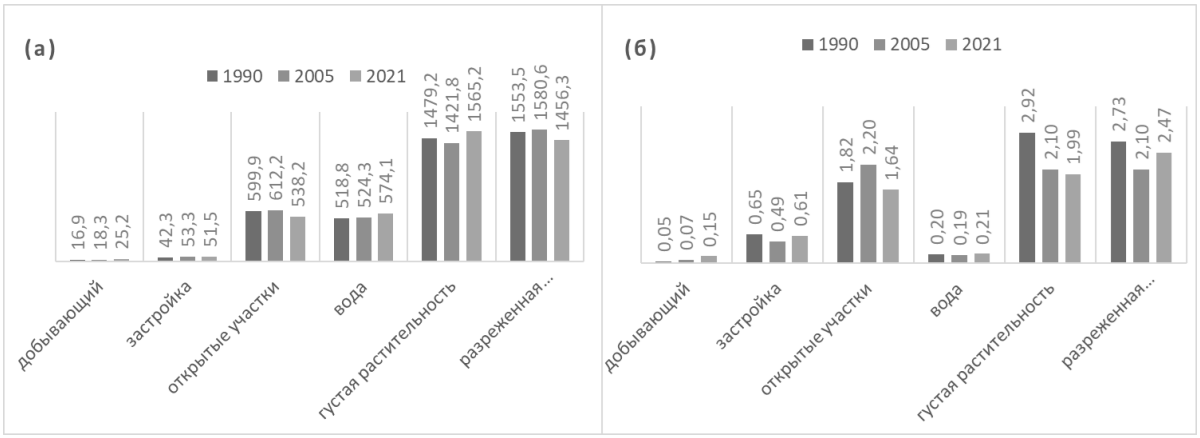


Рис. 2 Динамика площади классов (а) и плотности пятен (б) для классов земного покрова Мончегорско-Оленегорского горного кластера

Фрактальная размерность стабильно остается на среднем уровне, при небольшом снижении значений. Это указывает на снижение саморегуляции за счет добавления простых форм с прямыми неизрезанными краями (карьеры, застройки).

Устойчивость геосистемы определяется разнообразием ландшафта. Однако рост разнообразия часто связан не с естественными процессами, а с появлением техногенных форм рельефа и нарушенных территорий. На ранних этапах SHDI быстро увеличивается из-за появления новых техногенных классов. В исследуемые периоды не выявлено тенденций к росту или снижению разнообразия. Анализ индекса разнообразия SHEI для Мончегорско-Оленегорского кластера также не показывает изменений во времени, однако само значение индекса достаточно высокое. Что в значительной мере указывает на равномерность распределения классов ландшафтов в целом.

Таким образом, данное исследование демонстрирует реакцию геосистемы на длительное техногенное воздействие, а также адаптацию под воздействием снижения нагрузки или внедрения природоохранных мероприятий. Отмечается, что максимальное воздействие геосистема испытывала к началу рассматриваемого периода. В дальнейшем техногенное воздействие нивелируется снижением нагрузки, природоохранными мероприятиями и включением адаптационных механизмов. Однако в целом ситуация остается напряженной.

Общая оценка всего ландшафта не позволяет выявить локальные устойчивые тенденции к изменению пространственных паттернов. Поэтому дальнейшее исследование пространственно-временной изменчивости ландшафтов целесообразно проводить на основе измерения его свойств в пределах территориальных единиц и сеток, размер которых задается исходя из масштабов исследования.

Литература.

1. Cushman SA, McGarigal K (2019) Metrics and Models for Quantifying Ecological Resilience at Landscape Scales. Frontiers in Ecology and Evolution 7:440. https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00440

2. Cushman SA, McGarigal K, Neel MC (2008) Parsimony in landscape metrics: Strength, universality, and consistency. Ecological Indicators 8:691–703. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.12.002
3. He C, Zhang J, Liu Z, Huang Q (2022) Characteristics and progress of land use/cover change research during 1990–2018. Journal of Geographical Sciences 2022 32:3 32:537–559. https://doi.org/10.1007/S11442-022-1960-2
4. McGarigal K, Marks BJ (1995) FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station/
5. Zhang M, Wang J, Li S, et al (2020) Dynamic changes in landscape pattern in a large-scale opencast coal mine area from 1986 to 2015: A complex network approach. Catena 194:104738. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104738

ASSESSMENT OF LANDSCAPE TRANSFORMATION IN THE RUSSIAN ARCTIC ZONE UNDER THE IMPACT OF MINING ACTIVITIES

N.V. Krutskikh
Institute of Geology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia
mail:natkrut@gmail.com

Abstract. The article studies the dynamics of geosystems within the Olenegorsk and Monchegorsk mining areas, where the impact of mining and metallurgical production has determined the ecological state of natural complexes for decades. The study is based on the integration of Earth remote sensing methods, geoinformation analysis and the use of landscape metrics to quantify the dynamics of land use and landscape structure. The classification of satellite data made it possible to identify the main land cover classes and track their changes in 1990, 2005 and 2021. The results obtained reflect both the effects of long-term anthropogenic impact and partial restoration of vegetation cover against the background of reduced emissions and the implementation of environmental measures. The analysis of landscape metrics revealed a relative stabilization of the spatial structure of landscapes in recent years.

Keywords: mining area, geosystem dynamics, landscape metrics, spatiotemporal analysis.

УДК. 504.05

ВЛИЯНИЕ ШЛАМОХРАНИЛИЩ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Н.А. Ларионова
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
e-mail: nin.Larionowa@yandex,ru

Аннотация. В работе приведены сведения о воздействии шламохранилищ на загрязнение почв и подземных вод. Представлены характеристики составов промышленных отходов и шламовых стоков. Проведена оценка степени загрязнения почв и подземных вод в зависимости от расстояния от шламовой карты. Выделены зоны интенсивного загрязнения. Отмечены проведенные мероприятия, способствующие снижению загрязнения почв и подземных вод.

Ключевые слова: шламохранилища; промышленные отходы; нефелиновый шлам; шламовые карты; составы загрязняющих компонентов шламовых стоков; концентрации загрязняющих веществ в почвах и подземных водах.

Промышленные предприятия являются основными источниками загрязнения окружающей среды. Алюминиевая промышленность вносит существенный вклад в негативное воздействие на атмосферу, поверхностные, подземные воды и почвы. Наиболее крупные предприятия алюминиевой промышленности расположены в Сибири, что обусловлено их близостью к месторождениям сырья, необходимого для производства глинозема и алюминия. К их числу следует отнести предприятия ОАО «РУСАЛ КРАСНОЯРСК» и ОАО «РУСАЛ АЧИНСК». Загрязнение окружающей среды происходит в результате газопылевых выбросов, сброса сточных вод, объемы которых зависят от мощности предприятия, вида и качества обрабатываемого сырья, технологии обработки сырья и используемого оборудования. К 2021 году объем газопылевых выбросов составил для ОАО «РУСАЛ КРАСНОЯРСК» 54,0 тыс. т., а для ОАО «РУСАЛ АЧИНСК» − 34,80 тыс. т [2].

Специфика и высокая токсичность газопылевых выбросов предприятий определяется наличием в их составе фтористых соединений, бенз(а)пирена и формальдегида. При производстве 1,0 т алюминия содержание фтористых соединений может достигать 25,0-40,0 кг и 30,0 кг сернистого ангидрида. Среднегодовые концентрации взвешенных веществ, формальдегида и бенз(а)пирена в атмосферном воздухе в гг. Ачинск и Красноярск в 2021 г. увеличились от 1,78 до 1,92 ПДК с.с. [2]. Радиус действия повышенных концентраций бенз(а)пирена может составлять около 15,0 км, для фтористого водорода − 7,0 км, твердых фторидов − 2,5 км и смолистых веществ − 1,5 км. Уровень загрязнения атмосферы в городах характеризуется как «высокий» [1].

Локальными источниками загрязнения подземных вод и почв являются накопители промышленных отходов – шламохранилища. К 2021 г. объемы промышленных отходов увеличились у ОАО «РУСАЛ КРАСНОЯРСК» на 5,61 тыс. т, а у ОАО «РУСАЛ АЧИНСКА» на 1043,717 тыс. т. Ежегодно объемы нефелинового шлама возрастают на 4,0-6,0 тыс. т. За все годы функционирования предприятия количество накопленного отхода достигает 220,0 млн. т., и только 250 тыс. т. используется для изготовления цемента.

Нефелиновый шлам – это влажный сыпучий материал, гранулометрический состав которого соответствует мелкому песку с модулем крупности 1,5−2,2. Его удельная поверхность изменяется в пределах 300,0−750,0 $см^2/г$. Содержание пылеватых и глинистых частиц составляет 21,6 %. Шлам отличается высокой пористостью и при размере пор от 10,0 до 1000,0 мкм достигает 20,0−60,0 %. В химическом составе присутствуют: SiO_2 – 26,0−30,0 %; Al_2O_3 – 2,2−6,5 %; Fe_2O_3 – 2,1−5,5 %; CaO – 52,0−59,0 %; MgO – 0,2−1,8 %; SO_3 – 1,67−2,3 %; п.п.п. – 1,0−5,5 %. Фазово-минеральный состав на 55,0−85,0 % представлен гидратированным белитом (β-$2CaO{\cdot}SiO_2$). Фильтрационные свойства шлама зависят от крупности частиц, степени их сцементированности и пористости. Коэффициенты фильтрации для шлама несцементированного в виде песка средне– крупнозернистого меняются в пределах 0,75–1,61 м/сут.

Нефелиновый шлам с влажностью более 50,0 % складируется на шламовые карты гидронамывом (при соотношении твердой к жидкой составляющей от 3,5:1 до 10,0:1,0). Намыв шламов на карту проводится слоями толщиной 1,0−1,5 м. Намывается 3−4 слоя высотой 4,0−4,5 м, и пульпопроводы переносятся на другой ярус. Шламохранилища – это специальные гидротехнические сооружения занимают большие территории. По мере заполнения карты до запланированной высоты ее закрывают и консервируют. На многих накопителях шламов карты использовались без устройства противофильтрационных экранов. Так, карта № 1 на шламохранилище ОАО «РУСАЛ АЧИНСК» (S=190,0 га) эксплуатировалась с 1970 г. и создавалась без устройства противофильтрационного экрана, что способствовало активному поступлению загрязняющих компонентов в подземные воды и почвы.

Шламовые стоки отличаются высокой щелочностью (pH=12,0−12,5), минерализацией (от 23,89 до 33,6 г/л) и карбонатной жесткостью (2120,0 мг-экв/л), высоким содержанием HCO_3^- − 12,2 г/л; SO_4^{2-} − до 6,7 мг/л; $Fe_{общ.}$ – до 124,0 мг/л. В составе стоков присутствуют микрокомпоненты в концентрациях превышающих ПДК: Ba^{2+} − 2,0-15,0 мг/л); F^- − 24,6-66,0 мг/л; Cr^{3+} − 6,0-10, мг/л, Mo^{2+} − 5,0-13,0 мг/л [3].

Наиболее опасны в экологическом отношении поверхностные воды отстойников промышленных отходов и завода фтористого алюминия (ЗФА). Минерализация водной среды в отстойнике может достигать 86,5 г/л. В их составе в высоких концентрациях присутствуют: HCO_3^- – 29,36 г/л и CO_3^{2-} – 4,52 г/л; SO_4^{2-} – 16,6 г/л; F^- 7,98 г/л; Cl^- – 12,4 г/л; $Fe_{общ.}$ – 9,4 мг/л; V^{2+} – 59,0 мг/л; B^+ – 47,0 мг/л; Mo^{2+} – 6,7 мг/л; Ni^{2+} – 5,2 мг/л; Pb^{2+} – 2,6 мг/л; Cr^{3+} – 0,6 мг/л; Cu^{2+} – 0,4 мг/л [4].

Шламовые стоки из карт при инфильтрации поступают в подземные воды. Их поступление создает дополнительные области фильтрации, нарушает структуру естественного потока подземных вод. В результате этого образуется область гидродинамического влияния шламохранилища, где техногенный поток доминирует над естественным подземным потоком. Шламовые стоки, поступающие в подземные воды, способствуют изменению их состава и свойств: повышению щелочности (pH=9,5-10,0), минерализации, увеличению жесткости и окисляемости. Грунтовые воды загрязняются сульфатами, щелочными металлами, хлоридами. В их составе в повышенных концентрациях присутствуют тяжелые металлы: Ba, V, Mo, Ni, Pb, Cr, Mn.

Во многих организациях проведены инженерно-геологические исследования по оценке влияния шламохранилищ на загрязнение почв и подземных вод. Определение степени загрязнения подземных вод и области техногенной фильтрации шламовых стоков проводились на пробах из скважин, пробуренных на разных расстояниях от контуров шламовых карт. Установлено, что ширина области техногенной фильтрации шламовых вод от контуров шламовых карт изменяется от 50,0−500,0 м до 900,0−1500,0 м. Это зависит от многих факторов, в том числе и от наличия в картах противофильтрационного экрана.

На основе анализа проб подземных вод, отобранных из скважин, пробуренных на территории шламохранилища ОАО «РЕАЛ АЧИНСК», выделены две зоны по степени их загрязнения. Первая зона шириной 300,0−500,0 м непосредственно примыкает к шламовой карте № 1 и подвержена наибольшему техногенному воздействию. Минерализация подземных вод достигает 19,0 г/л. В их составе присутствуют: CO_3^{2-} – 10,3 г/л; K^+ – 2,2 г/л; Na^+ – 5,5 г/л; SO_4^{2-} – 1,11 г/л; $Fe_{общ.}$ – 50,0 мг/л; NH_4^+ – 15,0 мг/л; NO_3^{2-} – 15,0 мг/л; F – 265,0 мг/л. Кроме сульфатов и фторидов в больших концентрациях присутствуют микрокомпоненты: Al – 320 мг/л; V – 36 мг/л; Mo – 2,9 мг/л; Ni – 1.8 мг/л; Pb – 18.3 мг/л; Cr – 22.0 мг/л; Mn – 52.0 мг/л. Уровень загрязнения по органолептическому показателю в зоне интенсивного техногенного воздействия составляет 10,0−197,0 ПДК, а в зоне техногенного воздействия – 8,0−80,0 ПДК [3].

С удалением от накопителей шламов содержание загрязняющих веществ в подземных водах снижается. Вне зоны интенсивного воздействия (3,0-3,5 км) минерализация подземных вод составляет 0,5 г/л. Но на отдельных участках в юго-западной части пойменной террасы отмечается присутствие некоторых компонентов в количестве: SO_4^{2-} – 165,0 мг/л; $Fe_{общ.}$ – до 1,05 мг/л; Al^{3+} – 59,0 мг/л; F^- – 1,1 мг/л; Ba^{2+} – 4,0 мг/л [3]. Большой объем шлама и отсутствие защитного экрана на карте № 1 способствовали активному поступлению шламовых стоков в подземные воды и перемещению загрязняющих веществ на значительные расстояния от источника.

На шламохранилище ОАО «РУСАЛ КРАСНОЯРСК» оценка загрязнения подземных вод проводилась на четырех скважинах, расположенных по периферии шламовых карт на расстояниях до 100,0 м от их дамб. Другая группа скважин располагалась на 400,0−600, 0 м к югу и юго-западу от шламовых полей. Скважины расположены с учетом распространенности и условий залегания водоносных горизонтов и водоупорных горных пород. При анализе результатов мониторинга подземных вод в районе расположения шламохранилища по скважинам, расположенным по потоку подземных вод в сторону р. Енисей, отмечено повышение минерализации вод до 4,0 ПДК, содержания сульфатов до 4,5 ПДК и фторидов до 7,0 ПДК, а также некоторое увеличение концентраций NH_3; Fe; Mn; Cl [6]. Наибольшее загрязнение подземных вод происходит на территориях, расположенных непосредственно у

дамбы шламовой карты, где многие компоненты содержатся с высоким коэффициентом концентрации (Кс): SO_4^{2-} – (9,3); F^- – (4,8); Fe^{3+} – (3,9); Cu^{2+} – (3,8); Ni^{2+} – (2,2) [4, 5].

Наличие защитного экрана на карте не полностью исключает возможные утечки шламовых стоков и поступления их в подземные воды. На основе анализа подземных вод выделены две зоны по интенсивности воздействия шламовых стоков. В зоне сильного воздействия (до 100,0 м от дамб) в загрязнении подземных вод участвуют сульфаты, органические вещества, фториды, железо, аммоний и тяжелые металлы. В результате поступления шламовых стоков повышается минерализация подземных вод до 4,52 г/л. Содержание загрязняющих компонентов составляет: SO_4^{2-} – 4,3 г/л, Cl^- – 161,0 мг/л; F^- – 13,3 мг/л; $Fe_{общ.}$ – 0,16 мг/л [4, 5].

С увеличением расстояния от дамб карты состав подземных вод существенно изменяется, значительно уменьшается минерализация до 310,0 мг/л, снижаются концентрации загрязняющих веществ. Содержание SO_4^{2-} уменьшается почти в 10 раз – до 450,0 мг/л, а Cl^- и $Fe_{общ.}$ – в 4 раза и составляет 47,0 мг/л и 0,04 мг/л соответственно. Из них непосредственно с фильтрацией стоков из шламовых полей и поступления их в подземные воды определяется величиной минерализации и присутствием сульфатов и фторидов [4. 5]. На расстоянии 500,0 м от дамб карт концентрации большинства элементов снижаются до значений местного природного фона, за исключением иона фтора, обладающего высокой миграционной способностью.

При эксплуатации шламовых карт в результате инфильтрации шламовых стоков подвергаются загрязнению и почвы. На некоторых участках поднимается уровень грунтовых вод, что приводит к заболачиванию прилегающих площадей. Территория между шламохранилищем и р. Чулым отличается значительным обводнением. Поступление загрязняющих веществ со стоками способствует изменению состава и структуры почв, снижению агрохимической активности и их деградации.

Ухудшение экологического состояния почвы под воздействием шламовых вод сопровождается повышением значения pH (9,7-10,3), снижением содержания органического вещества, увеличением количества калия, алюминия, фтора и тяжелых металлов. В 2005-2007 гг. на территории, прилегающей к щламохранилищу ОАО «РУСАЛ АЧИНСК», в почвах отмечалось присутствие тяжелых металлов в повышенных концентрациях. Их содержание превышало коэффициент концентрации: Mn, P, Cr (Кс=1,5-2,0); Ni, Cu, Co, Mo, Pb, Zn, V (Кс до 1,5) [3]. В период с 2016 по 2019 гг. в почвах на территории накопителя шламов ОАО «РУСАЛ КРАСНОЯРСК» отмечено превышение концентраций фторидов в 1,1−3,0 раза, алюминия – в 1,1−2,7 раза. Их присутствие прослеживается даже на расстоянии 1,0−5,0 км от полигона [6].

С удалением от шламохранилища концентрации загрязняющих веществ в почвах снижаются. В пределах до 1,0 км содержание водорастворимого фтора в почвах составляет 138,2-152,6 мг/кг (> ПДК в 14-16 раз), уменьшаясь до 35,9-48,3 мг/кг (> ПДК в 4-5 раз) на расстоянии 2,0-10,0 км, а на расстоянии 20,0 км от источника – до 16,5 мг/кг (> 1,5-2 раза) [1]. Высокая концентрация фтористых соединений в выбросах предприятий может косвенно влиять на увеличение подвижных форм металлов в почве за счет изменения pH, в процессе чего повышается миграция Mn; F; Cu; Pb; Ni; Zn, попавших в почву различными путями и в разное время. Почвенный покров на глубине 0–0,2 м характеризуется очень высоким содержанием подвижных форм калия и натрия. На отдельных участках концентрации тяжелых металлов превышают ПДК: Cu – 21,1 ПДК, Zn – 7,9 ПДК, Pb – 1,2 ПДК, Ni – 8,6 ПДК, Cd – 1,55 мг/м³ [3]. Содержание нефтепродуктов в почве и грунтах может изменяться от 15,0 до 94,0 мг/кг.

Предприятия принимают участие в работе программ по охране окружающей среды. Кроме инвестиций в реализацию программ, проводятся технические и технологические мероприятия по снижению уровня загрязнения окружающей среды. На комбинатах внедряются новые методы и технологии получения необходимой продукции, используется современное оборудование, в частности, введена водооборотная система, обеспечивающая

снижение забора чистой воды из поверхностных источников и уменьшение объемов сброса сточных вод.

Так, на ОАО «РУСАЛ КРАСНОЯРСК» проведены реконструкция гидротехнических сооружений и экранирование шламовых карт, а также реконструкция системы отвода надшламовой воды. Эти мероприятия положительно повлияли на экологическую обстановку в зоне влияния предприятия, обеспечили снижение объемов газопылевых выбросов, сократили воздействие загрязняющих веществ на природные и антропогенные системы.

На шламохранилище ОАО «РУСАЛ АЧИНСК» используются 3 шламовых карты, одна из которых (№ 1 площадью 190,0 га) эксплуатировалась с 1970 г. без устройства противофильтрационного экрана. Это способствовало активной инфильтрации шламовых стоков и поступлению их в подземные воды. В настоящее время шламовые карты № 1 и № 2 выведены из эксплуатации, проводится их консервация и рекультивация шламовой поверхности. Отходы производства ОАО «РУСАЛ АЧИНСК» складирует на карте № 3. В ее основании устроен противофильтрационный экран с использованием полимерной пленки. Укладка полимерной пленки на ложе шламовой карты № 3 и строительство системы искусственного понижения уровня воды привели к некоторому снижению интенсивности техногенного воздействия и улучшению условий для обеспечения стабильности экологической обстановки на территории, прилегающей к полигону.

Завершено строительство системы перехвата фильтрационных вод накопителя шлама, так называемого обводного канала, что позволило уменьшить расстояния их распространения на прилегающей территории и, соответственно, на загрязнение подземных вод. Реализация экологических мероприятий способствовало уменьшению зоны негативного воздействия шламохранилища до 150,0-200,0 м от контура шламовой карты. Проводится рекультивация нарушенных земельных участков площадью более 30,0 га [7].

Выводы

На основании анализа представленных результатов следует сделать основные выводы:

1. На предприятиях алюминиевой промышленности активно внедряются новые технологии и устанавливается современное оборудование, включая водооборотные системы. Техническиие и технологические мероприятия частично снизили негативное воздействие на окружающую среду, уменьшив объемы газопылевых выбросов и сбросы сточных вод. Однако уровень загрязнения в Ачинске и Красноярске остается высоким.
2. Шламохранилища оказывают существенное влияние на загрязнение почв и подземных вод. Для снижения их воздействия предпринимаются дополнительные меры: установка защитных экранов и устройства обводных каналов. Однако проблема снижения загрязнения подземных вод и рекультивации загрязненных почв остается актуальной.
3. Рост объемов отходов требует новых площадей для их хранения, что усугубляет экономические и социальные проблемы. Необходимо разрабатывать методы использования промышленных отходов для производства строительных материалов.

Литература.

1. Васильева, Т. В. О влиянии выбросов алюминиевого завода на содержание фторидов в почве с учетом некоторых климатических факторов // Молодой ученый № 16 (150). 2017. С. 213-217. [Электронный ресурс]: URL: https://moluch.ru/archive/150/42419/ (дата обращения: 17.01.2024).
2. 2, Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2021 году». − Красноярск, 2022. − 321 с.
2. Дворецкая Ю.Б. Геологическая оценка влияния глиноземного производства на окружающую среду на примере г. Ачинска. − Томск.: Автореф. диссер. на соискание ученой степени канд. геол.-минер. наук. 2007. – 24 с.
3. Озерский А.Ю., Ботвич Г.Ф. Влияние твердых отходов производства первичного алюминия ОАО «РУСАЛ КРАСНОЯРСК» на качество подземных вод//Вестник РУДН, серия Инженерные исследования, 2008, № 3. С. 98-102.

4. Озерский А.Ю., Ботвич Г.Ф. Эколого-гидрохимический мониторинг качества подземных вод на участке размещения твердых отходов производства алюминия ОАО «РУСАЛ КРАСНОЯРСК». [Электронный ресурс]: Интернет, режим доступа: / Lists/List5/Attachments/67/Uchnov.doctextiarchive.ru (дата обращения 20.06.2025).
5. Оценка воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности «Красноярский алюминиевый завод». Экологическая реконструкция. Книга 3. Резюме нетехнического характера. – С.-Пб.-Новокузнецк. ООО «ИнЭка-консалдинг», 2022. – 36 с.
6. Шепелев И. И., Еськова Е. Н., Пиляева О. В. и др. Сохранение экологической стабильности управляемой природно-технической системы под влиянием антропогенных факторов. [Электронный ресурс]: https://cyberleninka.ru/article/n (дата обращение 15.01.2024).

THE IMPACT OF SLUDGE STORAGE FACILITIES ON SOIL AND GROUNDWATER POLLUTION

N.A. Larionova
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
e-mail: nin.Larionowa@yandex.ru

Abstract. The paper provides information on the impact of sludge storage facilities on soil and groundwater pollution. The characteristics of the compositions of industrial waste and sludge effluents are presented. The degree of contamination of soils and groundwater has been assessed depending on the distance from the sludge map. Areas of intense pollution have been identified. The measures taken to reduce soil and groundwater pollution were noted.

Keywords: sludge storage; industrial waste; nepheline sludge; sludge maps; compositions of polluting components of sludge effluents; concentrations of pollutants in soils and groundwater.

УДК550.4

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ ГУБКИНСКО-СТАРООСКОЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Е.М.Репина
ФГ БОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж. Россия
e-mail: repinaem@mail.ru

Аннотация. Различные методики по очистки загрязненных почв и сточных вод с помощью растительности широко известны в мировой практике и в практике отечественных исследователей. Превалирующая часть работ направлена на очистку почв одним видом растительности и от одного полютанта. В данной работе авторы подобрали комплексную травосмесь для эффективного удаления нескольких элементов загрязнителей, а так же разработали методику для эффективного очищения территории от загрязняющих компонентов с сокращением временного периода выведения территориий из севооборота.

Ключевые слова: фиторемедиация, Губкинско-Старооскольский промышленный комплекс, полютант, тяжелые металлы, травосмесь, растения фитроемидиаторы.

Экологические проблемы загрязнения земель, возникающие при ведении горных работ открытым способом, при складировании отходов производства, вскрыши и пустой породы в хвостохранилища и отвалы являются актуальными на данный момент. Территории прилегающие к горнопромышленным комплексом становятся экологическими мишенями вне зависимости от применяемых технологических решений на карьерах и горных выработках. Обогащенная различными компонентами пыль от отвалов в процессе от добычи и переработки полезных ископаемых, дорожно-транспортной сети и выбросы от комбинатов разносится по розе ветров и осаждается в приповерхностной части литосферы, представленной

плодородными почвами. Происходит загрязнение и деградация почвенного покрова с изменением качественных характеристик почвенных отлложений

При проведении исследовательских работ на территории Губкинско-Старооскольского промышленного комплекса были выявлены аномальные значения по содержанию тяжелых металлов в почвенных отложениях Обуцховского и Долгаполянского сельских поселений Старооскольского городского округа.

Исследуемый регион является как сельскохозяйственным, так и объединяющим в себе комплексы горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. К перечисленным функция примыкает транспортный сектор представленный не только транспортными развязками, но и железнодорожными узлами и магистралями. Немаловажным фактором является ведение сельско-хозяйственной деятельности в данном регионе.

Поскольку преобладающими на территории Старооскольского района являются юго-восточный и северо-западный ветра, наличие загрязнения обусловлено осаждающимися выбросами с ОЭМК: В Обуховском районе. Большая часть почв Обуховской сельской территории, согласно результатам микрокомпонентной эколого-геохимической оценки, имеет уровень загрязнения от допустимого до высоко опасного. Загрязнение почв на некоторых участках, согласно результатам расчёта суммарного показателя концентрации, превышают значения 42. Загрязнение почв микрокомпонентами связано с деятельностью промышленных предприятий, выбросы которых попадают в атмосферу, разносятся по территории района в направлениях, соответствующих преобладающим ветрам, и выпадают в почвы. Большая часть почв Долгополянского сельского поселения, согласно результатам микрокомпонентной эколого-геохимической оценки, имеет высоко опасный уровень загрязнения (рис.1).

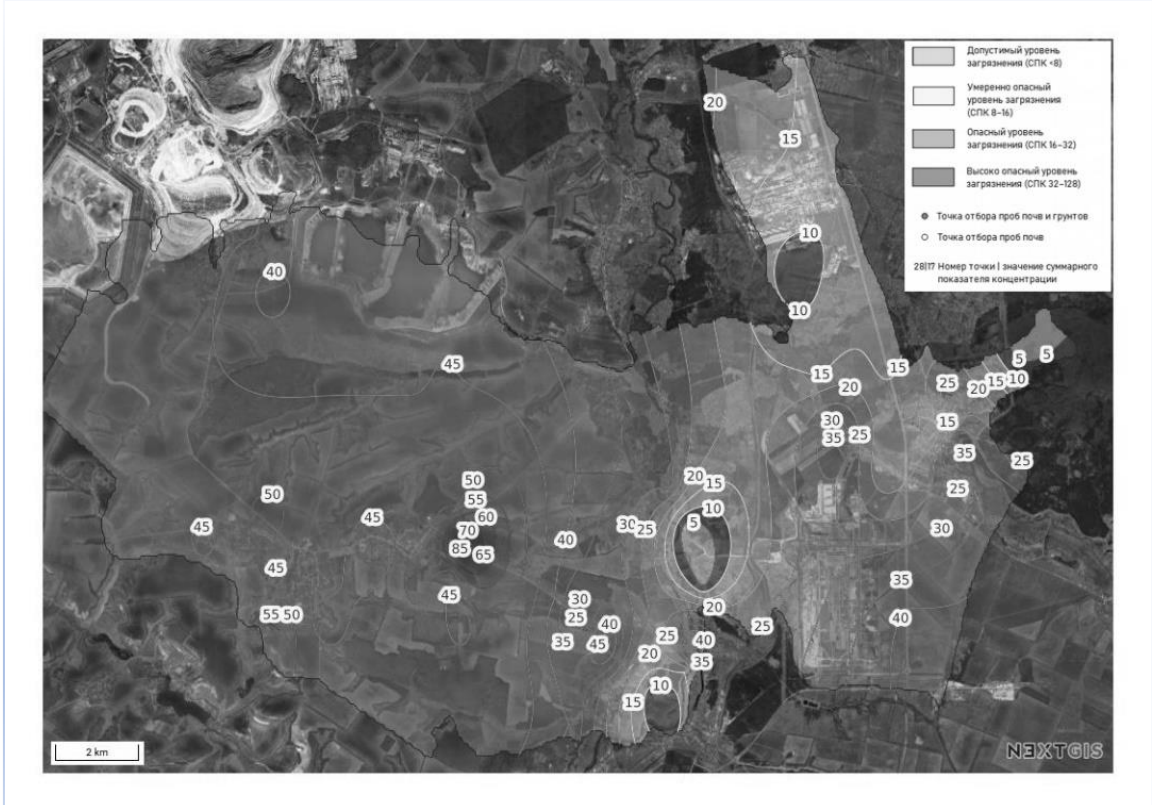


Рис. 1 Выделенные аномалии загрязнений тяжелыми металлами почвенных отложений в Обуцховского и Долгаполянского сельских поселений Старооскольского городского округа

Содержания тяжелых металлов в почвах нормируются относительно фоновых значений, величины которых представлены для исследуемых типов черноземов (работы по определению фоновых значений содержания компонентов в почвах проведены в 2023 году) и значений ПДК/ОДК (Таблица 1).

Так как, выделенные территории имеющие аномальные загрязнения тяжелыми металлами преимущественно относятся к полям, лугам и придорожным участкам, необходимо было подобрать методику очистки и восстановления почвенного покрова без отчуждения земель из севооборота на долгий период. Отчуждение земель на долгий период может нанести экономический ущерб фермерским хозяйствам, а удаление плодородных почв для химической очистки или захоронения такого объема прост недопустимо.

Основным преимуществом метода является его большая экономическая эффективность. Повышенный интерес к этой новой технологии объясняется тем, что она не нуждается в экскавации почвы, и растения-ремедианты с высокой эффективностью могут быть использованы на больших площадях. Это, в свою очередь, требует, чтобы используемые для очистки загрязнённых почв растения, помимо способности к накоплению загрязняющих веществ, были приспособлены к конкретным условиям произрастания.

Таблица 1

Фоновые содержания, предельно-допустимые и ориентировочно-допустимые концентрации тяжелых металлов

Показатель	Нормтивный документ/ источник	Ni, мг/кг	Cu, мг/кг (	Zn, мг/кг (	Rb, мг/кг	Pb, мг/кг
Фон	работы 2023 года	17,75	21,50	53,15		14,95
ПДК	ГН 2.1.7.2041-06				32,00	32,00
ОДК	ГН 2.1.7.2511—09	40	33,00/66	55,00		

Фиторемедиация способствует сохранению и улучшению окружающей среды, поскольку связана с выращиванием растений, улучшением почв и защитой их от эрозии. Это наиболее эстетичная технология очистки почвы, что тоже немаловажно.

Растения-фиторемедиаторы должны отвечать следующим требованиям: быть толерантными к высоким концентрациям металлов, способны активно поглощать их в значительных количествах и эффективно транспортировать из корневой системы в надземную удаляемую часть, одновременно интенсивно и максимально накапливаясь в ней; отличаться быстротой роста и производить большую биомассу, иметь глубоко разрастающуюся корневую систему и высокую сопротивляемость к болезням и вредителям; выращиваться при обычной агротехнике, быть удобными для уборки и не привлекательными для домашних и диких животных, чтобы не вызвать случаи отравления и не послужить причиной включения металлов в пищевые цепи.

Фиторемедиация сравнительно дешевый и доступный способ очистки земель от загрязнений тяжелыми металлами. При применении методов фиторемедиации, а именно метода фито экстракции максимальное извлечение компонентов загрязнителей достигается при высадке комплексной травосмеси их растений в разной степени усваивающих различные тяжелые металлы. После проведения нескольких этапов работ содержание тяжелых металлов значительно снижается в субстрата - почвах и растительной массе. При достижении содержания компонентов в растительности в колличестве допустимом, как микроэлементы, можно использовать растения фиторемедеатор в пищу животным.

Для проведения исследований для подбора наилучшей травосмеси для проведения оздоровления загрязненных тяжелыми металлами почв Долгополянского и Обуховского сельских поселения Старооскольского городского округа Белгородской области были отобраны почвы для поведения экспериментальных исследований по снижению концентраций содержания тяжелых металлов. Была произведена выемка почв в каждом из сельских поселений в местах, где были отмечены максимальные содержания тяжелых металлов (по результатам исследований). На каждой точке обследования были определены по два места выемок: в точке наблюдения в контрольной точке исследования, находящейся на удалении 50 м (по направлению преобладающих направлений воздушных масс). Забор почв производился методом конверта. Дерновой слой предварительно был снят.

На каждой точке обследования были определены по два места выемок: в точке наблюдения прошлого года и в контрольной точке наблюдения, находящейся на удалении от каждой основной точки обследования (контрольная точка наблюдения) в 40 м (по направлению преобладающих направлений воздушных масс).

Забор почв производился методом конверта – по диагонали. Почвы отбирались на среднюю глубину прорастания корневой системы травянистой сельско-хозяйственной растительности, а именно 30-40 см. Дерновой слой предварительно был снят.

Отобранные образца почв были перенесены на место проведения эксперимента. Экспериментальные работы для максимального удобства исследований и удешевления выполняемых работ проводили на выносках – сформированных грядках из отобранного грунта. Работы проводились в условиях приближенным к естественно мест отбора проб. Так же территория была выбрана с учетом отсутствия техногенной нагрузки, недосягаемости диких животных и посторонних людей.

Экспериментальные работы для максимального удобства исследований и удешевления выполняемых работ проводили на выносках – в сформированных выемках, заполненных отобранными почвами. Экспериментальные площадки были организованы на территориях неподверженных техногенному влиянию и изолированы от неблагоприятных внешних воздействий (рис.2).

Рис. 2 Опытная площадка проведения работ по фиторемедиации почв Долгополнякого и Обуховского сельского поселения

Перед началом проведения экспериментальных работ местность была расчищена от кустарниковой и травянистой растительности. Для каждого образца заготовлена «закапушка» (выноска) размером 0,6х0,6 и глубиной 0,4м, из которой предварительно был выбран грунт и корни растительности. Дно «закапушки» было выслано укрывным материалом плотностью 150 единиц – во избежание контакта исследуемого материала с окружающими слоями естественно залегающих почв. Края углублений так же были выстелены спандбондом для защиты от проникновения корневой системы растительности, произрастающей рядом, а так же для защиты от вод и привносе компонентов из вне при выпадении дождей. «Закапушки» были укреплены деревянной рамкой рис.2 Отобранный материал для проведения исследования на выносках был помешен в подготовленные «закапушки»/ вноски.

Отобранные почвы для дальнейшего проведения эксперимента представлены черноземами типичными и выщелоченными. Для проведения работ по удалению тяжелых металлов из почв важным фактором является контроль pH почв.

Соединения тяжелых металлов сложно растворимы в воде и практически не переходят в растворы, усваиваемые растительностью. Для перевода комплексонов, в состав которых входят тяжелые металлы, в подвижную формы необходимо осуществить подкисление почвы до 3,5-4,5-5,6 единиц pH. Для достижения этой цели при проведении эксперимента применялись экстракторы:

- трилон В (согласно рекомендациям предшествующих исследований) ;
- в качестве экспериментального материала новый экстрактор- отход маслоэкстракционной промышленности - отбельная глина.

Если применение трилона В, как связывающего вещества, достаточно широко известно в практике по фиторемедиации почв, то применение отхода маслоэкстракцонной промышленности предлагается как инновационный момент.

Отбельная земля/глина - это натуральный материал с резко выраженными сорбционными свойствами, состоящая из бентонитовых глин, монтмориллонита, бейделлита и сапонита с примесями обломков кварца, полевых шпатов, биотита, пироксенов и других минералов. В составе преобладают частицы размером менее 0,01 мм. Отбельная земля используется для очистки сред, главным образом жидкостей, от красящих и других вредных и загрязняющих веществ., который используют для осветления рапсового, подсолнечного, пальмового и других нерафинированных растительных масел. Перед использованием глину активируют с помощью соляной или серной кислоты, чтобы улучшить фильтрующие свойства. Следовательно отходы после использования отбельных земель представляет собой субстрат, обогащенный жирами и кислотами.

pH глины в зависимости от ее первичных характеристик и технологии ее использования при производстве растительных масел изменяется в диапазоне 3,5-5,2.

Перед проведением эксперимента по применению отбельной глины, в качестве экстрактора, был поставлен опыт по расчету концентраций раствора компонента в воде. Количество внесения экстракторов была рассчитана теоретически и подтверждено экспериментально. Натурные наблюдения проводились в смоделированной зоне пропитывания почв с наблюдением за изменений pH на каждые 5см в разрезе. Данные исследования необходимы для избежание проникновения растворов по зоне аэрации и загрязнения нижележащих слоев грунтов. Внесение подкисляющих агентов сокращают время проведения биоремидиации и позволяет сократить время нахождения земель под паром и максимально быстро вернуть плодородные земли в продуктивный, сохранив землеоборот или использовать данные территории для строительства социальных объектов (парков, торговых и развлекательных центров).

Обработка почв экстракторами производилась циклично - каждые 2 недели при поливе. Комплексон вносили в концентрации 0,1л на 5 л воды. Раствор отбельной глины носили в концентрации 0,002 кг на 1 $дм^3$.

Для проведения эксперимента по фиторемедиации почв был выбран метод фиоэкстракции – удаление загрязнений из сред растениями -накопителями. По имеющимся

данным о полютанта в почвах была сделана подбора растительного материала, являющегося аккумуляторами в своих вегетативных и подземных частях накопителями тяжелых металлов. Выноски засеяны подобранной травосмесью на основании результатов предшествующих исследований: клевер белый ползучий, горчицу индийскую (желтую), суданскую траву, фацелию.

Максимальный период вегетации для подобранной травосмеси был определен по литературным данным в 5-6 недель – за этот период растения достигают максимального уровня зеленой массы и накапливают в своих наземных и подземных частях максимальное количество веществ. При проведении опытных работ по очистки земель с помощью растительности несколько раз за сезон можно снизить содержание тяжелых металлов в почвах в 1,5-2 раза, при применении агентов экстракторов: трилонаВ и подкисляющего агента – отбельной глины -3-5 раз. Максимальная эффективность работы травосмеси отмечается на второ-третий период ее высадки на загрязненных участках. Образцы выносок на которых применялись экстракторы (комплексон и подкисляющий агент) показывают результативность применения – во временном периоде извлечение полютантов более эффективно.

Литература.

1. Корнилов, А.Г., Петин, А.Н., Чендев, Ю.Г., Петина, В.И. Геопортал Русского Географического Общества. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. — Белгород: Константа, 2018 – 199 с.
2. Корнилов А.Г., Петин А.Н,, Кичигин Е.В., Присный Ю.А., Колчанов А.Ф., Присный А.В. Современные изменения природных комплексов в Старооскольско-Губкинском промышленном районе Белгородской области. // Известия РАН. Серия географическая. Природопользование и геоэкология. 2008, №2, с 85 – 92.
3. СанПиН 2.1.7.1287–03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. — М., 2003 – 9с.
4. СанПиН 1.2.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 № 62297). Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: https://docs.cntd.ru/document/573536177 (дата обращения: 11.11.2022).
5. Экологическая ситуация в районах размещения горнодобывающих предприятий региона Курской магнитной аномалии [Текст] : монография / А. Г. Корнилов [и др.] ; М-во образования и науки, Федеральное гос. авт. образовательное учреждение высш. проф. образования "Белгородский гос. нац. исслед. ун-т". - Белгород : Белгород, 2015. - 102 с.
6. Пендюрин Е.А., Истомина В.В., Гламазда С.Н. Оценка природно-ресурсного потенциала Белгородской области для развития экологического туризма // Наука. Искусство. Культура. 2013, № 2 (2). С. 228 – 232
7. Косинова И.И., Игнатенко И.М., О. В. Базарский, А. А. Курышев, В.А. Бударина Универсальная энтропийная модель и методика измерения экологического состояния территорий сельских поселений/ Региональные геосистемы. 2022.№4, с.

METHODS OF PHYTOREMEDIATION OF SOILS ON THE EXAMPLE OF THE GUBKINSKO-STAROOSKOLSKY INDUSTRIAL COMPLEX

E.M. Repina
Voronezh State University, Voronezh. Russia
e-mail: repinaem@mail.ru

Abstract. Various methods for cleaning contaminated soils and wastewater using vegetation are widely known in the world and in the practice of domestic researchers. The majority of works are aimed at cleaning soils with one type of vegetation and from one pollutant. In this work, the authors

selected a complex grass mixture for the effective removal of several pollutants, and also developed a method for the effective purification of the territory from polluting components with a reduction in the time period of removing the territory from the crop rotation.

Keywords: phytoremediation, Gubkin-Starooskolsk industrial complex, pollutant, heavy metals, grass mixture, phytoremediation plants.

УДК 628.19(285.32)(477.75)

ДИНАМИКА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЛЕНОГО ОЗЕРА АДЖИ-БАЙЧИ (РЕСПУБЛИКА КРЫМ) ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

И.И.Руднева[1], В.Г. Шайда[2], О.В.Шайда[1]
Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия, [1]
ООО «Экосервис А», Москва, Россия[2]
e-mail: svg-41@mail.ru[1], svg1841@mail.ru[2], olvasha@mail.ru[1]

Аннотация. В период 2021-2022 гг. исследована сезонная динамика гидрохимических показателей соленого озера Аджи-Байчи (Республика Крым), находящегося в зоне интенсивной рекреации, туризма и сельскохозяйственной деятельности. Повышение температуры воздуха и воды в летний период приводит к возрастанию солености, падению содержания кислорода, уменьшению прозрачности, ухудшению качества воды и условий существования гидробионтов. Усиление антропогенной нагрузки на берегах за счет рекреации, туризма и активной сельскохозяйственной деятельности усугубляет негативные явления в водоеме, стимулирует эвтрофирование и гибель организмов. С целью защиты экосистемы и повышения рекреационной привлекательности водоема необходима разработка мероприятий по защите озера и рациональному использованию его ресурсов.

Ключевые слова: соленость, pH, Eh, оптические показатели, сезонные изменения, антропогенное воздействие, гиперсоленый водоем

Соленые водоемы играют существенную роль в хозяйственной деятельности человека и в экологии прилегающих территорий. Они используются для добычи соли, разных минералов, лечебных грязей, регулируют водный режим, участвуют в круговороте элементов, служат местом отдыха, питания и гнездования многих водоплавающих, в том числе перелетных птиц, способствуя поддержанию их биоразнообразия. В настоящее время соленые озера все больше рассматриваются как объекты экологического туризма, а также в для оздоровительных и рекреационных целей [1, 2]. Эти водоемы расположены в основном в засушливых областях и составляют половину внутренних вод мира. Поскольку из-за высокой солености они относятся к экстремальным экосистемам, биоразнообразие в них очень ограничено, но продуктивность обитающих в них гидробионтов достаточно высокая. Эти особенности гиперсоленых озер делают их очень уязвимыми объектами, и даже небольшие изменения абиотических и биотических факторов, а также нарастающее антропогенное влияние могут существенным образом нарушить их статус, вызвать необратимые процессы, привести к трансформации и деградации (высыханию), что было отмечено многими исследователями в мире [3-5]. Исследование закономерностей формирования, эволюции и современного состояния этих водных объектов имеет важное значение для определения взаимодействия водоема и окружающих территорий в условиях изменения климата и хозяйственной деятельности человека.

Крымские соленые озера, расположенные на юго-западном побережье полуострова, расположены в зоне интенсивной рекреационной и туристической активности [6]. Здесь осуществляется сельскохозяйственная деятельность, и стоки с огородов попадают в эти замкнутые водоемы, приводят к их загрязнению и ухудшению условий существования гидробионтов. В этой зоне расположено озеро Аджи-Байчи (45°25′58″N, 33°09′59″E),

отделенное от моря перешейком, по которому проходит дорога без твёрдого покрытия (Рис. 1). Это замкнутый водоем, его питание осуществляется поверхностными и грунтовыми водами. Площадь озера составляет 0.75 км^2 – 1.2 км^2, глубина до 0.2 м, Площадь водосборного бассейна 41 км. Водоем располагается в зоне засушливого климата, среднее количество атмосферных осадков в год составляет 400 мм.

Целью настоящей работы явилось изучение динамики некоторых гидрохимических показателей воды озера в период 2021-2022 гг с учетом сезонных, метеорологических и антропогенных факторов.

Материалы и методы исследований

Температуру воздуха и воды в озере измеряли электронным термометром HANNA Instruments Check Temp – 1. Пробы воды отбирали ежемесячно в течение 2021-2022 гг, анализ гидрохимических параметров рапы проводили в соответствие с методами, описанными нами ранее [7]. Соленость воды определяли рефрактометром PAL-06S LTA GO (Япония) и выражали в промилле ‰. Водородный показатель pH, окислительно-восстановительный потенциал Eh, концентрацию растворенного в воде кислорода анализировали в лабораторных условиях с помощью анализатора Expert-001 (Econix-Expert Moexa CoLtd, Москва, Россия) с использованием соответствующих селективных электродов фирмы Вольта (Санкт-Петербург, Россия). Оптическую плотность при длине волны 525 нм (OD_{525}) и прозрачность воды при той же длине волны определяли на фотометре-анализаторе Expert-003 (Econix-Expert Moexa Co., Ltd., Россия).

Рис. 1 Озеро Аджи- Байчи

Результаты и обсуждение

На рис. 1 приведены данные изменения температуры воздуха (А) и температуры рапы (Б) в озере в различные сезоны исследуемого периода. Как можно видеть, в летние месяцы температура воздуха и воды быстро увеличивается и достигает максимальных значений в июне, июле и в августе (более +30ºС).

Флуктуации гидрохимических показателей рапы в озере были однотипны в 2021 и в 2022 гг. Параллельно с увеличением температуры в летние месяцы возрастала соленость рапы (Рис. 3, Б) и достигала наибольших значений (более 300‰) в июле-сентябре, когда осадки почти отсутствовали. При этом акватория озера значительно уменьшалась в результате сильного испарения, и отдельные его участки высыхали. В августе-сентябре отмечено резкое снижение концентрации кислорода и pH в рапе, но увеличение Eh (Рис. 3, А, В, Г). Оптические показатели также демонстрировали сезонные изменения: величины коэффициента пропускания резко возрастали (Рис. 3,Е) в летние месяцы, тогда как оптическая плотность падала (Рис. 3, Д).

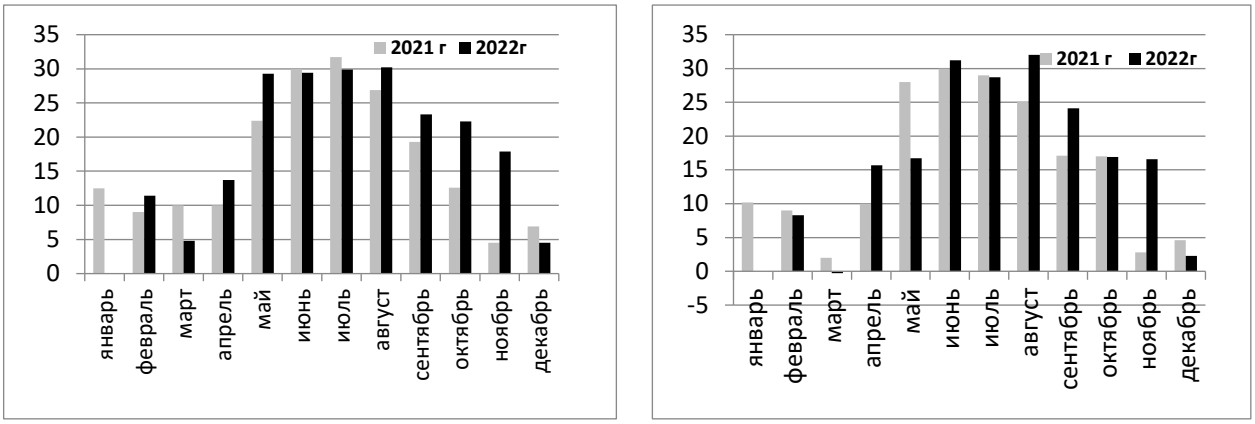


Рис.2 – Изменение температуры воздуха и воды в озере Аджи-Байч

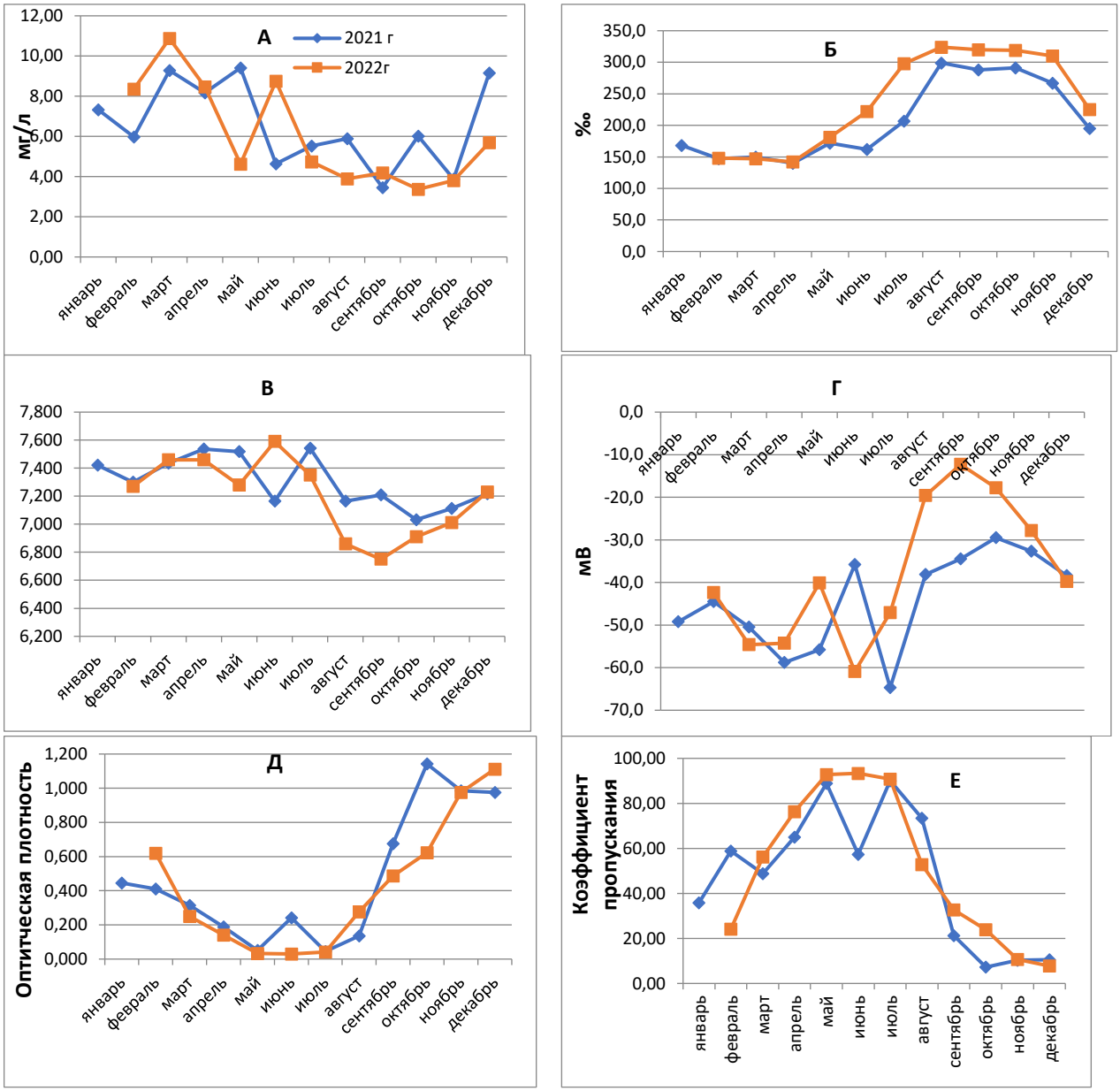


Рис. 3 Гидрохимические показатели рапы озера Аджи-Байчи в период 2021-2022 гг. А – содержание кислорода, мг/л; Б – соленость ‰, В – pH, Г– Eh, мВ, Д–оптическая плотность при длине волны 525 нм, Е – коэффициент пропускания, %

В летние месяцы при повышении температуры, насыщении воды биогенами в результате повышенной антропогенной нагрузки для озера характерно явление эвтрофирования. При этом рапа приобретает неприятный и мутный, зелено-серый или красноватый цвет. В этот период условия в озере становятся неблагоприятными для жизни гидробионтов – рачка артемии и личинок комаров хирономид. При этом артемия приобретает красный цвет в связи с синтезом гемоглобина, который происходит у рачка при низком содержании кислорода в водоеме. Ежегодно в жаркий период наблюдается массовая гибель ракообразных и хирономид, когда огромное количество мертвых гидробионтов концентрируются в прибойной береговой зоне. В результате их разложения происходит вторичное загрязнение озера биогенами и усиление процесса эвтрофирования.

Результаты проведенных исследований позволяют заключить, что экологическое состояние озера Аджи-Байчи имело четко выраженную межгодовую и сезонную изменчивость, которая зависела от метеорологических условий и антропогенной нагрузки. Установленные закономерности гидрохимических характеристик воды обусловлены температурными колебаниями и антропогенной активностью, от которых зависит жизнедеятельность гидробионтов. Систематический мониторинг озера имеет практическое значение, так как водоем находится в зоне активной антропогенной активности и туризма, в связи с чем необходимо разработать мероприятия по поддержанию его экосистемы и повышению его рекреационной привлекательности, сохранению ресурсов. Изучение особенностей естественной временной изменчивости гипергалинных водоемов важно как для понимания причин и основных тенденций изменения климата и для прогнозирования их тенденций в будущем, так и для контроля антропогенной активности и мероприятий по охране водной среды, особенно в случае возникновения экстремальных ситуаций, которые могут принести вред здоровью человека и экологии прилежащих территорий.

Литература.

1. Williams W.D. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025 // Environ. Conserv. – 2002. Vol. 29. – P. 154–167

2. Tussupova K., Hjorth A.P., Morave M. Drying lakes: a review on the applied restoration strategies and health conditions in contiguous areas // Water. – 2020. – Vol. N 12 (749). – P. 1–23.

3. 3.Hueso-Kortekaas K., Delgado-Mellado N., Calzada-Funes J., Sanchez-Mata C., Castaneda, C., Cledera-Castro M.D.M. Microplastics in inland saline lakes of the Central Ebro Basin, NE Spain // Water. – 2025. – Vol.17. – 989.

3. Wurtsbaugh W.A., Miller C., Null S.E., DeRose R.J.,Wilcock P., Hahnenberger M., Howe F., Moore J. Decline of the world's saline lakes // Nat. Geosci. – 2017. – Vol. 10. P. 816–821

4. 5.Castaneda C., Herrero J. Assessing the degradation of saline wetlands in an arid agricultural region in Spain // Catena. – 2008. – Vol. 72. – P. 205–213.

6. Гидроминеральные лечебные и рекреационные ресурсы Крыма: монография / коллектив авторов. Редактор Тарасенко В.С., ответственный редактор Васенко В.И. − Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2024. − 380 с.

7. Руднева И.И., Шайда В.Г. Сезонная динамика гиперсоленого озера Ойбург (Крым) как модель для изучения последствий изменения климата // Водные ресурсы. – 2020. –Т. 47. № 4. – С. 426–437.

DYNAMICS OF HYDROCHEMICAL INDICATORS OF THE SALT LAKE ADZHI-BAICHI (REPUBLIC OF CRIMEA) UNDER THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS

I.I.Rudneva[1], V.G. Shaida[2],O.V. Shaida[1]

Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, 299011 Russia[1],
Ecoservice A+ Co, Moscow, 107140 Russia[2]
e-mail: svg-41@mail.ru[1], svg1841@mail.ru[2], olvasha@mail.ru[1]

Abstract. In the period 2021-2022, the seasonal dynamics of hydrochemical parameters of the salt lake Adzhi-Baychi (Republic of Crimea), located in the zone of intensive recreation, tourism and agricultural activity, was studied. An increase in air and water temperature in the summer leads to an increase in salinity, a drop in oxygen content, a decrease in transparency, a deterioration in water quality and living conditions for aquatic organisms. Increased anthropogenic load on the banks due to recreation, tourism and active agricultural activity exacerbates negative phenomena in the reservoir, stimulates eutrophication and death of organisms. In order to protect the ecosystem and increase the recreational attractiveness of the reservoir, it is necessary to develop measures to protect the lake and rationally use its resources

Key words: salinity, pH, Eh, optical parameters, seasonal changes, anthropogenic impact, hypersaline water body

УДК: 504(543.3:556)

О СОХРАНЕНИИ И РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОВ САКСКОГО ОЗЕРА

В.С. Тарасенко, В.И. Васенко
Межрегиональная общественная организация «Крымская Академия наук»
г. Симферополь, Республика Крым, Россия
e-mail: vict.tarasencko2015@yandex.ru; v-vasenko@yandex.ru

Аннотация. Работа включает результаты многолетних геоэкологических исследований состояния Сакского озера и рекомендации по сохранению бальнеологических ресурсов для устойчивого развития санаторно-курортной и туристической отрасли города-курорта на побережье Черного моря.

Ключевые слова: Антропогенные факторы, физико-химический состав, экология, рекреация.

За двадцатилетний период наблюдений Сакского соленого озера (с 1991 по 2010 гг.) был отмечен ряд событий, которые существенно повлияли на гидрологический и гидрохимический режим в Восточном (эксплуатируемом) водоёме. Прежде всего, это повышение уровня рапы в этом бассейне в 1998 г. за счет подачи воды в него из Западного. Это отразилось в резком изменении водно-солевого режима, увеличения общей минерализации и общего запаса солей, который неуклонно продолжает расти. К 2010 году запас солей в рапе Восточного водоёма составил 248,9 тыс.т., что в три раза больше по сравнению с 1991 годом (рис. 1).

Анализируя среднегодовые диапазоны изменения уровня и минерализации рапы можно определить их оптимальные значения для обеспечения условий добычи и сохранения гидроминеральных ресурсов, а повторный анализ результатов многолетнего изменения содержания солей в рапе и грязевых отжимах из лечебных водоёмов Сакского озера (с 2005 по 2018 гг.) указывает на устойчивый тренд их накопления [2, 3]. Это позволяет прогнозировать ситуацию с течением времени (табл. 1). То есть к 2030 году значения минерализации рапы

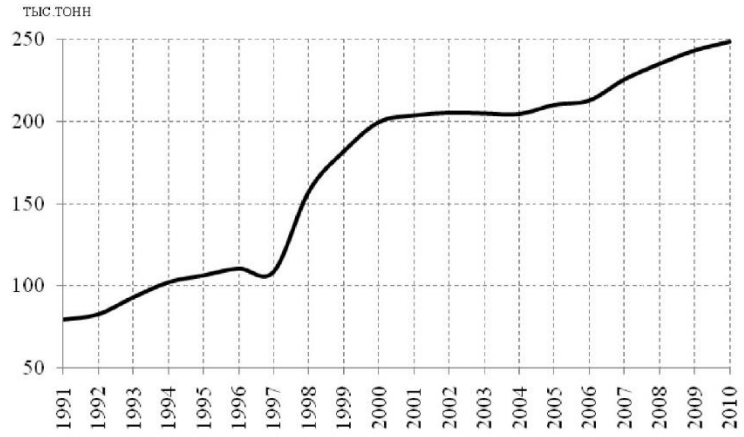


Рис. 1 Динамика изменений среднегодовых значений общего запаса солейв Восточном (эксплуатируемом) водоеме Сакского озера

Таблица 1

Прогнозная оценка средних уровней минерализации рапы и грязевого отжима в лечебных водоёмах Сакского озера

Восточный лечебный водоем				
Годы	*2020*	*2023*	*2025*	*2030*
Минерализация рапы (в г/дм^3)				
$y_{(линейная.\ зав)}$ = 0,996x + 156,5	172,4	175,4	177,4	187,3
$y_{(логариф.\ зав.)}$ = 4,687 ln (x) +155,8	168,7	169,6	170,0	171,8
Минерализация грязевого отжима (в г/дм^3)				
$y_{(линейная.\ зав)}$ = 0,913x + 171,3	185,8	188,6	190,4	199,5
$y_{(логариф.\ зав.)}$ = 5,406 ln (x) +168,5	183,5	184,4	185,0	187,0
Западный лечебный водоем				
Годы	*2020*	*2023*	*2025*	*2030*
Минерализация рапы (в г/дм^3)				
$y_{(линейная.\ зав)}$ = 9,847x + 109,2	266,7	296,2	316,0	414,4
$y_{(логариф.\ зав.)}$ = 53,888 ln (x) +87,76	237,1	246,3	251,6	272,7
Минерализация грязевого отжима (в г/дм^3)				
$y_{(линейная.\ зав)}$ = 3,766x + 143,2	203,5	214,7	222,3	256,0
$y_{(логариф.\ зав.)}$ = 19,419 ln (x) +137,2	191,0	194,4	196,3	204,0

существенно превысят нормируемые показатели и будут негативно влиять на биологическую активность гидробионтов (Artemia salina и Dunaliela salina), а также на формирование и сохранение лечебных грязей месторождения. В исследованиях Крымской ГГРЭС отмечена зависимость между интенсивностью развития гидробиоты водоемов и их соленостью (инерализацией покровной воды и грязевого отжима). При достижении пороговых значений минерализации (350 г/дм^3 и выше) биологическая активность биогеоценоза приближается к нулю, что, в свою очередь, определяет бальнеологические критерии пелоидов, формирующие их терапевтическую ценность, в том числе содержание органо-минеральных соединений (гуминовых кислот, фульвокислот, сульфидов и др.), сложные коллоидные комплексы, отвечающие за важные физико-механические кондиции лечебных грязей (влагоемкость, теплоотдачу, адсорбционную способность и т.д.) и другой органики фармацевтического ряда (аминокислоты, витамины, липиды и др.) [1].

В настоящее время озеро разделено дамбами на семь водоёмов, два из которых лечебные, а пять – защитные. Гидротехнические сооружения в виде двух насосных станций, морского и Михайловского каналов позволяют регулировать водный и солевой режим в лечебных водоёмах, что предотвращает в них процесс высыхания или распреснения, т.е.

поддерживаются гидрохимические и биологические параметры, которые близки для природных соленых озер прибрежно-морского типа.

Анализ динамики изменения окружающей природной среды и уровня антропогенного влияния позволили, с одной стороны, объективно оценить негативные явления, а с другой − выработать ряд предложений и рекомендаций [4]. Это позволит сохранить природные лечебные ресурсы и радикальным образом улучшить экологическую обстановку в округе зон санитарной охраны города-курорта, а также создать новые привлекательные рекреационные объекты.

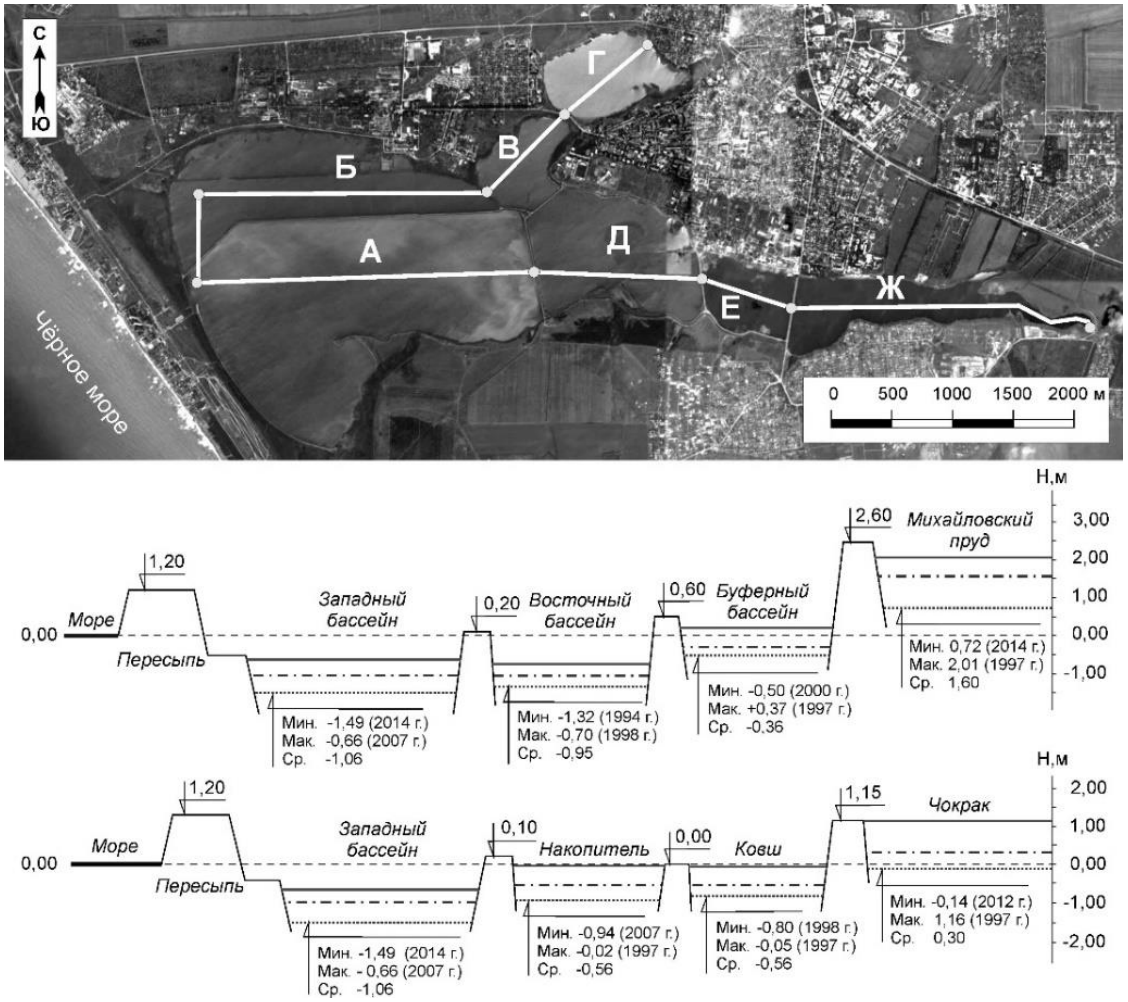


Рис. 2 Абсолютные высотные отметки разделительных дамб и среднегодовых уровней воды в лечебных и защитных водоёмах Сакского озера

По отношению к уровню моря в водоёмах Чокрак и Михайловском средний уровень воды на 0,5 и 1,5 м выше, а в Буферном, Ковше и Накопителе −ниже на 0,1-0,6 м. Уровень рапы в лечебных водоёмах относительно моря ниже на 1,0-1,3 м (рис. 2). В связи с этим актуальной является задача – разработать проект по строительству современной дренажной системы для отведения и очистки паводковых и сточных вод, а чистую пресную воду использовать для орошения парковых территорий города. В свою очередь, реализация такого проекта позволит существенно снизить трудозатраты и потребление электроэнергии ГУНПП РК «Крымская ГГРЭС» и КП «Коммунальник» для регулирования уровней воды в лечебных и защитных водоемах Сакского озера.

То, что в лечебных водоемах уровень рапы постоянно ниже относительно моря, позволяет реализовать проект по строительству современного многоцелевого морского канала или системы водоводов от акватории моря в Западный водоём и акваторию Накопителя и Ковша после соответствующей их реконструкции. Такая система гидротехнических

сооружений может решить две важные проблемы. Первая – обеспечение в необходимом объеме морской водой Восточного и Западного лечебных водоёмов. Вторая – преобразование двух защитных (Накопитель и Ковш) в закрытую морскую лагуну с регулируемой соленостью и возможного приема избыточных солей из лечебных Восточного и Западного водоёмов Сакского озера для снижения в них общего содержания солей до среднего содержания − 150 г/дм^{3}в течение года.

В прошлом столетии, в период эксплуатации Сакского озера и Сасык-Сиваш как солепромыслов и сырьевых ресурсов химического производства, существовали морские каналы, которые обеспечивали потребности в морской воде водоемы лечебного назначения и производство различных видов продукции на Сакском химическом заводе (рис. 3).

Рис. 3 Морской канал после реконструкции в 1950 году

В настоящее время подача в лечебные водоемы необходимого количества морской воды для поддержания кондиций лечебной рапы осуществляется морской насосной станцией в соответствии со схемой потребления морской воды из Черного моря. Но объемы поставки санаторным учреждениям лечебной рапы сакского месторождения столь незначительны, что никак не влияют на уменьшение общей минерализации в Восточном водоеме.

В связи с этим существующая система регулирования водного режима в отдельных водоемах Сакского озера, даже с учетом проведенных недавно работ в составе федеральной целевой программы (ФЦП), не отвечает в необходимой мере задачам по сохранению бальнеологических и рекреационных ресурсов города Саки. Дальнейшее хозяйственное использование водных объектов, отделенных от месторождения лечебных грязей и рапы капитальными дамбами, которые играют роль магистралей, соединяющих территорию города с морскими набережными, возможно лишь при реализации необходимых инфраструктурных изменений. Они должны включать эффективную дренажную систему по отводу паводковых и сточных вод к городским очистным сооружениям, углубление защитных водоемов (Накопитель, Ковш и озеро Чокрак), строительство морских каналов или водоводов для подачи морской воды из Каламитского залива Черного моря в Западный лечебный водоём, залив Гудым и в объединенный новый водоём Накопитель и Ковш (рис. 4).

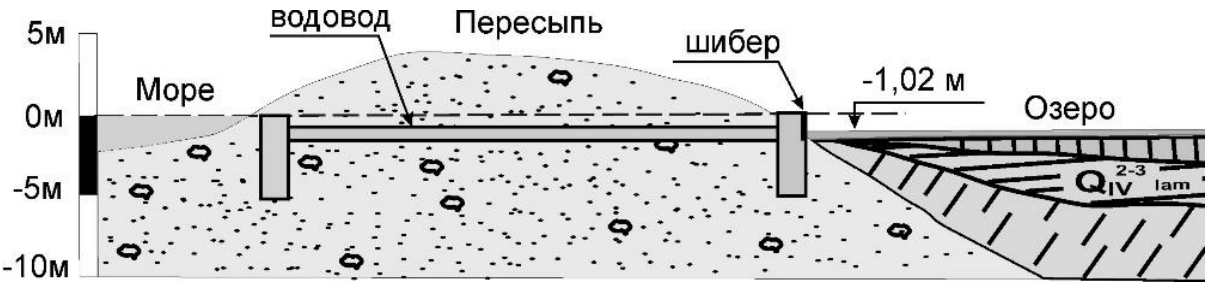


Рис. 4 Морские водоводы в лечебные и защитные водоёмы Сакского озера

Таким образом могут быть исключены негативные тенденции, связанные с геоэкологическим состоянием соленых (лечебных) водоемов Сакского озера, а распресненные и солоноватые защитные будут преобразованы в привлекательные рекреационные объекты. Такие водные объекты как озеро Сасык-Сиваш, Кояш и Буферный на Сакском озере не редко посещают стаи фламинго, «вспомнив» давние маршруты миграции, когда климат в Крыму был гораздо теплее (рис. 5).

Рис. 5 –Фламинго на акватории Буферного водоема (фото Гуськова Е.А.)

Выводы. Сакское озеро более 200 лет не является единым природным образованием из-за различного рода хозяйственной деятельности. В настоящее время оно разделено дамбами на семь водоёмов, два из которых лечебные (Восточный и Западный), а пять – защитные от паводковых и сточных вод, а также для приема послепроцедурных вод из санаторно-курортных учреждений города Саки. Распресненные в защитных водоёмах иловые отложения составляют около 8 млн.м^3, которые могут быть использованы как гидроизоляционный материал при строительстве дорог или рекультивации территорий бывших карьеров по добыче полезных ископаемых. Пресный водоем Чокрак, например, может быть водоёмом для разведения ценных пород рыб, а прилегающая территория − привлекательной рекреационной зоной.

Ежегодно в Крыму более 300 тыс. больных пользуются методом грязелечения при различных заболеваниях нервной системы, гинекологических, урологических и других болезней, реабилитации после травм позвоночника, нарушений функций опорно-двигательного аппарата и других недугов. Многие больные, нуждающиеся в грязелечении, относится к категории социально-незащищенных слоев населения, требующих государственной поддержки для прохождения лечения и реабилитации в учреждениях санаторно-курортного комплекса Республики Крым. Сохранение и рациональное использование гидроминеральных, лечебных и рекреационных ресурсов Сакского озера является важной государственной задачей [5].

Литература.

1. Васенко В.И., Иваницкий В.А. История эволюции и деградации соленых озер Крыма // Инновации в геологии, геофизики и географии – 2021. Материалы 6-й Международной научно-практической конференции − М: Издательство Перо, 2021. С 72 – 75

2. Волченко В.А., Тарасенко В.С., Васенко В.И. О сохранении бальнеологических ресурсов и перспективах развития города-курорта Саки. /Человек-природа-общество: теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и бальнеологии. Выпуск 5 (12): Сборник научных трудов – Симферополь: РИО КИПУ им. Февзи Якубова, 2019. – С. 95-100.
3. Гидроминеральные лечебные и рекреационные ресурсы Крыма: монография / коллектив авторов. Редактор Тарасенко В.С., ответственный редактор Васенко В.И. − Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2024. − 380 с.
4. Гулов О.А. Экоцид крымских соляных озер. Сб: Теория и практика восстановления внутренних водоемов. – СПб.: изд-во «Лема», 2007 г. – с. 91-101.
5. Ежов В.В. Ключевые исторические этапы развития крымской курортологии. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2019. Т. 96. № 2. С. 70.

ON THE CONSERVATION AND RATIONAL USE OF THE RESOURCES OF THE SAKI LAKE

V.S. Tarasenko, V.I. Vasenko
Interregional Public Organization «Crimean Academy of Sciences»
Simferopol, Republic of Crimea, Russia
e-mail: vict.tarasencko2015@yandex.ru; v-vasenko@yandex.ru

Abstract. The work includes the results of long-term geoecological studies of the state of Saki Lake and recommendations for the conservation of balneological resources for the sustainable development of the sanatorium and tourism industry of the resort town on the Black Sea coast.
Keywords: Anthropogenic factors, physico-chemical composition, ecology, recreation.

УДК 622.831.6

НОВЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗА ПРОВАЛООБРАЗОВАНИЙ В ПОДРАБОТАННОМ ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ СДРЕНИРОВАННЫХ И ОБВОДНЕННЫХ МАССИВОВ

Б. В. Хохлов[1], В. А Дрибан[2]
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела» (ФГБНУ «РАНИМИ»), г. Донецк, ДНР, РФ
e-mail: hbv@bk.ru[1], viktor-driban@yandex.ru[2]

Аннотация. В статье рассматривается новый, эффективный метод прогноза образования провалов земной поверхности в подработанном массиве сдренированных и обводненных массивов горных пород.
Ключевые слова: горный отвод, обводненный массив, провалы земной поверхности, горные выработки, нейросеть.

Интенсивная добыча угля в Донбассе на протяжении многих лет привела к тому, что значительные территории на небольших глубинах оказались подработанными. К 1917 году в регионе действовало 1604 шахты, причем подавляющее большинство (95%) из них добывало уголь на глубине до 100 метров. После Великой Отечественной войны, в целях ускорения восстановления угледобычи, в Донбассе было построено более 600 небольших наклонных шахт, также ориентированных на добычу на малых глубинах [1].

За последние два десятилетия ситуация в Донбассе кардинально изменилась: если в 2000 году здесь действовало около 200 шахт, то к 2023 году их осталось менее 20. Подавляющее большинство шахт затоплено [2]. Затопление подземных выработок влечет за собой серьезные геологические последствия: изменяются физико-механические свойства горных пород [3], [4], активизируются процессы сдвижения [5], и как результат – возникают провалы на земной поверхности [6].

Особенно остро эта проблема проявляется в Центральном Донбассе – Горловка, Енакиево, с его крутым залеганием угольных пластов. Ввиду того, что происходит сползание целиков угля между шурфами, на поверхности ежегодно образуются десятки ленточных провалов между провалами по шурфам, в местах выхода пластов под наносы [7].

В процессе эксплуатации угольного бассейна в массиве горных пород оставались и сохранялись пустоты, изменялись гидрогеологические режимы, происходили значительные оседания и локальные провалы земной поверхности. Локальные провалы – резкое, внезапное обрушение земной поверхности на ограниченном участке (рис. 1). Это происходит, когда пустоты под поверхностью разрушаются, и грунт над ними теряет несущую способность.

Провалоопасность подработанных территорий - одна из основных проблем. Именно риск образования провалов является главной угрозой для безопасности людей и нормального функционирования инфраструктуры на территориях, затронутых добычей полезных ископаемых или другими видами подземной деятельности.

Для обеспечения безопасности и успешного восстановления техногенно нагруженных территорий Донбасса необходимо иметь полную картину участков опасных по провалам – провалоопасных зон, и точное представление о степени их опасности. Проблема заключается в том, что на сегодняшний день нет единого нормативного документа, который бы устанавливал правила определения границ таких зон на поверхности.

Существующие методики [8]-[11], направленные на выявление и обследование провалоопасных зон, опираются на устаревшие нормативные акты [12]-[14], посвященные провалообразованию над горными выработками. Применяемые в них расчетные формулы, разработанные еще в 70-х годах прошлого века, не учитывают современные условия, такие как возможное подтопление и возраст горных выработок. Более того, эти методики не предусматривают прогнозирования провалов, а лишь фиксируют провалоопасные зоны на планах, считая их опасными на неопределенный срок.

Рис. 1 – Общий вид провала под горными выработками шахты № 6-14,
территория рынка г. Макеевка

Провалоопасные зоны, занимают существенную долю площади горного отвода шахты порядка 5-30% и в большинстве случаев, в частности на Донбассе, эти зоны локализованы в пределах населенных пунктов (рис. 2). Кадастровая стоимость таких земель весьма невелика, и поэтому, нам нужно иметь реальный прогноз провалообразования во времени.

Рис. 2 Поле шахты им. Карла Маркса под г. Енакиево с нанесенными нормативными провалоопасными зонами

В связи с этим в ФГБНУ "РАНИМИ" было принято решение применить метод прогноза на основе методов искусственного интеллекта. Составлена база данных повреждений земной поверхности над старыми горными выработками, эти данные использовались при тренировке нейронной сети [15] для прогноза образования провалов на земной поверхности над старыми горными выработками. Тренировка нейронной сети производилась по шести входным параметрам: глубина расположения выработки, степень метаморфизма пород, угол падения слоев пород, угол наклона самой выработки, фактор техногенных условий (учитывает влияние тектонических нарушений, горных работ на соседних пластах, затопления и др.) и возраст выработки. В настоящий момент нейросеть способна давать прогноз точностью до 94,6%.

Подавляющее большинство шахт Донецкого бассейна, включая восточный Донбасс (Ростовский) затоплено. В 2018-23 гг. в ФГБНУ "РАНИМИ" выполнялись работы по геодинамическому мониторингу горных отводов ликвидируемых шахт, который включал в том числе и провалоопасных зон и их картирование на планах поверхности. В течении указанного периода были проведены геодинамические мониторинги на горных отводах 128 шахт [6, 16].

Новый подход к прогнозу провалообразования в приповерхностной зоне обводненных массивов заключается в том, что в начале производится построение и картирование нормативных провалоопасных зон на планах поверхности, а затем, с помощью нейронной сети, эти зоны оцениваются на предмет провалообразования в настоящее время. Опасность вертикальных горных выработок, имеющих выход на дневную поверхность очевидна, более того, они остаются опасны даже после ликвидации с учетом всех правил и требований и состояние их устьев подлежит регулярному мониторингу. Поэтому методика на основе нейронных сетей концентрирует внимание на объектах, представляющих менее очевидную опасность, а именно подземных протяженных выработках и наклонных стволах. В первую очередь отсеиваются площади (зоны), на которых процессы провалообразования уже должны были завершиться. Эти зоны уже достаточно безопасны и могут быть возвращены к хозяйственному использованию, в то время как по нормативной методике они остаются провалоопасными навсегда. Учет фактора времени провалообразования для различных

условий, вероятно главное достоинство методики на основе нейронных сетей. При этом период провалоопасности на временной шкале может оказаться в прошлом (участок уже безопасен), в настоящем (участок опасен) или будущем (участок пока безопасен). К более детальному рассмотрению выделяются участки опасные на сегодняшний день и в ближайшем будущем на период до 20 лет.

Таким образом в 2021-23 гг. были выполнены прогнозы провалообразования в приповерхностных зонах обводненных массивов 13 шахт Донбасса [17].

Так, например, на горном отводе шахты "Ростовская" Гуково-Зверевского углепромышленного района Донбасса, по результатам исследований было определено и картировано на плане поверхности шахты 15 нормативных провалоопасных зон. При обследовании указанных зон было выявлено три провала земной поверхности (рис. 3) [18].

Выводы.

Как показали расчеты по нейронной сети, достаточно безопасными на сегодняшний день можно считать участки дневной поверхности над старыми выработками до глубины расположения по карбону около 20-30 м, где процессы провалообразования уже должны были завершиться и обнаруженные провалы и проседания земной поверхности, расположены именно в этих участках.

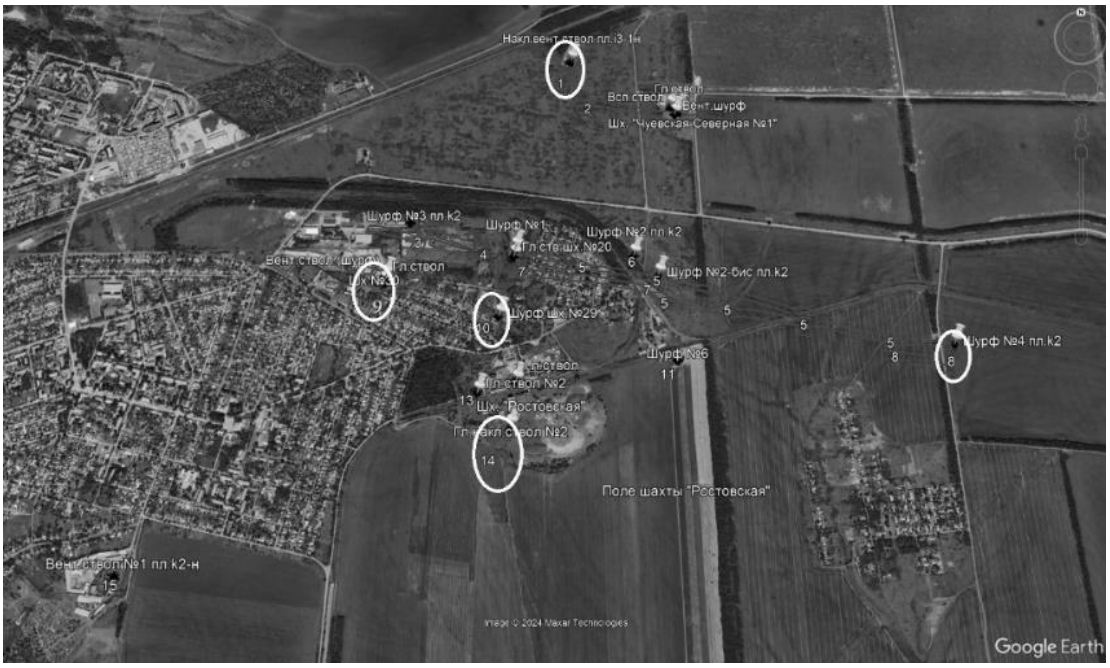


Рис. 3 Поле шахты "Ростовская" с нанесенными нормативными провалоопасными зонами и зонами нейронной сети

На поле шахты "Ростовская" выделено пять зон на которых остаются риски образования провалов в течении ближайших 20 лет, из этих пяти зон можно выделить одну зону № 9, расположенную в жилой застройке, в которой в первую очередь, необходимо проводить регулярный геодинамический мониторинг. И таким образом существенно сокращается объем геодинамического мониторинга горного отвода шахты.

Литература.

3. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины: монография / Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермаков, Ю. Ф. Кренида [и др.]. – Донецк: Изд-во «Норд-Пресс», 2004. – 631 с. – ISBN 966-8085-53-1.

4. Дрибан, В. А. Изменение гидрогеологического режима работы шахт / В. А. Дрибан, И. А. Колдунов, Б. В. Хохлов // Труды РАНИМИ. – 2023. – № 23(38). – С. 211-221. – DOI 10.24412/1996-885X-2023-2338-211-221. – EDN JLFINF.

5. Хохлов, Б. В. К вопросу определения коэффициента, учитывающего изменение прочности пород обводненных массивов / Б. В. Хохлов, М. Д. Рожко, В. А. Дрибан // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2023. – Т. 10, № 2. – С. 79-82. – DOI 10.15372/FPVGN2023100212. – EDN HYHZVT.
6. Дрибан, В. А. Исследование процессов фильтрации и кольматации в обводненной приповерхностной зоне при ее подработке / В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, Н. А. Дуброва, М. Д. Рожко // Маркшейдерия и недропользование. – 2024. – № 4(132). – С. 15-23. – DOI 10.56195/20793332_2024_4_15_23. – EDN ASZKAI.
7. Хохлов, Б. В. К вопросу сдвижения и деформирования обводненного горного массива в современных условиях ведения горных работ / Б. В. Хохлов, М. Д. Рожко, Л. А. Камбурова, Л. Н. Крижановская // Труды РАНИМИ. – 2023. – № 22(37). – С. 65-71. – DOI 10.24412/1996-885X-2023-2237-65-71. – EDN SYEXBI.
8. Дрибан, В. А. Оценка рисков провалообразования при затоплении угольных шахт / В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, А. В. Антипенко // Проблемы недропользования. – 2025. – № 1(44). – С. 65-77. – DOI 10.25635/2313-1586.2025.01.065. – EDN FOIJIW.
9. Хохлов, Б. В. К вопросу анализа провалоопасных зон в приповерхностной зоне обводненных массивов / Б. В. Хохлов, В. А. Дрибан, А. В. Антипенко // Труды РАНИМИ. – 2024. – № 3-2(41). – С. 95-103. – DOI 10.24412/2519-2418-2024-341-95-103. – EDN LNGMBS.
10. Методическое руководство о порядке выделения провалоопасных зон и выбора комплекса технических мероприятий по выявлению и ликвидации пустот при ликвидации шахт. – М.: ИПКОН РАН, 1999. – 54 с.
11. Методическое руководство «О порядке выделения провалоопасных зон и выбора комплекса технических мероприятий по выявлению и ликвидации пустот на ликвидируемых шахтах Восточного Донбасса». – М.: ИПКОН РАН, 2007. – 34 с.
12. Хохлов, Б. В. Методика построения и обследования зон, опасных по провалам / Б. В. Хохлов, В. А. Дрибан, С. В. Голдин, А. М. Терлецкий, М. Д. Рожко // Труды РАНИМИ: сб. науч. тр. – Донецк, 2019. – № 7 (22). – С. 142-157.
13. Хохлов, Б. В. Методика обследования провалоопасных зон / Б. В. Хохлов // Труды РАНИМИ. – 2020. – № 10-11(25-26). – С. 31-35. – EDN IHBSNL.
14. Правила охраны сооружений природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях ПБ 07-269-98, утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 16 марта 1998 г. № 13.
15. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных выработок на угольных месторождениях / Министерство угольной промышленности СССР. – М., Недра, 1981. – 288 с.
16. ГСТУ 101.00159226.001 – 2003. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом – Введ. 01.01.2004. – К., 2004. – 128 с.
17. Driban V. Vorhersage des erdoberflächeabsturzes oberhalb der alten kohlengrubenräumen / V. Driban, V. Nazimko, A. Feofanov, I. Khalymendyk // Altbergbau – Kolloquium. – Freiberg. – 04. bis 06. November 2010. – P. 391-400.
18. Дрибан, В. А. Опыт геомеханического мониторинга на многократно подработанных территориях Донбасса / В. А. Дрибан, А. В. Антипенко, Б. В. Хохлов [и др.] // Проблемы горного дела: Сборник научных трудов III Международного форума студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков, Донецк, 06–07 апреля 2023 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2023. – С. 191-195. – EDN OKKYXM.
19. Дрибан, В. А. Прогноз образования провалов на подработанных территориях методом искусственного интеллекта на основе нейронных сетей / В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, А. В. Антипенко // Проблемы недропользования. – 2024. – № 3(42). – С. 51-61. – EDN VWHIXK.
20. Дрибан, В. А. Прогноз вероятности образования провалов земной поверхности на горном отводе шахты "Ростовская" при ее затоплении / В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, А. В. Антипенко, С. В. Голдин // Труды РАНИМИ. – 2024. – № 1(39). – С. 63-77. – DOI 10.24412/1996-885X-2024-139-005. – EDN TBRLZP.

A NEW METHOD FOR PREDICTING SINKHOLES IN THE SUBSURFACE LAYER OF DRAINED AND WATERLOGGED MASSIFS

Khokhlov Boris Valentinovich, Ph. D. in Engineering Sciences, Senior Researcher, head. Of the Department of Mining Pressure, RANIMI, Russia, DPR, Donetsk, e-mail: hbv@bk.ru.
Driban Viktor Alexandrovich, Doctor of Engineering Sciences, Senior Researcher, Acting Director of the Institute, RANIMI, Russia, DPR, Donetsk, viktor-driban@yandex.ru.
Federal State Budgetary Scientific Institution
"Republican Academic Scientific, Research and Design Institute for Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Mine Surveying"
(RANIMI, FSBSI), Donetsk, DPR, RF

Abstract. The article discusses the experience of using a neural algorithm to predict the risks of damage to the earth's surface above mine workings at shallow depths. The analysis covers cases of surface damage in the fields of more than a hundred mines in Donbass. The results obtained will be used to improve the neural network algorithm.

Key words: mine workings, earth surface, failure, prediction technique, neural network

СЕКЦИЯ 4
ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

УДК 551.24

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОБВАЛЬНО-ОПОЛЗНЕВЫХ СТРУКТУР МЫСА ФИОЛЕНТ (В РАЙОНЕ СВЯТО-ГЕОРГИЕВСКОГО БАЛАКЛАВСКОГО МОНАСТЫРЯ Г. СЕВАСТОПОЛЯ)

Ю.М. Вольфман, А.М. Останин, Е.Я. Колесникова
Институт сейсмологии и геодинамики ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
e-mail: seism.volf@gmail.com

Аннотация. В статье приведены результаты изучения геолого-структурных условий на мысе Фиолент в районе Свято-Георгиевского монастыря. Анализ разрывных структур показал, что доминирующую роль играют разрывы диагональных (преимущественно – северо-западного) направлений, большей частью имеющих тектоническое происхождение. Зачастую они активизируются как трещины бокового отпора, провоцируя обвально-оползневые явления. Триггерами для активизации обвально-оползневых процессов могут служить как экзогенные факторы (морская абразия основания склона, эрозия его средней и верхней частей), так и эндогенные процессы (сейсмические воздействия).

Ключевые слова: тектонические разрывы, оползневые процессы, абразия склона, деформации построек, сейсмические воздействия.

Строительство гражданских и промышленных объектов в прибрежных зонах, характеризуемых наличием крутых береговых склонов и подверженных активному воздействию эрозионно-абразионных процессов, сопряжено с риском активизации обвально-оползневых структур. Спровоцировать эти явления могут экзогенные факторы (морская абразия основания склона, эрозия его средней и верхней частей), эндогенные процессы (сейсмические воздействия), а также техногенное влияние в виде подрезки основания склона или чрезмерного статического нагружения присклоновой поверхности. При этом одной из основных причин, предопределивших возможность активизации обвально-оползневых явлений, является наличие тектонических нарушений. Примером этого служат результаты изучения геолого-структурных условий площадки размещения Свято-Георгиевского Балаклавского мужского монастыря на мысе Фиолент (г. Севастополь).

Об интенсивном развитии негативных экзогенных процессов в районе м. Фиолент и потенциальной опасности, обусловленной ими, свидетельствуют обвально-оползневые террасы (на одной из которых возведен разрушенный в 1930 г. храм Св. Георгия), многочисленные следы обвалов значительных масс горных пород в основании склонов, интенсивное развитие трещин бокового отпора в верхней части береговых обрывов. Крупные обвалы на мысе Фиолент происходили во время землетрясения 11.09.1927 г. интенсивностью 7 баллов [2] и в декабре 1999 г., когда произошло обрушение более 100 тыс. $м^3$ горных пород. Следы меньших по масштабам обвалов известняковых масс из верхней части берегового склона наблюдались весной 2000 г. и позднее в прибережной полосе.

Исследования геолого-структурных условий территории включали выявление и анализ тектонических разрывов с выделением структурно-кинематических парагенезисов трещинных структур и реконструкцией полей тектонических напряжений, обусловивших их возникновение.

В геологическом строении исследуемой территории принимают участие миоценовые (преимущественно среднесарматские) известняки с линзами и прослоями песков, глин и гравелитов, залегающие на размытой поверхности вулканогенных отложений байосского яруса средней юры (рис. 1). Мощность сарматских известняков в районе Свято-Георгиевского монастыря составляет около 50 м, залегание их субгоризонтальное – с пологим (3÷7º) падением к северо-востоку. Подстилающая вулканическая толща слагает среднюю и нижнюю части берегового склона, распространяясь также ниже уровня моря. Четвертичные породы, развитые на склоне и в пределах обвально-оползневой террасы, на которой расположен монастырь, представлены коллювиально-делювиальными глыбово-щебнистыми образованиями с суглинистым и супесчаным заполнителем, а также техногенно-насыпными отложениями. Они характеризуются неравномерным площадным распространением и приурочены, как правило, к оползневым террасам, склонам и понижениям в рельефе.

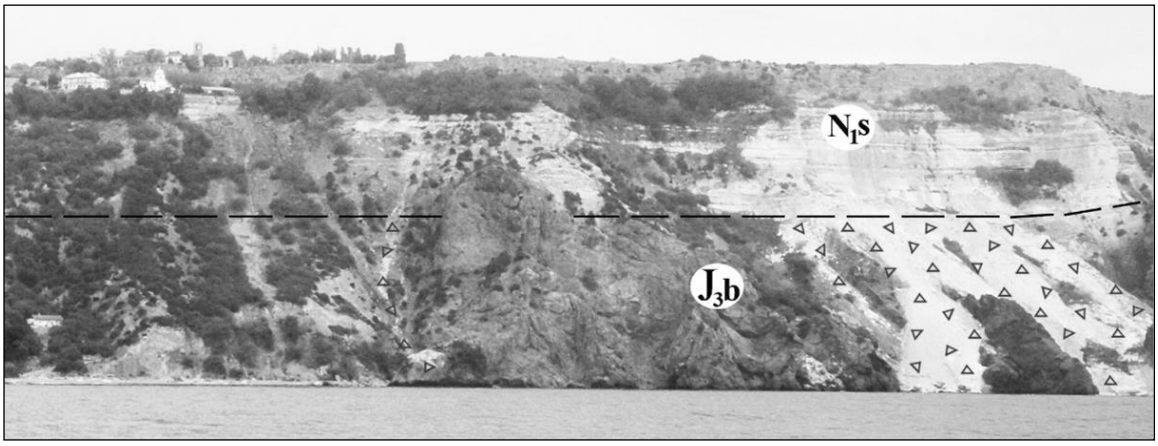


Рис.1. Геологическое строение территории (Георгиевский монастырь вверху слева). Пунктир – контакт среднеюрских (J_3b) и миоценовых (N_1s) образований; красные треугольники – шлейфы обвальных отложений миоцена.

Выявленные на исследуемой территории локальные тектонические разрывы сосредоточены, главным образом, в пределах 2-х зон, имеющих ширину от 140 до 180 м и протягивающихся в диагональных (северо-западном и северо-восточном) направлениях (зоны I и II на рис. 2).

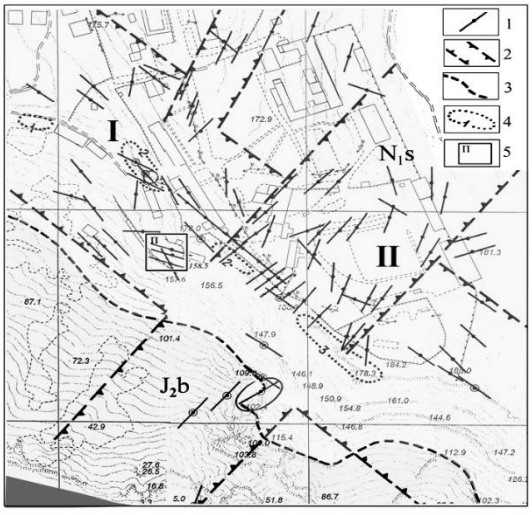


Рис. 2. Геолого-структурная схема исследуемой территории. *Условные обозначения:* 1 – установленные тектонические разрывы (трещины); 2 – границы зон повышенной трещиноватости; 3 – контакт вулканогенных пород средней юры и миоценовых отложений (овал – место смещения по правому сдвигу контакта вдоль зоны дробления северо-восточного простирания); 4 – пункты производства массовых замеров тектонической трещиноватости; 5 – храм Св. Георгия Победоносца.

Разрывные структуры I зоны (северо-западного простирания), пространственно совпадающей с кромкой береговых обрывов, отчетливо фиксируются в скальных обнажениях сарматских известняков (рис. 3 *а*, *в*). Они оказывают существенное влияние на формирование

современного обвально-осыпного уступа (обрыва) аналогичного направления. Перманентные нарушения равновесия горного массива в прибрежной части, вызванные абразионной деятельностью моря и интенсивной эрозией крутых склонов, привели к раскрытию многих из этих трещин (от нескольких сантиметров до полуметра и более – рис. 3 *в*). Протягиваясь в непосредственной близости от кромки обрыва параллельно или под острым углом к нему, эти разрывы зачастую активизируются как трещины бокового отпора, провоцируя обвально-оползневые явления. По-видимому, «грандиозные обвалы», о которых говорилось ранее в связи с землетрясением 11.09.1927 г., в значительной степени были обусловлены наличием трещин именно северо-западной ориентировки, ослабивших устойчивость присклоновой части горного массива. В некоторых местах к этим разрывам приурочены деформации в строениях как на территории монастыря (рис. 3 *б*), так и в ее окрестностях.

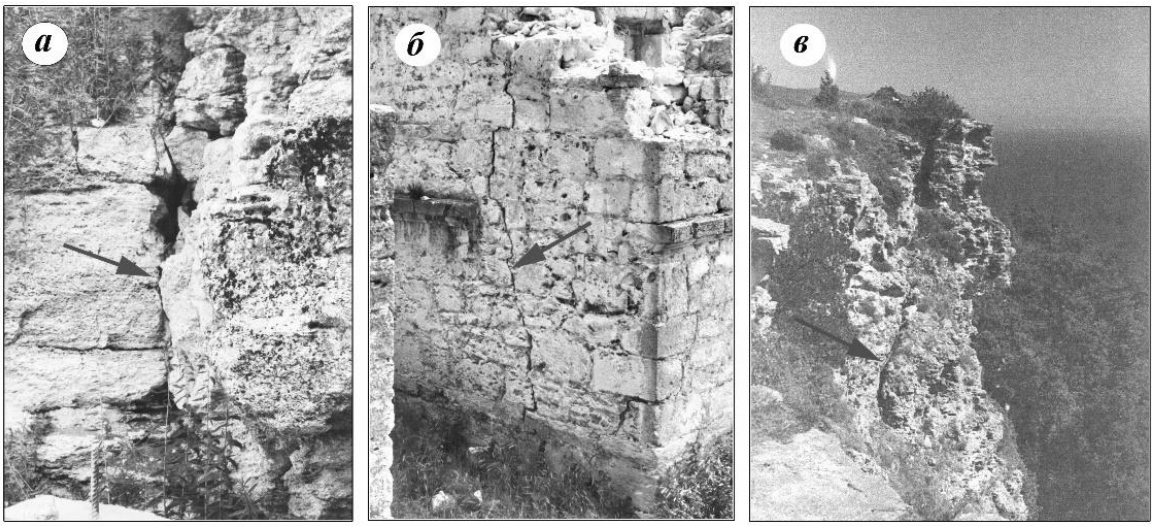


Рис. 3. Тектонические разрывы северо-западного (305÷310°) простирания (*указаны стрелками*): *а* – тектонический разрыв в известняках; *б* – трещина в строении, совпадающая с тектоническим разрывом в породах; *в* – трещина бокового отпора в обрыве сарматских известняков, развивающаяся по тектоническому разрыву.

Зона развития тектонических разрывов северо-восточного простирания (II зона на рис. 2) установлена за пределами территории храма Св. Георгия, хотя и в непосредственной близости от нее. Рассекая горный массив поперек береговых уступов, эта система нарушений, по-видимому, представляет меньшую опасность. Тем не менее, ее высокая тектоническая активность в новейшее время доказывается правосдвиговым смещением контакта среднеюрских вулканитов и миоценовых известняков вдоль зоны дробления северо-восточного простирания, которая зафиксирована к юго-востоку от храма.

Структурно-кинематический анализ разрывов исследуемой территории показал, что доминирующую роль здесь играют структуры диагональных (преимущественно – северо-западного) направлений, б*о*льшая часть которых (несмотря на сложную морфологию в сарматских известняках, раскрытость, прерывистость и прочие «нетектонические» признаки – рис. 3) имеет тектоническое происхождение. Они сформировались в поле инверсионных (противоположных), попеременно действующих тектонических напряжений широтного и меридионального сжатия.

В первом случае – в обстановке субширотного сжатия, образовались структурно-кинематические парагенезисы разрывов, представленные максимумами с ориентировками 310° и 295°, которые идентифицированы, соответственно, как *L*- и $R_{ш}$-сколы левосдвигового парагенезиса (рис. 4). Следует отметить, что в аналогичной обстановке реализовалось сильное землетрясение 06.08.1972 г. (M=4.8±0,2) в акватории Черного моря в относительной близости от исследуемого участка, которое ощущалось на значительной части западного побережья

Крыма на площади около 3 тыс. км^2 (включая г.г. Евпатория, Саки, Симферополь). Нодальные плоскости фокального механизма этого землетрясения [4] имеют диагональные ориентировки (с учетом погрешностей – 303÷312° и 35÷50°, средние значения – 308° и 42°). Вероятно, сейсмогенному разрыву в очаге отвечает нодальная плоскость NP1 северо-западной ориентировки, отражая левосдвиговую активизацию зоны трассирующегося к юго-западу от Севастополя надрегионального Одесско-Синопского разлома, в пределах которой произошло данное землетрясение. Обстановки субширотного сжатия обусловили также новейшую активизацию разрывов северо-восточной ориентировки, о чем свидетельствует правосдвиговое смещение вдоль контакта среднеюрских и миоценовых отложений (рис. 4).

Во втором случае – в условиях субмеридионального сжатия совместно с *L*-сколами северо-западного простирания (310°) формировались $R_м$-сколы с ориентировкой 320÷330°, образуя, таким образом, правосдвиговый парагенезис тектонических разрывов (рис. 4 *а*, *в*).

Оба указанных парагенезиса дополняют слабо проявленные структуры северо-восточного простирания, которые идентифицируются, соответственно, как право- и левосдвиговые *L′*- и *R′*-сколы. Разломы этих систем обусловили формирование овражно-балочной сети в юго-западной части Горного Крыма (балки Монастырская, Солты, Бермана и др.).

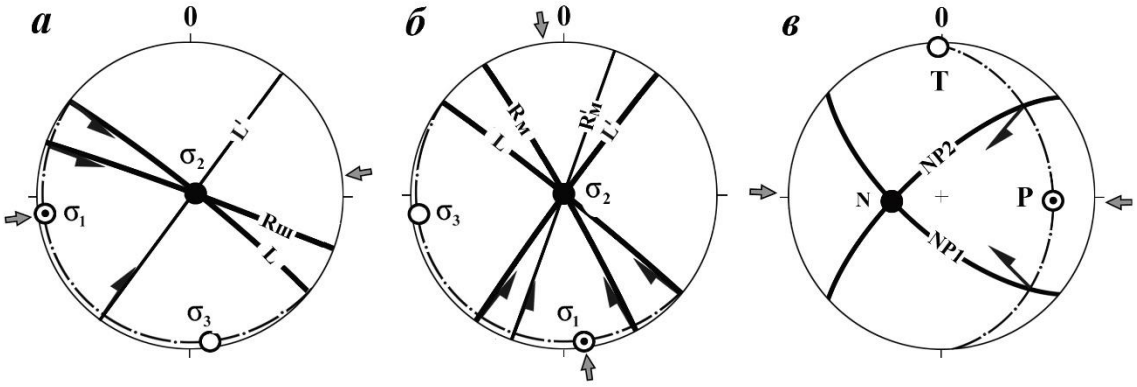


Рис. 4. Парагенезисы разрывных структур и обстановки их формирования: *а*, *б* – стереограммы (верхняя полусфера) парагенезисов широтного сжатия (*а*), меридионального сжатия (*б*); *в* – фокальный механизм землетрясения 06.08.1972 г. (по [4], нижняя полусфера). Индексами и стрелками обозначены типы сколовых структур и направления перемещения вдоль них: *L, L′, $R_ш$, $R′_ш$* – соответствующие обстановкам широтного сжатия; *L, L′, $R_м$, $R′_м$* – соответствующие обстановкам меридионального сжатия; *NP1* и *NP2* – нодальные плоскости механизма землетрясения 06.08.1972 г.; проекции осей сжатия σ_1 (P), промежуточной σ_2 (N) и растяжения σ_3 (T), соответственно, на стереограммах парагенезисов и в фокальном механизме. Стрелки вне стереограмм – направления сжатия.

Широкое распространение разрывов указанных парагенезисов является следствием динамического влияния разноранговых (надрегиональных, региональных) разломов северо-западного (Одесско-Синопский, Черноречeнский) или северо-восточного (Южнобережный, Предгорный) простираний. Установлено, что активизации этих структур в Крыму на новейшем этапе периодически происходила в обстановках как субширотного, так и субмеридионального сжатия [1].

На основании вышесказанного сделан вывод о том, что разрывы диагональной ориентировки обоих парагенезисов представляют реальную опасность для сооружений Свято-Георгиевского монастыря, поскольку их структурно-кинематические параметры удовлетворяют доминирующим новейшим и современным полям напряжений, вследствие чего возможна их реакция на проявления тектонической (или сейсмической) активизации близрасположенных зон диагональных разломов высокого ранга. Более того, в зависимости от экспозиции склона, направления и угла наклона разрывов северо-западной ориентировки в

условиях активной эрозии берегового склона, трещины обоих парагенезисов испытывают раскрытие под влиянием гравитационных сил, являя собой потенциальную угрозу обвалов (в результате опрокидывания находящихся в состоянии неустойчивого равновесия скальных массивов известняков) или оползания этих массивов. Спровоцировать опрокидывание или оползание блоков пород, расположенных в краевой части берегового уступа и отделенных от основного горного массива трещинами северо-западного простирания, могут интенсивные сейсмические воздействия (например, от землетрясения 11.09.1927 г.), а также чрезмерные техногенные нагрузки.

Опасность усугубляют разрывные структуры субмеридионального и субширотного простираний, которые, по-видимому, не представляют непосредственной угрозы с точки зрения образования обвально-оползневых срывов. Однако их наличие значительно облегчает возможность возникновения обвалов и оползаний по разрывам северо-западного простирания, поскольку ослабляет боковое сцепление неустойчивых блоков со смежными, более устойчивыми массивами горных пород.

Таким образом, по результатам геолого-структурных исследований территория Свято-Георгиевского монастыря отнесена к неблагоприятным в инженерно-геологическом и сейсмическом отношениях. Основная опасность обусловлена возможностью возникновения обвально-оползневых подвижек по тектоническим разрывам северо-западного простирания как в пределах уступа, ограничивающего на северо-востоке территорию монастыря, так и в основании самого монастыря. Триггером для активизации обвально-оползневых процессов могут послужить как экзогенные факторы, так и эндогенные (сейсмические) воздействия, поскольку территория характеризуется высоким уровнем сейсмической опасности: расчетная сейсмичность площадки монастыря составляет 8 баллов по шкале *MSK-64* при среднем периоде повторяемости подобных событий 1 раз в 500 лет [3].

Заключение по данному участку содержало рекомендации по обязательному применению антисейсмических мероприятий, соответствующих уровню прогнозируемых сейсмических воздействий, а также по возведению укрепительных сооружений с целью минимизации влияния обвально-оползневых процессов на территорию Свято-Георгиевского монастыря. Эти рекомендации были учтены в процессе восстановительных работ.

Статья подготовлена в рамках научной темы FZEG-2024-0016 Министерства науки и высшего образования РФ.

Литература.

1. Вольфман Ю.М. Деформационные режимы и кинематические обстановки новейшего тектонического разрывообразования в пределах Горного Крыма. 2 // Геофизический журнал. 2015. Т. 37, №1. С. 100-120.

2. Медведев С.В., Морозова Р.И. Каталог сильных землетрясений Крыма. – М.; Ин-т физики Земли (рукопись). 1962. 33 с.

3. Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации. Пояснительная записка к комплекту карт ОСР-2016 и список населенных пунктов, расположенных в сейсмоактивных зонах. / Гл. ред. В.И. Уломов, М.И. Богданов; сост.: В.И. Уломов, М.И. Богданов, В.Г. Трифонов и др. // Инженерные изыскания. 2016. № 7. С. 49–121.

4. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. К.: Наук. думка. 1989. 192 с.

TECTONIC FACTORS OF THE FORMATION OF LANDSLIDE STRUCTURES OF CAPE FIOLENT (IN THE AREA OF ST. GEORGE BALAKLAVA MONASTERY IN SEVASTOPOL)

Yu.M. Volfman, A.M. Ostanin, E.Ya. Kolesnikova;
Institute of seismology and geodynamics of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russia.
e-mail: seism.volf@gmail.com

Abstract. The article presents the results of studying the geological and structural conditions at Cape Fiolent in the area of St. George Monastery. Analysis of discontinuous structures has shown that the dominant role is played by discontinuities in diagonal (mainly north–westerly) directions, mostly of tectonic origin. They often become active as lateral rebound cracks, provoking landslide phenomena. Triggers for the activation of landslide processes can be both exogenous factors (marine abrasion of the base of the slope, erosion of its middle and upper parts) and endogenous processes (seismic impacts).

Key words: tectonic fractures, landslide processes, slope abrasion, deformations of buildings, seismic impacts.

УДК 550.83

КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КАК ЭТАП СОЗДАНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Ф.М.Голубев, И.Ю.Николаев, Д.С.Бородин, О.Л.Шалованов
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, Россия
e-mail:nikolaevoegi@yandex.ru

Аннотация: на основе многолетних исследований обосновано комплексирование геофизических методов для уточнения параметров геомеханических и геодинамических моделей процесса сдвижения при подземной выемке пластовых месторождений

Ключевые слова: комплексирование, сейсморазведка, электроразведка, мониторинг состояния массива, выемка пласта, трещиноватость

Геофизические исследования на угольных месторождениях традиционно направлены на комплексное изучение геологического строения разрабатываемых участков, физико-механических свойств угольных пластов и вмещающих пород, а также выявление факторов, влияющих на безопасность и эффективность горных работ. Основными задачами являются: идентификация тектонических нарушений, определение литологического состава и мощности пластов, оценка качества угля, обнаружение водоносных горизонтов, зон скоплений газа (в первую очередь метана), а также мониторинг состояния массива [1]. В практике применяются различные методы геофизических исследований, включая сейсморазведку, электроразведку, радиометрические методы и каротаж скважин. Обработка полученных данных позволяет оптимизировать проектные решения при разработке месторождений, минимизировать экологические риски и повысить экономическую эффективность эксплуатации.

Наземные методы геофизических наблюдений характеризуются низким уровнем воздействия на геологическую среду и могут применяться непрерывно при благоприятных внешних условиях. В отличие от этого, методы, основанные на непосредственном контакте с горными породами, зачастую приводят к изменению их природного состояния, что снижает достоверность получаемых результатов и нарушает корректность проведения физического эксперимента. Кроме того, геофизические методы являются менее затратными и более оперативными по сравнению с большинством иных способов геологического исследования. Массовость наблюдений и системный подход обеспечивают высокую степень

информативности, способствуют построению геологических моделей, что, в свою очередь, представляет собой завершающий этап литомониторинга и формирует основу для прогноза изменений геологической среды под влиянием техногенных факторов. Эффективность геофизических методов обусловлена, в том числе, уровнем развития алгоритмов обработки информации, достоверностью геологической интерпретации данных, корректным моделированием процессов формирования и изменения физических полей в условиях техногенно нарушенных геосистем, а также наличием специализированного программного обеспечения.

Постановка задач по выявлению и картированию трещиноватых зон и разрывных тектонических нарушений в угленосных толщах обусловлена петрофизическими особенностями углесодержащих пород и изменениями их свойств в зонах напряжённо-деформированного состояния [2-4]. В условиях Донбасса установлена зависимость между протяжённостью разломов, амплитудой сдвига, мощностью зоны нарушенных пород и степенью изменения их физических характеристик.

Физические принципы применения геофизических методов, включая электрометрию, основаны на увеличении контрастности геофизических аномалий (на 30–50%) за счёт трещиноватости, уплотнения, расслоения пород и других проявлений деформационных процессов в зонах накопления упругой энергии [5]. Одним из наиболее перспективных методов, применяемых для структурно-тектонического анализа угольных месторождений, является сейсморазведка. Идентификация разрывных нарушений в рамках данного метода осуществляется путём сопоставления экспериментальных данных с расчётными моделями годографов и анализа соответствующих сейсмических аномалий. Подбор параметров моделей возможен при наличии достоверной информации о геологических и физических свойствах разрывных нарушений в естественных условиях.

Разработка методических подходов к сейсмической диагностике дизъюнктивных нарушений в угленосных толщах требует поэтапного решения комплекса задач, включающего исследование геолого-физических характеристик объектов, теоретическое моделирование сейсмических полей, формирование методик сбора, обработки и интерпретации данных, направленных на выделение аномалий, ассоциированных с зонами нарушений.

Опыт геофизических исследований в Донбассе [6] показал целесообразность применения комплекса методов, включающего сейсморазведку по технологии общей глубинной точки, корреляционный анализ преломлённых волн и метод вертикального электрического зондирования, для изучения трещиноватых зон в районах обрушения пород в процессе угледобычи.

ФГБНУ «РАНИМИ» располагает значительным практическим опытом в области прогноза и картирования разрывных и трещиноватых зон в угленосных толщинах, что обусловлено приоритетностью сейсмических исследований в рамках его научной деятельности. Однако, несмотря на достигнутые результаты, вопросам целенаправленного сейсмического изучения тектонических разрывов, непосредственно связанных с деформационными процессами и смещениями земной поверхности, уделялось недостаточное внимание. Указанное обстоятельство следует учитывать при планировании комплексных геофизических работ, направленных на повышение надёжности прогноза геодинамических процессов.

Комплексное применение методов сейсмо- и электрометрии позволяют уточнять физико-механические свойства отдельных участков горного массива, что предоставляет возможность на основании натурных наблюдений вносить поправки в целый ряд геомеханических и геодинамических моделей, уточнять процесс сдвижения при подземной выемке пластовых месторождений, определять базовые параметры зон трещиноватости. Результаты комплексного исследования могут использоваться как при отработке или затоплении отдельных выработок, так и при ликвидации горнодобывающих предприятий.

Литература.
1. Николаев, И. Ю. Геофизические методы при изучении подработанного углепородного массива / И. Ю. Николаев, О. Л. Шалованов // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. – М.: ИПКОН РАН, 2024. – С. 176–179.
2. Голубев, Ф. М. О возможности прогноза зоны разуплотнения пород над отработанным пространством сейсмическим методом / Ф.М. Голубев, А. А. Глухов, В. А. Анциферов // Журнал теоретической и прикладной механики. – Донецк, 2024. - №2 (87). – С. 66-74.
3. Борисенко, Э. В. Прогноз сдвижений земной поверхности на основе исследования деформационных свойств водонасыщенных горных пород/ Э. В. Борисенко, Ф. М. Голубев, С. А. Попович // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – Новосибирск, 2024. – № 5. – С. 73–80.
4. Голубев, Ф. М. Особенности применения геофизических методов для решения геомеханических задач / Ф. М. Голубев, А. Ю. Грицаенко // Труды РАНИМИ. – Донецк, 2024. – № 3 (41). – С. 192–201.
5. Иванов, Л. А. О возможностях изучения электрических свойств подработанного углепородного массива / Л. А. Иванов, И. Ю. Николаев, О. Л. Шалованов // Труды РАНИМИ. – Донецк, 2024. – № 2(40). – С. 106–118.
6. Бородин, Д. С. К обоснованию применения комплекса геофизических методов для изучения активизации негативных геодинамических процессов на подработанных территориях / Д. С. Бородин, О. Л. Шалованов // Труды РАНИМИ. – Донецк, 2024. – № 3 (41). – С. 173–186.

A COMPLEX OF GEOPHYSICAL METHODS AS A STAGE IN THE DEVELOPMENT OF GEODYNAMIC MODELS

Ph.M.Golubev, I.Yu.Nikolaev, D.S.Borodin, O.L.Shalovanov
Federal State Budgetary Scientific Institution "Republican Academic Research and Design Institute of Mining Geology, Geomechanics, Geophysics, and Mine Surveying," Donetsk, Russia
e-mail:nikolaevoegi@yandex.ru

Abstract: Based on many years of research, the integration of geophysical methods has been substantiated to refine the parameters of geomechanical and geodynamic models of the displacement process during underground mining of stratified deposits.
Keywords: integration, seismic exploration, electrical prospecting, rock mass condition monitoring, seam extraction, fracturing

УДК 553.3+556.3

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ МЕДНО-КОЛЧЕДАННЫХ И МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА

Н.В. Гончар[1], И.А. Антонова[2], О. М. Гуман[2]
[1]АО «Русская медная компания», г. Екатеринбург, Россия
[2]ООО «Уралгеопроект», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: Guman2007@mail.ru

Аннотация: Палеотектоническая позиция, продуктивные вулканогенные формации, преобладающий состав и текстуры промышленных руд , главные и второстепенные минералы рудных зон, содержания химических элементов в рудах, история освоения месторождения определяют комплекс изысканий на медно-колчеданных и медно-порфировых месторождениях, направленных на изучение основных факторов, формирующих экологическую, инженерно-геологическую и гидрогеологическую ситуации на рудных месторождениях Уральского региона.

Ключевые слова: Медно-колчеданные, медно-порфировые месторождения, техногенез, комплексные изыскания; факторы, состав изысканий, фоновые характеристики, геологоразведочные работы.

Медь занимает третье место по объемам производства и потребления среди базовых промышленных металлов (после железа и алюминия) и используется в многочисленных электротехнических приложениях как проводник электричества, в сплавах различного назначения (латунь, бронза, мельхиор и др.), в химических соединениях меди для производства антисептиков, микроудобрений, катализаторов окислительных процессов и других назначений. Медь включена в национальный перечень основных видов стратегического минерального сырья [4]. Основу сырьевой базы меди России составляют объекты сульфидного медно-никелевого, медно-порфирового, медно-колчеданного и стратиформного геолого-промышленных типов. Основная добыча сконцентрирована на сульфидных медно-никелевых и медно-колчеданных месторождениях, а также увеличиваются объемы добычи на медно-порфировых объектах.

Уральский регион по-прежнему остается лидирующим по количеству добываемой меди, рис.1.

История изучения рудных месторождений на Урале начинается от доисторического периода или «чудских» копей, последовательно в XVII, XVIII, XIX веках [12], в XX веке построены основные металлургические заводы, в XXI – начинается разработка менее богатых месторождений и реконструкция старых заводов, а также строительство новых с комплексным извлечением руд.

Наблюдается тенденция доработки ранее остановленных месторождений на больших глубинах, или с меньшими запасами, или тех промышленных типов, которые ранее считались не рентабельными (например, медно-порфировые), большой интерес и к техногенным месторождениям. Горные работы сопровождаются строительством карьеров, шахт, обогатительных фабрик, гидротехнических сооружений, хвостохранилищ, складов, механических мастерских и других, а также формированием отвалов. Строительство всех объектов начинается после прохождения проектно-изыскательской документации в Государственной (негосударственной) экспертизе.

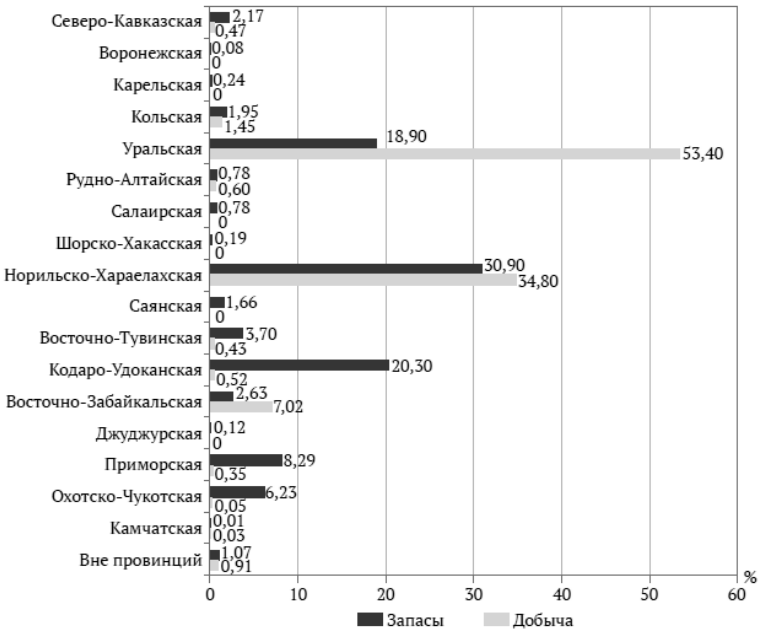


Рис. 1 - Доли запасов и добычи (в 2021 г.) меди по провинциям от общих показателей по Российской Федерации [4]. По данным Государственных докладов Минприроды (https://www.mnr.gov.ru)

Сложность изысканий состоит в следующем: большая часть геологических и гидрогеологических работ выполняется на стадии разведки; техногенные ландшафты, поля напряжений и процессы, гидродинамический режим исключают формализованный подход и требуют знаний по истории развития объектов, с поверхности залегают мощные толщи техногенных грунтов, в разрезах присутствуют старые горные выработки, заполненные водой, создающие аварийные ситуации при последующей проходке и провоцирующие просадки на поверхности земли [10]. Для таких объектов геофизические методы исследований становятся основными при изучении строения массивов.

Основные факторы, формирующие экологическую ситуацию на рудных месторождениях Уральского региона, делятся на следующие группы [3, 8]:

- геологический, включающий особенности геологического строения и естественную радиоактивность территории;
- металлогенический, учитывающий типы и интенсивность рудогенеза;
- климатический и ландшафтно-геохимический, определяющие особенности миграции и накопления элементов в окружающей среде,
- гидрогеологический, учитывающий особенности химического состава природных и техногенных вод и их гидродинамический режим при разработке месторождений;
- техногенный, учитывающий историю освоения месторождения.

Геологический фактор определяет структуру массива пород, физико-механические свойства пород, наличие специфических грунтов и связанных с ними инженерно-геологических процессов, состав коренного субстрата, который в значительной мере влияет на геохимическую характеристику почв. За счет экзогенного преобразования коренных пород формируется большинство грунтов - элювиальных, делювиальных, делювиально-элювиальных, коллювиальных и делювиально-коллювиальных отложений, которые наследуют состав материнских коренных пород и транспонируют его почвенному покрову. Важна роль вертикального инженерно-геологического и геохимического опробования при изысканиях.

При решении экологических задач важно иметь представление о положении основного (содержащего полезное ископаемого) геолого-структурного яруса относительно поверхности земли. При наличии мощного покрывающего яруса, отличающего химическим составом пород и подземных вод, именно он будет влиять на формирование химического состава почв, поверхностных и подземных вод района изысканий [6]. Так, рудные месторождения, расположенные в зоне сочленения горно-складчатого Урала и платформенных отложений Западно-Сибирской плиты, характеризуются наличием покровных толщ различной мощности, которые препятствуют унаследованию геохимических аномалий рудных зон, что проявляется в удовлетворительном экологическом состоянии почв. Водоносные горизонты верхних этажей отличаются повышенной водообильностью и водопроводимостью в отличие от пород фундамента, что приводит к нейтрализации и разбавлению кислых металлоносных триас-юрских и палеозойских вод.

Металлогенический фактор определяет природные фоновые характеристики в различных компонентах окружающей среды, которые, с одной стороны, являются критерием степени воздействия, а с другой - участвуют в различных расчетах при прогнозировании и нормировании. Именно минералы, спектр которых обусловлен геохимической специализацией рудной формации, в конечном итоге определяют природный и техногенный гидрогеохимический фон.

Минеральный состав рудных толщ играет важную роль при инженерно-экологических изысканиях, т.к. определяет химический (унаследованный) состав почв, макрокомпонентный состав поверхностной и подземной воды, состав микроэлементов в воде, а также агрессивность грунтов и воды. Сравнительный анализ медно-колчеданных и медно-порфировых руд приведен в таблице 1 по материалам [11].

Таблица 1.

Сравнительный анализ медно-колчеданных и медно-порфировых месторождений

Характеристики месторождений	Колчеданные месторождения (уральский тип)	Меднопорфировые месторождения
Палеотектоническая позиция	Первично-геосинклинальные палеовулканические пояса и зоны	Вторично-геосинклинальные зоны. Раннепалеозойские эвгеосинклинальные комплексы
Продуктивные формации вулканогенных (вулканогенно-осадочных) пород	Базальт-риолитовая, базальт-андезит-дацит-риолитовая	Вулканиты базальт-андезит-дацит-риолитовой формации
Преобладающий состав промышленных руд	Медные, медно-цинковые, цинковые, пласто- и линзообразные залежи, текстура массивная, полосчатая, вкрапленная	Медно-молибденовые, штокверки, прожилково-вкрапленная, вкрапленная текстура
Главные минералы руд	Пирит, халькопирит, сфалерит	Пирит, халькопирит, халькозин, молибденит
Широко распространенные	Борнит (иногда главный)	Пирротин, барит, борнит, бравоит
Средние содержания меди, цинка, свинца (%), золота, серебра (г/т)	Cu – 1,36; Zn – 1,45; Pb – 0,08; Au – 1,05; Ag – 16,3	Cu – 0,4 Mo – 0,002-0,014 Au – 0,1-0,2 Ag – 0,75-1,0
Примеры рудных районов, месторождений и рудопроявлений	Тарньерское. Шемурское, Ново-Шемурское. Левихинско-Карпушихинская группы, им. III Интернационала Дегтярское, Учалинское, Блявинское, Бурибаевское, Юбилейное, Гайское	Биргильдинско-Томинская группа меднопорфировых месторождений, Михеевское, Тарутинское, Новониколаевское

Освоение месторождений приводит к вовлечению химических элементов в активную геохимическую миграцию и накоплению их в депонирующих средах, нередко в токсичных концентрациях. Это определяет роль латерального опробования. Целесообразно в качестве фоновых характеристик использовать те, которые получены в процессе геологоразведочных работ или были определены в ходе изысканий на этапе территориального планирования.

Климатический и ландшафтно-геохимический факторы проявляются в наличии широтной и высотной зональности: в горно-лесной зоне развиты транзитные и рассеивающие геосистемы, основная функция которых при техногенном воздействии - рассеяние и транспортировка; в пределах лесостепной зоны формируются транзитные и аккумулирующие геосистемы; степной зоне с дефицитом водных ресурсов отвечают геосистемы, осуществляющие накопление водорастворимых солей на испарительных барьерах. Расположение объектов в различных климатических зонах определяет выбор технологии очистки загрязненных стоков, что влияет на перечень определяемых показателей при изысканиях.

Гидрогеологический фактор определяет поведение грунтов при увлажнении и осушении, агрессивность по отношению к строительным объектам, размеры зоны загрязнения подземным стоком, площади зон осушения при дренажных работах, влияние при разгрузке подземного потока в реки и сбросах дренажных, подотвальных и сточных вод на поверхностные воды и их обитателей.

Общий химический состав природной воды определяется его макрокомпонентами (более 99 %) – растворенными веществами, состоящими из анионов и катионов, микроэлементы встречаются в природных водах в очень малых концентрациях (микрограммы на 1 л). Это типичные катионы (Li^+, Rb^+, Cs^+, Be^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+} и др.), анионы (Br^-, I^-, F^- и др.), ионы тяжелых металлов (Cu^{2+}, Ag^+, Au^+, Pb^+, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Ni^{2+}, Co^{2+} и др.) и радиоактивные

элементы. В водах рудных месторождений содержания микроэлементов резко увеличивается, многие из них переходят в макроэлементы (Fe, Al, Cu, Zn, Mn, NO_3^- и др.). разгружаясь, рудничные и подотвальные воды насыщаются микроэлементами, превышающими ПДК для водохозяйственного и рыбохозяйственного назначения на 1-2 порядка [2]. Изучение состава воды на медноколчеданных месторождениях, которые начинают дорабатываться в настоящее время, показало, что подотвальные воды и воды в пониженных частях рельефа имеют меньшие значения pH и более насыщены тяжелыми металлами, чем шахтные воды из заброшенных горных выработок. Состав подземной воды на медно-порфировом месторождении в процессе разработки карьера на этапе разведки и эксплуатации не изменился, что связано с металлогеническим фактором.

Оценить токсичность элементов во всех средах предложено в следующих работах [5, 13]. Для этого можно использовать значения отношений, полученных в результате термодинамического моделирования ((Cu+Zn)/S; Zn/Cu, Ba/Zn, Ag/Cu, Pb/Cu, Sb/ As, Ba/Co, Ni/Co, Au/Co, As/Co, Au/Fe), что может быть полезно для экологической оценки медных месторождений.

В зоне влияния горных выработок и техногенных образований формируются обширные гидрогеохимические поля аномально кислых сульфатных вод, характеризующихся высокой концентрацией тяжелых металлов и других элементов, среди которых выделяют две группы [1]. Первую составляют халькофильные элементы самих окисляющихся сульфидов: Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Co, Ni, As, Mo, Se, Te. Ко второй группе относятся элементы, переходящие в агрессивные кислые воды из вмещающих пород: Al, Be, Si, Sc, Ga, Nb, Li, Cs и др. Среди элементов, присутствующих в сточных водах горных предприятий, экологически наиболее опасны не сами типоморфные элементы месторождений (Cu, Zn, Pb), а микроэлементы-спутники, такие как Cd, Hg, As, Sb, имеющие минимальные ПДК в питьевой воде.

Техногенный фактор определяет зависимость свойств природной среды в горнодобывающих регионах от этапа освоения и способа отработки месторождения, технологии ведения горных работ, наличия объектов обогащения полезных ископаемых, отвалов вскрышных пород, хвостохранилищ и п.т. Т.е. состояние компонентов природной среды в горнодобывающих регионах определяется как природными, так и техногенными факторами. Чем дольше в регионе идет добыча полезных ископаемых, тем большее влияние оказывают техногенные факторы. Особенно когда появляются новые способы извлечения полезных компонентов – кучное выщелачивание, выщелачивание «in sity» и др. На рудных месторождениях отработка начинается с поверхности – открытым способом, по мере погружения рудных тел – подземным способом. Чаще выщелачиванию подвержены отвалы вскрышных или вмещающих пород и коры выветривания. Без знания истории развития региона невозможно оценить причины современного состояния компонентов окружающей среды [8, 10].

Медноколчеданные месторождения на Урале не только самые богатые по руде, но и самые экологически опасные. При разработке формируется техногенный рельеф на территориях, превышающий по площади горные отводы. Процесс понижения рельефа при обрушении горных выработок сопровождается накоплением шахтных вод при отключении водоотлива, атмосферные осадки, попадающие в техногенные массивы, формируют кислые воды, меняют экологическую ситуацию на территориях распространения поверхностного стока, процессы самоочищения длительные – десятки и может быть сотни лет, что позволяет рассматривать эти последствия как критические для прилегающих территорий [9].

Медно-порфировые месторождения из-за своих больших размеров и бедных содержаний меди имеют особенности при их разработке, связанные с формированием отрытых горных выработок и отвалов, занимающих большие площади. Благодаря низким содержаниям сульфидных минералов в горных породах медно-порфировых месторождений процессы нейтрализации доминируют над процессами окисления. Кислые воды не образуются, а концентрация тяжёлых металлов в карьерных и подотвальных водах на порядки ниже, чем, к примеру, на колчеданных месторождениях, так как в околонейтральной среде

подвижность тяжёлых металлов низка. Для природной гидросферы такие воды не представляют высокой опасности, в отличие от токсичных вод медно-колчеданных месторождений [7].

Основные факторы, определяющие выбор методов изысканий, сведены в таблицу 2.

Таблица 2.

Факторы, определяющие выбор методов изысканий

Условия	Медно-колчеданные	Медно-порфировые
Местоположение рудных зон	Доработка на больших глубинах или с меньшим содержанием руд	Вновь отрабатываемые месторождения
Состояние ПТС	Территории, подверженные техногенезу	Природные территории, не охваченные горными работами. Подверженные техногенезу по мере освоения
Геохимические поля	Токсичные	Природные, нетоксичные
Геодинамические условия	Техногенные	Природные, техногенные по мере освоения
Подземные воды	Агрессивные за счет низких значений pH	Слабоагрессивные за счет наличия $CO_{2\ агрс.}$
Техногенное подтопление	Кислыми агрессивными водами в местах размещения отходов	Относительно чистыми водами в местах размещения отходов

При изучении природных условий на месторождениях очень важно объединять все виды изысканий в единую систему, т.к. многообразие процессов, особенно на этапе разработки месторождения, зависит от множества факторов, которые изучаются в рамках разных видов изысканий: поверхностный сток, количество атмосферных осадков, испаряемость, направление ветра и т.п. – при гидрометеорологических; рельеф, направление поверхностного и подземного стока, заболоченность территории – при инженерно-геодезических; физико-механические свойства грунтов, их реакция на увлажнение, инженерно-геологические процессы - при инженерно-геологических. Природно-техническая система (ПТС) месторождений сложная, быстро меняющаяся во времени, вся динамика определяется открытой выемкой – размеры депрессионной воронки, сдвижения уступов, уплотнение грунтов при осушении, или формирование техногенной верховодки при наличии отвалов вскрышных пород. Важно элементы управления ПТС закладывать на этапе изысканий.

Литература.

1. Абдрахманов Р. Ф. Гидрогеохимия горнорудных районов / Р. Ф. Абдрахманов, Р. М. Ахметов // Геохимия. – 2016. – № 9. – С. 829-840. – DOI 10.7868/S0016752516080021. – EDN UBWMWF.

2. Абдрахманов Р. Ф. Геохимия микроэлементов в рудничных и подотвальных водах Южного Урала / Р. Ф. Абдрахманов, Р. М. Ахметов // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2015. – № 2. – С. 38-47. – EDN TYMNUL.

3. Белан Л. Н. Геоэкологические основы природно-техногенных экосистем горнорудных районов Башкортостана: автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук: 25.00.36 / Всерос. науч.-исслед. ин-т минерального сырья им. Н.М. Федоровского. - Москва, 2007. - 50 с.

4. Боярко Г. Ю. Минерально-сырьевая база меди России: состояние, возможности развития / Г. Ю. Боярко, А. М. Лаптева, Л. М. Болсуновская // Горные науки и технологии. – 2024. – Т. 9, № 4. – С. 352-386. – DOI 10.17073/2500-0632-2024-05-248. – EDN CZMDOD.

5. Голева Р. В., Иванов В. В., Куприянова И. И., Маринов В. Н. и др. Экологическая оценка потенциальной токсичности рудных месторождений (методические рекомендации), ВИМС, М., 2001 г., 53 с.
6. Гончар Н. В. и др. Геоэкологические особенности месторождений полезных ископаемых в зоне сочленения Урала и Западно-Сибирской плиты / Макаров А. Б., Гуман О. М., Антонова И. А., Вегнер-Козлова Е. О. //Известия УГГУ. 2025. Вып. 2 (78). С. 98–108. DOI 10.21440/2307-2091-2025-2-98-108.
7. Гончар Н. В. И др. Оценка защищенности водной среды при разработке крупных месторождений медно-порфировых руд / Н. В. Гончар, И. А. Четверкин, А. И. Вишняк, И. В. Стариков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – № 12-2. – С. 16-26. – DOI 10.25018/0236_1493_2023_122_0_16. – EDN PWREDG.
8. Гуман О. М. Особенности инженерно-экологических изысканий в горнодобывающих регионах / О. М. Гуман, И. А. Антонова // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы : V Международная научно-практическая конференция (Посвящается Году экологии в России; Третьей годовщине присоединения Крыма к России; Столетию Воронежского Государственного университета; 10-летию кафедры экологической геологии геологического факультета Воронежского государственного университета), Севастополь, 13–15 сентября 2017 года. – Севастополь: Научная книга, 2017. – С. 120-123. – EDN ZMIAXV.
9. Гуман О. М. Экологические последствия разработки месторождений меди на Урале / О. М. Гуман, И. А. Антонова, Н. В. Гончар // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: Материалы восьмой научно-практической конференции, Воронеж, 10–13 сентября 2023 года. – Воронеж: ООО рекламно-издательская фирма «Кварта», 2023. – С. 127-132. – EDN TYYZQE.
10. Елохина С. Н. Горнорудный техногенез постэксплуатационной стадии на территории Урала / С. Н. Елохина // Литосфера. – 2013. – № 5. – С. 151-164. – EDN PWEGWD.
11. Контарь Е. С. Геолого-промышленные типы месторождений меди, цинка, свинца на Урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы): научная монография / Е. С. Контарь; Департамент по недропользованию по Уральскому федеральному округу (Уралнедра). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013 – 199 с. ISBN 978-5-8019-0303-3.
12. Прокин В. А. История изучения и промышленного освоения рудных месторождений Урала / В. А. Прокин // Литосфера. – 2008. – № 1. – С. 100-119. – EDN JVHJDZ.
13. Токсичные элементы в колчеданообразующих системах / В. В. Масленников, Н. Р. Аюпова, С. П. Масленникова [и др.]. – Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2014. – 340 с. – ISBN 978-5-7691-2411-2. – EDN TZCBCP.

ENGINEERING SURVEYS IN THE TERRITORIES OF COPPER-PYRITE AND COPPER-PORPHYRY DEPOSITS IN THE URALS

N.V. Gonchar[1], I.A. Antonova[2], O.M. Guman[2]

[1]JSC Russian Copper Company, Yekaterinburg, Russia [2]LLC Uralgeoproekt, Yekaterinburg, Russia

e-mail: Guman2007@mail.ru

Abstract: The paleotectonic position, productive volcanic formations, predominant composition and textures of industrial ores, main and secondary minerals of ore zones, chemical element contents in ores, and the history of deposit development determine a set of studies at copper-pyrite and copper-porphyry deposits aimed at studying the main factors that shape the environmental, engineering-geological, and hydrogeological situations at ore deposits in the Ural region.

Keywords: Copper-pyrite, copper-porphyry deposits, technogenesis, complex surveys; factors, survey composition, background characteristics, geological exploration.

УДК 528.8, 504.064.47

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК В ПРЕДЕЛАХ НЕУДОБИЙ ТЕРРИТОРИИ Г. ВОРОНЕЖА И ИХ ОЧИСТКА

И.И Косинова., А.А.Курышев, В.Н Нетеса.
ФГ БОУ ВО «Воронежский государственный университет, г.Воронеж, Россия

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные признаки и закономерности для дешифрирования несанкционированных свалок на космических снимках. Проведено дешифрирование космических снимков высокого разрешения в пределах отдельных участков неудобий на территории г. Воронежа. Обозначены зоны для дальнейшего детального обследования и заверки результатов дешифрирования. В ходе полевых работ проведена расчистка территории от несанкционированных свалок.

Ключевые слова: несанкционированные свалки, воздействие на окружающую среду, неудобья, дешифрирование космических снимков, картографические сервисы.

Работы проведены в рамках проекта конкурса премий экологической акции «Родные берега».

Несанкционированные свалки являются одним из значимых факторов загрязнения окружающей среды. Они оказывают негативное воздействие на природные компоненты: атмосферу, водные источники, почву, растительный и животный мир. Их своевременное обнаружение и ликвидация являются достаточно важной и в тоже время сложной задачей. Первые предложения по использованию космических снимков для обнаружения несанкционированных свалок появились в отечественной литературе после с середины 10-х годов [1].

Цель работы – выявить основные признаки и закономерности для дешифрирования несанкционированных свалок на космических снимках.

Объект исследования – неудобья в пределах территории в г. Воронежа.

Неудобья – это участки местности, неудобные для пахоты, механизированной обработки почвы, такие как: овраги, болота, гари, нарушенные земли и прочие участки, которые по своему состоянию в данный момент не могут быть использованы в качестве продуктивных земель [2].

Для дешифрирования несанкционированных свалок на космических снимках используются пространственные и спектральные признаки, а также закономерности их расположения относительно других объектов.

Пространственные признаки:

– контуры свалок обычно неправильной вытянутой формы.

Спектральные признаки:

– состав коммунальных отходов свалок дает на снимках белые, светло-серые, серые, желто-голубые оттенки;

– текстура мелкозернистая за счет неровностей поверхности свалок;

Чаще всего несанкционированные свалки встречаются вблизи следующих объектов:

– берега рек и иных водоемов;

– в жилых массивах располагаются в зоне коммунальных построек (сараев, гаражей);

– в периферийной части населенного пункта, дачных и гаражных массивах;

– места редкой застройки, пустыри, рвы;

– отдаленные свалки – вдоль дорожной сети;

– места неорганизованного отдыха горожан.

В качестве площадки для заверки результатов дешифрирования космических снимков была выбрана территория Коровьего Лога. В окрестностях которого был выполнен поиск потенциальных источников несанкционированных свалок и анализ текстуры на космоснимках высокого разрешения. Изначально функция Коровьего лога была в том, что он собирал все

ливневые стоки со всей прилегающей территории и выводил их в реку Воронеж. Затем в 70-х годах была построена дорога по улице Ломоносова, возведена насыпь, построены железная, автомобильная дороги, трамвайные пути. Водоток был перекрыт и вода начала собираться там, где сейчас парк Динамо, образовалось огромное болото. В 90-х годах парк Динамо не функционировал, превратился в свалку. Однако позже была проведена его реконструкция, территория парка была поднята, но в Коровьем логе, временные водотоки остались, образуя в низовьях речку. И всё это инфильтруется, загрязняя грунты зоны аэрации и, вероятно, залегающие близко к поверхности водоносные горизонты. Сейчас же стали сбрасывать и сточные воды. В конечном итоге, загрязнение проникает в четвертичный водоносный горизонт, используемый для питьевого водоснабжения. Данное обстоятельство подтверждает комплексный характер влияния несанкционированных свалок на компоненты окружающей среды.

Исходными данными для анализа послужили спутниковые снимки от компании Maxar Technologies высокого разрешения за период с 2004 по 2025 год [3]. Для повышения достоверности распознавания объектов на космических снимках использовался способ сравнительного дешифрирования разновременных изображений территории, полученных с различными временными интервалами и в разные сезоны года [4]. В общей сложности было обработано более 30 комических снимков.

Выявленные на космоснимках области потенциального расположения несанкционированных свалок были детально обследованы в ходе полевых работ для заверки критериев распознавания и оконтуривания областей распространения. После чего выявленные участки несанкционированных свалок были очищены.

Для оптимизации работ по расчистке территории составлена интерактивная карта, включающая в себя результаты дешифрирования космических снимков и полевых работ (рис. 1).

Рис. 1 – Карта участков несанкционированных мест складирования отходов в районе Коровьего Лога

Подобная карта может стать основой для разработки открытого картографического сервиса для сбора данных и публикации результатов работ по очистке территории от несанкционированных свалок. Неравнодушные к проблемам загрязнения окружающей среды граждане и общественные смогут отмечать на карте известные им участки расположения несанкционированных свалок красными метками, а организации, занимающиеся расчисткой территории, оценивать объемы и стоимость работ. После проведения расчистки территории участки могут быть отмечены зелеными метками, что позволит упростить процедуру общественного контроля.

Подводя итоги, по результатам выполненных работ, следует отметить, что, несмотря на фрагментарный характер распространения, воздействие несанкционированных свалок охватывает существенные площади в районе их размещения. Особенно высокий уровень загрязнения фиксируется в зонах, где сочетается скопление разного видов отходов и сточных вод. Для таких объектов необходимо площадное обследование с обязательным выявлением причин и источников загрязнения. Загрязнения почв и грунтов является наиболее стабильным и трудно устранимым, поэтому его изучению должно уделяться повышенное внимание. В результате значительно возрастает вероятность загрязнения подземных водоносных горизонтов, опасность которого может быть оценена путем последующих детальных эколого-гидрогеологических исследований [5].

Таким образом, в ходе исследования была выявлена специфика дешифрирования несанкционированных свалок на космических снимках, а также установлены источники, являющиеся причиной экологических нарушений. И в этой связи необходимо принятие конкретных мер по ликвидации формирования экологически опасных объектов в зоне отдыха горожан, а также в зоне их проживания. В свою очередь применение дешифрирования космических снимков при поиске несанкционированных свалок позволило оперативно обозначить зоны для дальнейшего детального обследования в ходе полевых работ. Продолжение развития данных методов, совершенствование технологий и дальнейшая интеграция космических данных в процессы принятия решений позволят повысить эффективность борьбы с проблемой образования несанкционированных свалок.

Литература.

7. Безуглый, Т.А. «Визуальный спутниковый поиск незаконных свалок»: алгоритм поиска незаконных свалок твердых бытовых и строительных отходов с использованием спутниковых снимков : учебное пособие / Т. А. Безуглый. – Челябинск : АНО «Центр Экопатология», 2022. – 49 с.
8. Российская Федерация. Правительство. Министерство экономического развития Российской Федерации. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии: Письмо Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 10.11.2015 № 19-исх/16056-СМ/15 // https://rulaws.ru/acts/Pismo-Rosreestra-ot-10.11.2015-N-19-ish_16056-SM_15/ – Загл. с экрана. – 2024. – 10 февраля / Текст: электронный.
9. Сбор видеоданных об объектах местности в сети интернет. Учебное пособие по учебным дисциплинам «Геоинформационные системы и технологии», «Проектирование и эксплуатация природно-ресурсных ГИС», «Сбор геопространственных данных». – М.: МИИГАиК, 2012 г., – 66 с.
10. Дряхлов, В. О. Инженерно-экологические изыскания : учебно-методическое пособие : / В. О. Дряхлов ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2022. – 88 с.
11. Методы эколого-геологических исследований и рациональное недропользование : учебник / И. И. Косинова, О. М. Гуман, В. А. Бударина, В. В. Ильяш. Москва : Научная книга, 2022. 348 с.

UNAUTHORIZED LANDFILLS LOCATIONS REMOTE SENSING WITHIN THE INCONVENIENCES OF THE VORONEZH TERRITORY AND THEIR CLEANING

Kosinova I.I., Prof., Dr. of Sc., Kuryshev A.A., Ass. Prof., Cand. of Sc., Netesa V.N., magistr
Voronezh State University, Voronezh, Russia
e-mail: kaa@geol.vsu.ru

Abstract. This article discusses the main signs and patterns for decoding unauthorized landfills in satellite images. High-resolution satellite images were deciphered within individual sections of the inconveniences on the Voronezh territory. The zones have been designated for further detailed examination and verification of the decryption results. During the field work, the unauthorized landfills territory was cleared.

Keywords: unauthorized landfills, environmental impact, inconvenience, satellite images decryption, cartographic services.

УДК.622.550.834

МОНИТОРИНГ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ И В ПОДРАБОТАННЫХ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЯ МАССИВАХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ИХ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТОДОМ ЕИЭМПЗ

И.В. Кузнецов

Научный центр «Рациональное использование природно-ресурсного потенциала Республики Крым», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

mail: inkuznets@gmail.com

Аннотация. В статье приводятся краткие теоретические основы метода геофизики – регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) и даётся концептуальное обоснование возможности применения метода для оценки и прогноза опасных геодинамических процессов, развивающихся в техногенно нарушенных массивах пород, в регионах добычи полезных ископаемых (на примере исследований шахт Донбасса и Словакии). Коротко изложены результаты геофизических исследований, полученных в режиме мониторинга при изучении динамики напряжённого состояния подрабатываемых породных массивов в шахтах и над ними - на поверхности с целью оценки изменения горного давления при отработке угольных пластов.

Ключевые слова: геофизика, импульсное электромагнитное излучение пород, мониторинг, деформации, горное давление, напряжённое состояние, шахты, забой.

Результатами многочисленных полевых геофизических и лабораторных экспериментальных исследований на геодинамических объектах, проведенных в своё время в ИМРе (г.Симферополь) с применением метода регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) доказано, что интенсивность и параметры электромагнитной эмиссии пород, фиксируемые как на поверхности массивов пород, так и в подземных условиях (в скважинах, горных выработках), содержат информацию об их напряжённом состоянии [1]. Анализ параметрических характеристик электромагнитных сигналов, регистрированных в нагружаемых образцах и массивах пород показывает, что индикаторами глубины и активности геодинамических очагов генерации электромагнитного излучения (ЭМИ) является комплекс их параметров: частота, амплитуда, энергия, а также плотность распределения сигналов по уровням амплитуды[2].

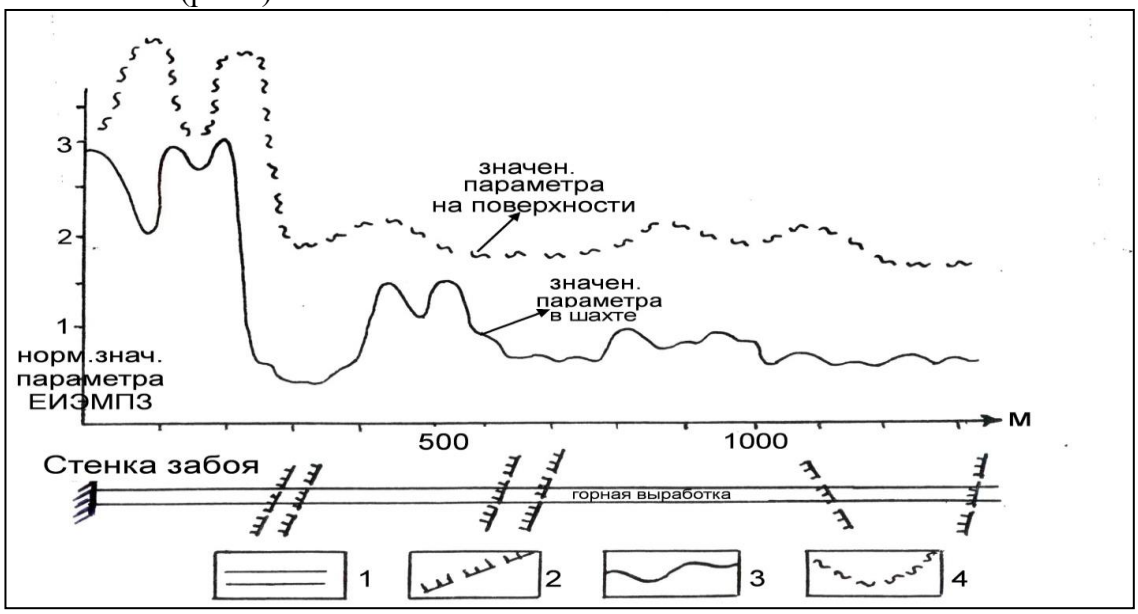
В процессе экспериментальных полевых и лабораторных исследований образцов основных типов пород выявлена отличительная особенность механоэлектрических преобразований на различных стадиях деформационного процесса: в частности – на этапе, предшествующем макроразрушению, когда деформирование структурных связей характеризуется лавинообразным образованием микротрещин, генерация ЭМИ сопровождается максимальной скоростью следования сигналов, превышающих «белый шум» по амплитуде и энергии[3,4]).

Соответственно нелинейному скачкообразному развитию длительных деформаций происходит и нелинейный процесс смещения спектральных характеристик электромагнитных

сигналов от монорезонансного спектра на первом этапе деформирования до полирезонансного на стадии разрушения породы[5,6].

Геофизические исследования с применением метода ЕИЭМПЗ, в том числе в режиме мониторинга, осуществлялись в подземных условиях: при проходке штолен и над ними - на поверхности в регионах подземной добычи полезных ископаемых: Гандлова (Словакия), Елшава (Словакия) и в Донбассе для оценки напряжённого состояния массивов пород с целью решения следующих основных задач: определения размеров и контроль зон аномального горного давления в забое при проходке подземной выработки; выявления опасных геодинамических зон, в которых происходят процессы концентрации и перераспределения напряжений тектонического и техногенного генезиса в подземных горных выработках; контроля напряжённого состояния выработок в процессе отработки пласта полезного ископаемого.

Результаты геофизических исследований в режиме мониторинга, проведенных в одной из угольных шахт Донбасса, позволили выявить пространственные параметры зоны сформированного аномального горного давления в штольне и на поверхности при отработке угольного пласта (рис.1).



Условные обозначения:

1-контуры выработки, 2- тектонические нарушения, 3-кривая изменения параметра ЕИЭМПЗ, полученная в подземной выработке, 4- кривая изменения ЕИЭМПЗ, полученная по результатам поверхностных измерений над выработкой.

Рис.1 - Результаты исследований методом ЕИЭМПЗ по определению зоны повышенного горного давления в угольной шахте и её обнаружению в геофизическом поле на земной поверхности.

На угольном месторождении в Гандлова (Словакия) геофизические исследования осуществлялись в режиме мониторинга с целью контроля напряжённо –деформированного состояния (НДС) выработки, а также в порядке эксперимента решалась задача оптимизации режима отработки пласта с учётом результатов оперативного контроля НДС методом ЕИЭМПЗ в призабойной зоне выработки.

Таким образом в основе механизма деформирования и разрушения пород в подработанных пространствах лежит процесс микротрещинообразования в скальных и полускальных породах по контуру выработок, который одновременно в своём развитии сопровождается явлением генерации импульсной электромагнитной эмиссии. Установленная зависимость импульсного электромагнитного излучения от стадийности деформационного процесса пород и их напряжённого состояния позволяет применять дистанционный метод регистрации ЕИЭМПЗ для эффективного контроля и прогноза развития геодинамических

процессов, возникающих при нарушении устойчивости подработанных во время добычи полезных ископаемых подземных пространств. На примере результатов геофизических исследований методом ЕИЭМПЗ геодинамических процессов, полученных в регионах добычи полезных ископаемых Словакии и Донбасса, показана возможность эффективного решения различных практических задач: контроля напряжённого состояния подземных выработок для оптимизации режима их проходки; оценки опасности аномалий напряжённого состояния в призабойном пространстве при угледобыче; выявления зон тектонических нарушений.

Литература.

1. 1.Воробьёв А.А. Равновесие и преобразование энергии в недрах, изд-во ТПИ, 1980. с. 211.
2. Мастов Ш.Р. Оценка напряжённо-деформированного состояния горных пород с помощью наблюдений импульсной электромагнитной активности. Сб. «Геофизические основы контроля напряжений в горных породах»., Новосибирск, ИГД СО АН СССР, 1983. С.23-26.
3. 3.Кузнецов И.В. Влияние реологических свойств глинистых пород на развитие оползневого процесса. Диссер.канд. наук, ВСЕГИНГЕО,п. Зелёный, 1986, с.179.
4. Саломатин В.Н. Закономерности геологических процессов и явлений, их связь с импульсной элекромагнитной эмиссией. Диссертация на соискание учетной степени доктора геолого-минералогических наук. Симферополь-Ленинград, 1987г. 413с.
5. Журков С.Н. и др. О прогнозировании разрушения горных пород. Изв. АН. СССР, Физика Земли, 1977, №6, с.11-18.
6. Яковицкая Г.Е. Исследование спектральных характеристик и затухания сигналов электромагнитного излучения при разрушении горных пород. Автореф. диссер. канд. тех. наук, Новосибирск , 1991, 19с.

MONITORING OF GEODYNAMIC PROCESSES OCCURRING IN UNDERGROUND WORKINGS AND IN ROCK MASSIFS UNDERMINED BY COAL MINING BASED ON THE ASSESSMENT OF THEIR STRESS STATE USING THE EIEMPE METHOD

I.V. Kuznetsov

Scientific Center "Rational Use of the Natural Resource Potential of the Crimeam Republic", Saint Petersburg Mining University

mail: inkuznets@gmail.com

Abstract. The article provides a brief theoretical basis for the geophysical method of recording the natural pulsed electromagnetic field of the Earth (NPEMF) and provides a conceptual justification for the possibility of using the method to assess and predict hazardous geodynamic processes developing in technogenically disturbed rock massifs in mining regions (using the example of studies of mines in Donbass and Slovakia). The article briefly presents the results of geophysical studies obtained in the monitoring mode when studying the dynamics of the stress state of undermining rock massifs in mines and above them - on the surface in order to assess changes in rock pressure during the development of coal seams.

Keywords: geophysics, pulsed electromagnetic radiation of rocks, monitoring, deformations, rock pressure, stress state, mines, face.

УДК 551.217

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЙОНА ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА В С. НОВОСЕЛОВКА ЛЕНИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

А.М.Останин, А.А.Скляр

Институт сейсмологии и геодинамики Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского, г. Симферополь, Россия

e-mail: sklyar.smr@gmail.com

Аннотация. В декабре 2015 г. на Керченском полуострове в с. Новоселовка произошла активизация грязевого вулкана, которая сопровождалась выбросом значительных масс продуктов извержения. Под угрозой затопления грязевыми потоками оказались расположенные в относительной близости от вулкана жилые и хозяйственные постройки, а также сельское кладбище. В работе приведены результаты инструментальных сейсмологических исследований, проведенных в непосредственной близости от вулкана в период затухания его активности с целью определения степени деградации грунтов вследствие грязевулканической деятельности.

Ключевые слова: микросйсмы, сейсмические свойства, физико-механические свойства грунтов, сейсмическая опасность, грязевой вулканизм.

Введение. В декабре 2015 г. в КФУ им. В.И. Вернадского поступило обращение от главы администрации Ленинского района Республики Крым с просьбой провести сейсмологические исследования в с. Новоселовка Ленинского района, где 03.12.2015 г. произошло извержение грязевого вулкана в относительной близости от жилых и хозяйственных построек. Активизация вулкана сопровождалась выбросом значительных масс продуктов извержения (десятки тысяч кубических метров), сформировавших два грязевых потока: первый – в северо-западном направлении (в сторону села) размером 100х150 м^2 мощностью до 4 м; второй – в юго-восточном направлении 50х50 м^2 мощностью до 1 м. В ответ на это обращение сотрудниками лаборатории инженерно-сейсмологических исследований Института сейсмологии и геодинамики КФУ им. В. И. Вернадского были выполнены рекогносцировочные геологические и инструментальные сейсмологические наблюдения в районе извержения вулкана у с. Новоселовка.

Геоструктурные особенности и вулканическая деятельность Керченского полуострова. Все крымские грязевые вулканы расположены на Керченском полуострове. Геоморфологически поверхность Керченского полуострова представляет собой всхолмленную Равнину с абсолютными высотами до 185 м.

По строению рельефа поверхность Керченской равнины делится на две части – юго-западную и северо-восточную, граница между которыми проходит по Парпачскому гребню, сложенному моноклинально залегающими среднемиоценовыми известняками. К юго-западу от Парпачского гребня находится покрытая четвертичными лессовидными суглинками Юго-Западная аккумулятивно-денудационная равнина с высотами от 25-30 до 100-110 м., а к северу и востоку простирается Центрально-Керченская холмисто-грядовая пластово-аккумулятивная равнина, состоящая из эллиптических в плане известняковых холмов высотой до 180 м.

В геоструктурном отношении Керченский полуостров также разделен Парпачским гребнем на две крупные зоны: юго-западную, соответствующую периклинльному замыканию Крымского мегантиклинория, и северо-восточную, расположенную в южном крыле Индоло-Кубанского прогиба. В строении Керченского полуострова, наряду с преобладающими в разрезе глинами майкопской серии олигоцен-раннемиоценового возраста, участвуют средне-верхнемиоценовые и плиоценовые отложения, дислоцированные в системы складок. По данным параметрического глубокого бурения, геологический разрез в исследуемом районе до глубины более 3000 м представлен глинами майкопской серии [1].

Значительную роль в геологическом развитии Керченского полуострова играет грязевой вулканизм, проявления которого связаны с фазами интенсивной тектонической деятельности. Наибольшая его активность приходилась на миоцен-начало плиоцена, с постепенным затуханием к концу плиоцена. На полуострове известно около 50-ти грязевых вулканов, представленных двумя основными типами – холмами и овальными впадинами с плоским дном (сопочными полями). Грязевые вулканы приурочены, в основном, к так называемым вдавленным синклиналям. Возникновение их связано с выносом материала с больших глубин (по оценкам некоторых исследователей – 10-12 км) и сопровождается последующими проседаниями вышележащих пород и образованием на поверхности небольших впадин [2]. Грязевой вулканизм обусловлен скоплением в толще майкопских отложений углеводородных газов, которые насыщают глины, раздробленные тектоническими процессами до состояния брекчии и разжиженные грунтовыми водами. Эти массы под большим давлением вышележащих толщ выбрасываются на поверхность.

По своей активности вулканы делятся на условно потухшие и действующие. Есть среди них те, которые извергаются с большими перерывами, например, Джау-Тепе, а есть таковые, активность которых постоянна, например, Булганакские сопки. Продуктами извержения крымских вулканов являются потоки грязи и газ. Самым крупным крымским вулканом считается Джау-Тепе, который достигает в высоту 60-ти метров. В средние века его извержение уничтожило находящуюся неподалеку деревню.

Грязевой вулкан в с. Новоселовка Ленинского района Республики Крым. Грязевой вулкан в селе Новоселовка морфологически относится к вулканам I типа – это холм (абсолютная отметка 129,10 м) усеченной конусовидной формы, слегка вытянутый в северо-западном направлении, с относительно крутыми склонами и превышением над основанием около 10 м. Находится в 300 м от юго-восточной окраины села за сельским кладбищем. На вершине холма расположено жерло вулкана, разделенное в приповерхностном слое на два рукава, имеющих на поверхности, соответственно, два жерла излияния. Они расположены в 20 м друг от друга, изливая грязевые потоки по разные стороны холма – один на северо-запад, в сторону села, второй на юго-восток в сторону небольшой балки. После извержения в подножии вулкана, в 100 м от жерла с западной и северо-западной стороны образовались трещины проседания с раскрытием до 0,5 м и видимой глубиной до 3-4 м (рис. 1).

Подобных обширных извержений вулкана в селе Новоселовка в обозримом историческом прошлом не наблюдалось. Однако местные жители помнят, как в 70-х годах прошлого века при прокладке водовода через этот холм в грязи утонул трактор, а тракторист при этом едва спасся. Кроме того, при обследовании юго-восточного грязевого потока, недалеко от жерла встречен фрагмент более раннего извержения, следы которого перекрываются продуктами извержения 03.12. 2015 г. (рис. 2).

Рис. 1. Грязевые потоки северо-западного (*слева*) и южного (*справа*) направлений

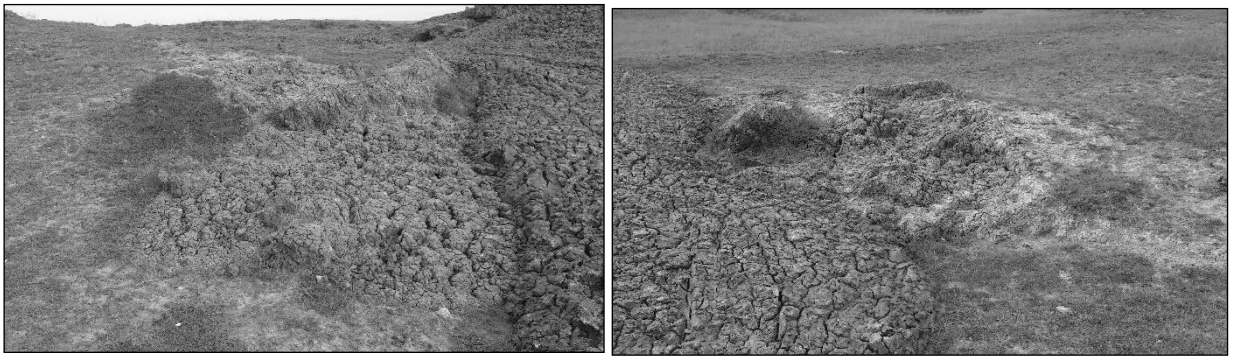


Рис. 2. Следы более ранних грязевых извержений

Результаты инструментальных сейсмологических исследований. Инструментальные сейсмологические исследования были выполнены методом регистрации высокочастотных микросейсм, широко используемым в инженерной сейсмологии. Метод основан на сравнении параметров микроколебаний грунтов, возбуждаемых источниками различного происхождения.

В процессе полевых работ выполнялась продолжительная по времени синхронная трехкомпонентная регистрация микроколебаний в 4-х пунктах. Первый пункт наблюдений располагался непосредственно у жерла вулкана, остальные – на прямолинейном профиле по азимуту 210 градусов от жерла на удалении от него в 100, 210 и 350 метров (рис. 3).

Рис. 3. Пункты регистрации микросейсм 1 и 2

Спектральный анализ записей микроколебаний показывает, что на фоне низкочастотных микросейсм практически постоянного амплитудного уровня вблизи вулкана выделяются микроколебания с частотой около 4 Гц. Вероятнее всего, это связано с наличием достаточно мощного ослабленного слоя грунтов с измененными сейсмическими свойствами, образованного продуктами извержения грязевого вулкана. При этом каких-либо аномалий на сейсмограммах, свидетельствующих об изменении состояния и активности самого вулкана, ввиду краткосрочности инструментальных наблюдений, отмечено не было. Спектры записей микросейсм в пунктах 1 и 2 представлены на рисунке 4.

Анализ результатов сейсмологических исследований показывает, что в зоне действия вулкана происходят значительные изменения сейсмических свойств приповерхностной толщи грунтов, вплоть до их деградации. Изменения носят локальный характер и практически исчезают на удалении около 200 м в изученном азимутальном створе. Для уточнения расположения измененной зоны и отслеживания изменения границ зоны деградации грунтов необходимо выполнение более детальных исследований мониторингового характера. С целью обнаружения возможных сейсмических явлений, сопутствующих вулканической деятельности, также целесообразно выполнение сейсмологических наблюдений в непрерывном режиме на базе стационарной сейсмостанции, расположенной вблизи вулкана.

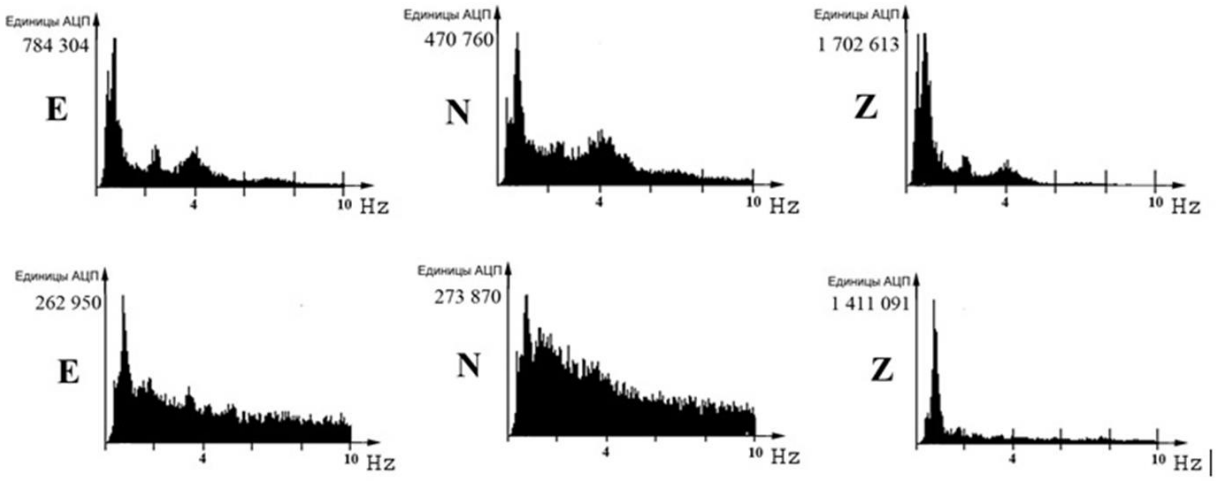


Рис.4. Спектры микроколебаний в пунктах 1 (верхний ряд) и 2 (нижний ряд)

Следует отметить, что экспериментальные сейсмологические исследования с целью мониторинга и выявления прогнозных критериев развития грязевого вулканизма в Крыму ранее не проводились. В некоторых работах конца 1990-х – начала 2000-х годов, посвященных связи сейсмических событий с грязевулканическими извержениями [3], отмечается, что временной интервал, на который следует ориентироваться при установлении связи между определенными сейсмическими событиями и соответствующей им активизацией грязевулканической деятельности, составляет около 1-го года. Эти выводы основаны на гипотетических расчетах, учитывающих размеры структурных ловушек (являющихся источником газа для активизации грязевых вулканов), значения коэффициентов фазовой проницаемости вмещающих толщ и иных факторах.

Однако приходится констатировать, что до настоящего времени грязевой вулканизм и сейсмичность – опасные геологические явления, не поддающиеся краткосрочному временно*м*у прогнозу. Как справедливо отмечает Ю.Г.Юровский, «практически двухвековые материалы наблюдений за грязевулканической деятельностью носят, по большей части, описательный характер; для выявления закономерностей проявления пароксизмальных стадий развития грязевых вулканов необходимы стационарные наблюдения, целенаправленные экспериментальные и теоретические исследования» [3, стр. 189]. К этому можно добавить, что эти исследования должны быть комплексными, долгосрочными и непрерывными. Основой этого комплекса должны составить инструментальные сейсмологические наблюдения.

Выводы и рекомендации. Извержения грязевых вулканов представляют реальную угрозу для населения близлежащих населенных пунктов, поскольку могут сопровождаться выбросами самовозгоревшегося газа с высотой столба пламени от сотен метров до километра, местными землетрясениями, изменениями поверхности рельефа, приводящими к деформации и разрушению зданий, сооружений и коммуникаций. В случае извержения грязевого вулкана 03.12.2015 г. в с. Новоселовка Ленинского района Республики Крым под угрозой затопления грязевыми потоками оказались близрасположенные жилые и хозяйственные постройки, сельское кладбище.

В настоящее время для Керченского полуострова данная угроза обретает особую значимость, поскольку в его пределах происходит беспрецедентная концентрация транспортных, энергопоставляющих и иных коммуникаций (мостовой переход Тамань-Крым, сооружения электросетевого Энергомоста «Российская Федерация – полуостров Крым» т.п.), связывающих Крым с материковой частью Российской Федерации. Учитывая это, полагаем целесообразным создание специализированного «Восточно-Крымского геодинамического полигона». Основными целями данного полигона определить:

1. Оперативный контроль сейсмической обстановки в зоне сосредоточения транспортных, энергопоставляющих и иных коммуникаций, связывающих Крым с материковой частью Российской Федерации.

2. Сейсмологический мониторинг грязевулканической активности в пределах наиболее опасных районов с целью изучения взаимосвязи сейсмических процессов и грязевого вулканизма.

Подобные масштабные и целенаправленные исследования на территории Российской Федерации, насколько известно авторам, не проводились. Результаты исследований послужат основой для прогнозирования стихийных бедствий, обусловленных сейсмической и грязевулканической активностью в пределах исследуемой территории.

Литература.

1. Ершова Т.В., Козлова В.Д., Удут И.М. Литолого-стратиграфическая характеристика разрезов параметрических скважин Керченского полуострова /Новые данные о геологическом строении и нефтегазоносности юга УССР по материалам региональных геолого-геофизических работ. Львов: УкрНИГРИ. 1973. С.97-109.

2. Шнюков Е.Ф. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. К.: Наукова думка, 1992. С. 199.

3. Юровский Ю.Г. О связи между сейсмичностью и грязевулканической активностью / Сырьевые ресурсы Крыма и прилегающих акваторий (нефть и газ): Материалы конференции «Тектоника и нефтегазоносность Азово-Черноморского региона в связи с нефтегазоносностью пассивных окраин континентов. Симферополь: «Таврия-Плюс». 2001. С.187-191.

INSTRUMENTAL SEISMOLOGICAL STUDIES OF THE MUD VOLCANO AREA IN THE VILLAGE OF NOVOSELOVKA, LENINSKY DISTRICT, REPUBLIC OF CRIMEA

A.M Ostanin., A.A.Sklyar

Institute of seismology and geodynamics of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russia.

e-mail: sklyar.smr@gmail.com

Abstract. In December 2015, on the Kerch Peninsula in the village of Novoselovka, a mud volcano became active, which was accompanied by the release of significant masses of eruption products. Residential and commercial buildings located relatively close to the volcano, as well as a rural cemetery, were under threat of flooding by mud flows.

The paper presents the results of instrumental seismological studies conducted in the immediate vicinity of the volcano during the period of its activity attenuation in order to determine the degree of soil degradation due to mud volcanic activity.

Key words: microseisms, seismic properties, physical and mechanical properties of soils, seismic hazard, mud volcanism.

УДК 550.348

ФАКТОРЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ РАВНИННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КРЫМА НА ПРИМЕРЕ Г. ЕВПАТОРИЯ

А.М.Останин, А.А.Скляр
Институт сейсмологии и геодинамики Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского, г. Симферополь, Россия
e-mail: Sklyar.smr@gmail.com

Аннотация. При поддержке Президента Российской Федерации в Крыму стартовал проект «Золотые пески России». «Золотые пески России» – это новый курорт, который будет построен с «нуля» на косе между Каламитским заливом Черного моря и оз. Сасык. С процессом урбанизации и ростом возможного ущерба от землетрясений стремительно увеличивается масштаб и стоимость антисейсмических мероприятий. В таких условиях на первый план выходят задачи по их оптимизации. Для этого необходим достаточно точный прогноз места и силы вероятных сейсмических событий. Сейсмическое микрорайонирование (СМР) является одним из главных элементов комплекса изыскательских работ при строительстве зданий и сооружений в сейсмически активных зонах. В работе проанализированы материалы по инженерно-геологическим условиям территории, выполнено инженерно-геологическое районирование и составлена схема сейсмического микрорайонирования г. Евпатории.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, сейсмические свойства, физико-механические свойства грунтов, сейсмическая опасность.

Краткая характеристика геологического строения и инженерно-геологических условий г. Евпатории. В геоморфологическом отношении г. Евпатория находится в пределах Северо-Крымской степной области, на юго-западной окраине возвышенной равнины Евпаторийского плато, границы которого проходят на востоке по Чатырлыкской балке, на юге – по северным берегам озера Сасык, на севере – по побережью Каркинитского залива.

Абсолютные отметки поверхности в пределах г.Евпатории изменяются от 20 м у северных окраин города до 0 м – на юге у берега моря. Балочная сеть представлена двумя депрессиями (понижениями), ограничивающими город с востока (балка Маматкуйская) и с запада (балка Безымянная). Балки заканчиваются солеными озерами лиманного типа – Майнакским озером на западе и озером Сасык на востоке. Озера отделены от моря пересыпями шириной 200-300 м и протяженностью от 1,2 км у Майнакского озера до 11,0 км у озера Сасык. Водораздельное пространство между этими озерами занято городскими агломерациями г. Евпатории, южная граница которых проходит непосредственно по береговой линии Черного моря.

По геоструктурному положению г. Евпатория находится на границе двух крупных структур Крымского полуострова: Новоселовского поднятия – на севере и Альминской впадины – на юге. Новоселовское поднятие определяется, в том числе, по высокому положению кровли домелового фундамента, абсолютные отметки кровли которого фиксируются в г. Евпатории на уровне минус 892м [1].

Верхняя часть геологического разреза дочетвертичных отложений в пределах города и его окрестностей представлена неогеновыми известняками понтического яруса новороссийского подъяруса, перекрытыми с поверхности маломощным слоем четвертичных образований. Известняки преимущественно; органогенно-оолитовые, местами ракушечные, перекристаллизованные, на отдельных участках мелкокавернозные. Ниже уровня подземных вод известняк обводнён. Физико-механические свойства известняков характеризуются следующими показателями:

полускальные известняки: плотность грунта 2.00 т/м^3; природная влажность 15.2 %; модуль деформации 650 кгс/см^2 (65 МПа); нормативное удельное сцепление 0.70 кгс/см^2 (7

кПа); расчетное сопротивление грунта 5.0 кгс/см^2 (500 кПа) по данным полевых штамповых испытаний;

скальные известняки: плотность грунта от 1.97 до 2.29, в среднем 2.16 т\м^3; нормативный предел прочности грунта на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии от 57 до 172, в среднем 104 кгс/см^2.

По мощности слои скальных и полускальных известняков изменяются в пределах от 0,5 м до 4,5 м, а их общая доля в геологическом разрезе составляет примерно равное соотношение: 50/50% [3,4,5]. В целом, по физико-механическим показателям, переслаивающиеся известняки соответствуют грунтам I-II категории по сейсмическим свойствам.

С поверхности на известняках понтического яруса, как правило, залегают верхнечетвертичные и современные образования, представленные техногенным и почвенным слоями незначительной мощности (0,4-1,5 м), под которыми многочисленными инженерно-геологическими скважинами вскрыты (в зависимости от местоположения) делювиальные, элювиально-делювиальные, делювиально-пролювиальные, эолово-делювиальные, озерные, озерно-морские, морские отложения [6].

Делювиальные, элювиально-делювиальные современные и верхнечетвертичные образования представлены суглинками, реже глинами твердой и полутвердой консистенции, иногда просадочными, часто с дресвой и щебнем известняка от 10 до 30%, мощностью 0,4-1,4 м. Модуль деформации суглинков при естественной влажности равен 23Мпа, в водонасыщенном состоянии – 17Мпа. Коэффициент пористости составляет 0,575-0,793, редко достигая величины 0,976 [5], что соответствует грунтам II категории по сейсмическим свойствам.

Делювиально-пролювиальные современные и верхнечетвертичные образования представлены суглинками твердыми, реже полутвердыми, часто просадочными с включением дресвы и щебня известняка до 5-10%. Мощность суглинков меняется от 0,2 до 0,9 м, редко достигая 1,5-1,8 м. Коэффициент пористости 0,679-0,744, реже – 0,812-1,017. Показатель консистенции равен 0,03, модуль деформации 13-22 МПа в естественном, 5-16 МПа – в водонасыщенном состоянии [6]. По перечисленным параметрам данные грунты соответствуют грунтам II категории по сейсмическим свойствам.

Эолово-делювиальные верхнечетвертичные и современные отложения встречены в приводораздельных и средних частях склона. Они представлены двумя типами разреза – однослойным – из суглинка и двухслойным, где на суглинках залегает слой песка. Суглинки твёрдой и полутвёрдой консистенции, комковатые, часто просадочные, иногда с дресвой и щебнем известняка от 10 до 20%, мощностью 0,5-1,0 м, редко до 1,6-1,8 м. Коэффициент пористости составляет 0,621-0,779, редко – 0,844-1,076; модуль деформации 17-27 МПа в естественном состоянии и 3,0-7,3 МПа в водонасыщенном. Пески средней крупности, детритовые, маловлажные, мощностью 1,2-1,8 м [6]. В целом, суглинки и пески соответствуют грунтам II категории по сейсмическим свойствам.

Озерные, озерно-морские, морские, верхнечетвертичные и современные отложения изучены в прибрежных частях склона, на пляжах, песчаных косах и пересыпях соленых озер Сасык и Майнакского. В геологическом разрезе преобладают пески разной крупности, часто с прослоями и линзами суглинков, глин, илов. Мощность песков варьирует в широких пределах: на пляжах и террасах мощность песков ограничивается первыми метрами, а на пересыпях и косах достигает 15,0-25,0м и более. Илы высокопористые, текучепластичные, (коэффициент пористости e = 0,958-1,809; показатель текучести I_L>1,0), мощность прослоев составляет 0,5 – 1,5 м. Прослои суглинков и глин от тугопластичной до текучей консистенции (коэффициент пористости e = 0,768-1,009; показатель текучести I_L=0,61-1,0), мощность слоев от 0,5 до 3,2 м [6].

В целом, грунты озерных, озерно-морских, пляжевых отложений по физико-механическим показателям соответствуют грунтам III категории по сейсмическим свойствам.

Инженерно-геологическое районирование. Анализ вышеприведённых данных свидетельствует о неоднородном геологическом строении территории района г. Евпатории, что по совокупности признаков, позволяет выделить в пределах города и его окрестностей два района – А, и Б, с различным уровнем сейсмической опасности (рис 1).

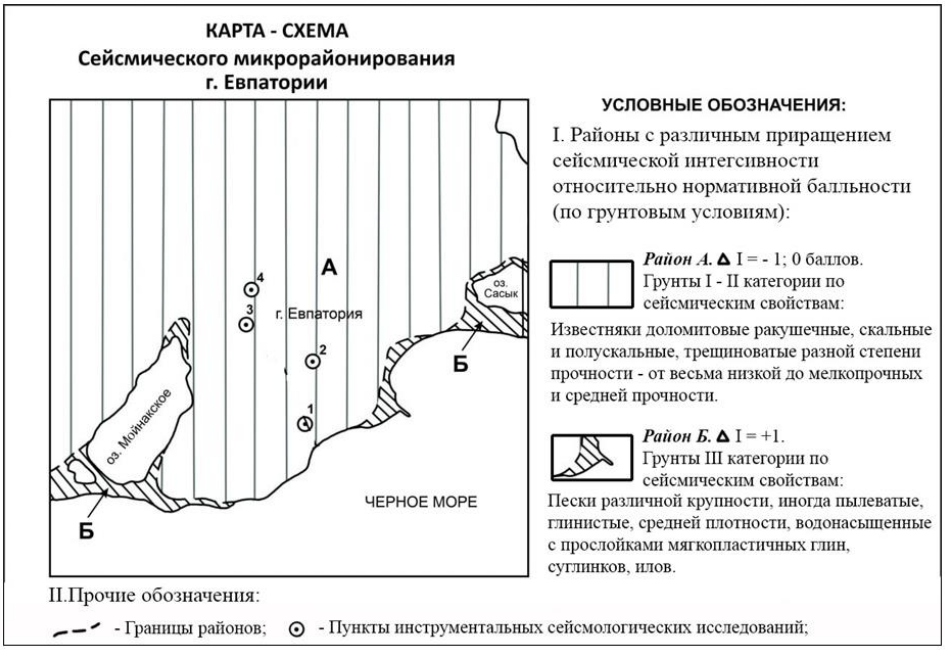


Рис. 1. Карта-схема сейсмического микрорайонирования г. Евпатория по результатам инженерно-геологических исследований

Район А охватывает практически всю территорию городской застройки за исключением пересыпей озер, песчаных кос и пляжей со значительной (>5м) мощностью песчаных отложений. Геоморфологически – это прибрежная слабоволнистая равнина с уклонами поверхности к югу и юго-востоку около 1^0. В геологическом строении Района участвуют дочетвертичные известняки понтического яруса, перекрытые маломощным чехлом четвертичных отложений, суммарная мощность которых, как правило, не превышает 1,5-3,5 м. Под четвертичными отложениями залегают известняки понтического яруса, которые по прочностным и физико-механическим показателям отнесены к I-II категории по сейсмическим свойствам.

Гидрогеологические условия Района А характеризуются обводнённостью известняков понтического яруса с глубины близкой к нулевой абсолютной отметке, что свидетельствует о гидравлической связи подземных вод с морем.

Район Б территориально включает пересыпи и песчаные косы Майнакского озера и озера Сасык, а также пляжи Евпаторийской бухты. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 0 м до 1,5-2,0 м на пересыпях. В геологическом строении Района Б участвуют морские, озёрные, озёрно-морские верхнечетвертичные и современные отложения, представленные песками с прослоями и линзами илов, суглинков, глин. Пески средней крупности, реже крупные и гравелистые, иногда пылеватые и глинистые, средней плотности, реже рыхлые, водонасыщенные. Мощность песков изменяется в широких пределах – от 5-10м в разрезе пляжевых отложений до 15-25м на пересыпях и косах озер. По физико-механическим свойствам, грунты слагающие геологический разрез Района Б соответствуют III категории по сейсмическим свойствам.

Гидрогеологические условия Района Б характеризуются наличием подземных вод в песках на глубине, соответствующей нулевой абсолютной отметке. В условиях прямой гидравлической связи с морем в обводнённом разрезе преобладает морская вода.

Инструментальные сейсмологические исследования. Согласно СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах», территория г. Евпатория находиться в семибалльной сейсмической зоне.

За последний 30 лет Институтом сейсмологии и геодинамики выполнено несколько научно-исследовательских работ по СМР площадок строительства объектов различного назначения. Во всех случаях анализ записей микроколебаний показал, что в составе микросейсм отмечаются длиннопериодные ($T \leq 1$ сек) и более короткопериодные колебания ($T = 0{,}05\text{-}0{,}5$ сек) (рис. 2). При этом амплитуды длиннопериодных колебаний значительно превышают

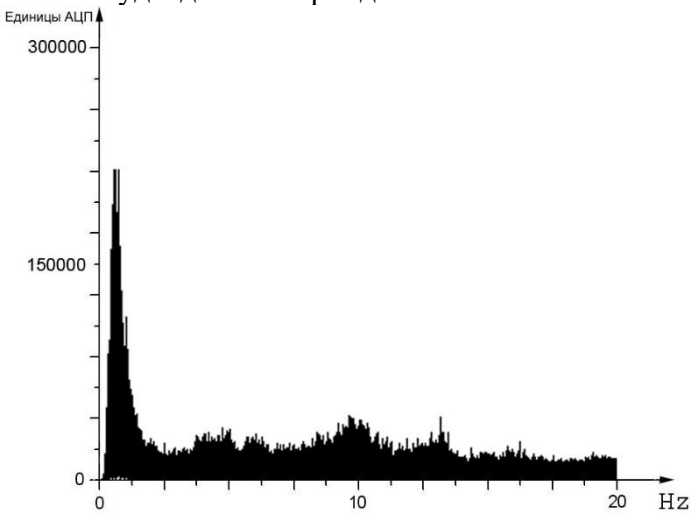


Рис. 2. Пример спектра четырехчасовой записи микросейсм, г. Евпатория, пр. Победы 47 (рис1. Пункт №3)

амплитуды короткопериодных и не зависят от грунтовых условий в пунктах наблюдений, что позволяет сделать вывод об их природном происхождении (волнение моря, перепады атмосферного давления и др.). Учитывая отмеченные обстоятельства, при оценке приращений сейсмической интенсивности ΔI использовались динамические характеристики микроколебаний техногенного происхождения, регистрируемые в диапазоне частот $f = 2\text{-}20$ Гц.

По результатам проведенных работ, приращения сейсмической интенсивности в пределах большинства исследуемых объектов соответствуют нормативным значениям $\Delta I = 0$ *баллов*. На нескольких площадках наблюдались незначительные отклонения до $\Delta I = -0{,}5$ *баллов* относительно исходной сейсмичности.

Большинство исследованных площадок строительства находятся в пределах района А (рис. 1). Район Б характеризуется неоднородным геологических строением и значительной обводненностью. Приращение сейсмической интенсивности для грунтовых условий подобного типа составляет $\Delta I = +1$ балл относительно исходной сейсмичности.

Однако, как показывает опыт работ по СМР экологически опасных объектов, таких как ГЭС и ГОК, приращение сейсмической интенсивности в большей степени зависит от мощности рыхлых отложений, чем от категории грунтов по сейсмическим свойствам [7].

Важно отметить, что территория Района Б охватывающая пересыпь между озером Сасык и берегом Черного моря входит в федеральный проект «Золотые пески России» в г. Евпатории, предусматривающий массовое курортное и инфраструктурное строительство. Поэтому для Района Б необходимы детальные сейсмологические исследования с постоянным мониторингом вариаций сейсмической интенсивности.

Статья подготовлена в рамках научной темы FZEG-2024-0016 Министерства науки и высшего образования РФ.

Литература.
1. Геология СССР, т.VIII, Крым, ч.1, Геологическое описание. – М.: Недра, 1969. – С. 575.
2. Кострик И.В. Отчет о результатах поисково-разведочных работ на минеральные термальные воды для курортов Саки и Евпатория за 1959-64гг. Симферополь, ГФ ГУП РК «КРЫМГЕОЛОГИЯ», 1960.
3. Немец В.Д. Справка об инженерно-геологических и гидрогеологических условиях площадки для обоснования проекта по строительства административного здания по проспекту Победы № 47 в г. Евпатория. - Фонды СКПО 23 ГМПИ МО РФ. – Севастополь, 2011.
4. Немец В.Д. Отчет «Инженерно–геологические изыскания для обоснования проекта строительства 2-х жилых домов со встроено-пристроенными помещениями магазина по ул. 9-го МАЯ в районе «Красная горка» в г. Евпатирии - Фонды СКПО 23 ГМПИ МО РФ. – Севастополь, 2011.
5. Липяк А.Г., Федкевич А.А. Отчет об инженерно-геологических изысканиях (для рабочего проекта). Строительство и реконструкция санатория им. Розы Люксембург по ул. Кирова, 35 в г. Евпатории. – Фонды института «КрымГИИНТИЗ». – Симферополь, 2007.
6. Отчеты об инженерно-геологических изысканиях (для рабочих проектов) по строительству и реконструкции объектов гражданского и промышленного строительства в г.Евпатории. – Фонды института «КрымГИИНТИЗ». – Симферополь, 1967-2008гг.
7. Отчет по теме «Сейсмическое микрорайонирование территории размещения ограждающих сооружений хвостового хозяйства и оборотного водоснабжения ОАО СевГок». Фонды Института сейсмологии и геодинамики, Симферополь - Киев, 2010г.

FACTORS OF ENGINEERING-GEOLOGICAL AND SEISMIC DANGER OF VIOLATIONS OF THE TERRITORY OF CRIMEA IN THE HOMELAND OF EVPATORIA

A.M.Ostanin, A.A.Sklyar
Institute of seismology and geodynamics of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russia
e-mail: Sklyar.smr@gmail.com

Abstract. With the support of the President of the Russian Federation, the project "Golden Sands of Russia" was launched in Crimea. "Golden Sands of Russia" is a new resort that will be built from scratch on the spit between the Kalamitsky Bay of the Black Sea and Lake Sasyk. With the process of urbanization and the growth of possible damage from earthquakes, the scale and cost of anti-seismic measures are rapidly increasing. In such conditions, the tasks of their optimization come to the fore. However, this requires a fairly accurate forecast of the location and strength of probable seismic events. Seismic microzoning (SMR) is one of the main elements of the complex of survey works during the construction of buildings and structures in seismically active zones. The work analyzes materials on engineering and geological conditions of the territory, carries out engineering and geological zoning and draws up a seismic microzoning scheme for the city of Yevpatoriya.

Key words: engineering and geological conditions, seismic properties, physical and mechanical properties of soils, seismic hazard.

УДК: 624.131.1

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПРОСАДОЧНЫХ СВОЙСТВ ПРИ ЗАСОЛЕНИИ НЕПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Н.А.Петров[1], А.В.Тихонов [2]

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ)

e-mail: nikita.petrov.2001@gmail.com[1], tikhonovav@mgri.ru[2]

Аннотация. Исследование посвящено изучению влияния засоления на просадочные свойства изначально непросадочных грунтов в лабораторных условиях. Традиционно в инженерной геологии считается, что грунты, не обладающие просадочными свойствами, не могут приобрести их за относительно короткое время. Однако наблюдаемые в реальных условиях случаи изменения характеристик грунтов, где изначально непросадочные грунты стали слабопросадочными после засоления и высыхания, говорят об обратном. Это послужило импульсом для проведения настоящего исследования.

Основная гипотеза заключается в предположении, что при засолении и последующем высыхании грунта происходит его разуплотнение за счет роста кристаллов соли в поровом пространстве, что создает значительное внутрипоровое давление. После замачивания такой грунт может проявить просадочные свойства.

В ходе работы были разработаны и применены три способа искусственного засоления грунтов: "в кольцах", "засоление монолитов" и "параллельные испытания при гигроскопической влажности". Лабораторные испытания проводились на образцах ненарушенного сложения легких моренных суглинков Московской области, которые изначально были классифицированы как непросадочные.

Результаты исследований показали, что искусственное засоление привело к значительному увеличению относительной просадочности грунтов. По способу засоления "в кольцах" относительная просадочность увеличилась в среднем на 67,7%. При способе "засоления монолитов" увеличение составило 47,12%. Параллельные испытания при гигроскопической влажности экспериментально подтвердили, что проявление просадочных свойств происходит именно за счет кристаллизации раствора гипса во внутрипоровом пространстве, что приводит к разуплотнению грунта. Наблюдались также косвенные признаки, такие как появление высолов гипса на поверхности образцов, небольшое увеличение их объема и снижение плотности (в среднем на 5%) с одновременным увеличением коэффициента пористости (в среднем на 7,5%).

Ключевые слова: Просадочность грунтов; Засоление; Кристаллизация солей; Разуплотнение грунтов; Лабораторные исследования; Геотехника; Моренные суглинки; Гипс.

Введение

В инженерной геологии долгое время существовало общепринятое представление о том, что просадочный грунт может стать непросадочным, но если грунт изначально не обладает такими свойствами, то за относительно короткое время он не сможет их приобрести [1, 2, 5]. Это утверждение, хотя и верно в большинстве случаев, имеет исключения, которые приобретают все большую актуальность в современных условиях [20-22].

Например, на одном из объектов Курской области инженерно-геологические изыскания, проведенные с интервалом в десять лет, показали противоречивые результаты: в одном отчете грунты были охарактеризованы как непросадочные, а в другом — как слабопросадочные. Детальный анализ выявил, что в засушливые периоды грунты подвергались засолению и пересыхали, что приводило к проявлению просадочных свойств [9]. Подобные явления до сих пор мало освещены в научной литературе, поскольку основные исследования сосредоточены на механизме развития уже существующих просадочных свойств [7, 8].

Этот эпизод послужил стимулом для проведения лабораторных исследований, направленных на изучение возникновения просадочных свойств грунтов при их засолении. Была выдвинута гипотеза, согласно которой в процессе засоления и последующего высыхания грунта в естественных условиях в его порах формируются кристаллы солей. Рост этих кристаллов создает достаточное внутрипоровое давление, что приводит к разуплотнению грунта [18]. При последующем замачивании растворение кристаллов соли приводит к проявлению просадочных свойств [6].

Механизм этого процесса во многом основывается на том, что рост кристаллов способен создавать значительное усилие на окружающие поверхности. Это давление возникает, когда кристалл растет в ограниченном пространстве, преодолевая сопротивление материала [14]. Способность некоторых веществ, таких как лед, значительно расширяться в объеме при кристаллизации (до 250 МПа в замкнутом пространстве), служит ярким примером. Даже без изменения объема растущий кристалл оказывает давление, если его рост ограничен, что связано с термодинамическим стремлением системы к минимизации свободной энергии, описываемым уравнением Гиббса-Томсона. Проявление кристаллизационного давления наблюдается в таких процессах, как разрушение бетона из-за кристаллизации солей в его порах (например, от антиобледенительных смесей) или морозное выветривание горных пород [18]. Сила, создаваемая ростом кристаллов, зависит от множества факторов, включая тип кристалла, скорость роста, условия среды (температура, влажность, пересыщение раствора) и свойства окружающего материала (пористость, прочность), и может достигать разрушительных величин.

Актуальность данного исследования обусловлена недостаточной изученностью вопроса "приобретения" просадочных свойств грунтов в результате их засоления [3]. Традиционно считается, что просадочные свойства грунтов являются постоянной характеристикой, и если грунт изначально непросадочный, он таковым и останется. Однако в условиях активного агропромышленного освоения с применением сельскохозяйственных удобрений (например, сульфатов и нитратов, увеличивающих концентрацию солей) и ежегодного увеличения засушливых территорий вследствие глобального потепления, непредвиденное засоление грунтов становится серьезной проблемой [21]. Неучет этих изменений может привести к неожиданным деформациям сооружений и создать новые риски для инфраструктуры, особенно в южных регионах России и Центральной Азии.

В качестве объекта исследования были использованы образцы тугопластичных и полутвердых суглинков московской морены, отобранные в г. Красногорске и д. Марьино Московской области на глубинах 4-9 м. Морена в природных условиях, как известно, не бывает просадочной, что делает ее идеальным объектом для изучения приобретения просадочных свойств [7, 8].

Целью работы являлось проведение лабораторных исследований и последующий поиск закономерностей изменения просадочных свойств грунтов при их искусственном засолении. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1) Провести анализ изучения просадочных свойств грунтов.
2) Определить методики для искусственного засоления грунтов.
3) Выполнить испытания искусственно засоленных грунтов и провести анализ изменения просадочных свойств.

Материалы и методы

Для исследования возможности приобретения грунтами просадочных свойств была разработана методика, которая, с одной стороны, была достаточно простой, а с другой — максимально репрезентативной для получения достоверных результатов. Ход работы был построен на основании современных Российских нормативных документов, методик исследования и классификаций с использованием уже существующего лабораторного оборудования.

Все разработанные три способа испытаний имели общие этапы:

1) Определение просадочных характеристик грунтов при природном уровне засоления.

2) Искусственное засоление грунтов.
3) Повторное определение просадочных характеристик грунтов после искусственного засоления.
4) Сопоставление результатов.

Существенные различия между разработанными способами испытаний заключались во втором этапе – искусственном засолении. Предполагалось, что чем эффективнее будет произведено засоление, тем заметнее проявятся "приобретенные" просадочные свойства, поэтому в ходе исследования были апробированы и проанализированы несколько способов [12].

Выбор подходящей соли для создания раствора, которым насыщался грунт, был критически важным. Различные соли обладают разной способностью оказывать кристаллизационное давление и кристаллизуются при разных температурных и влажностных условиях. Кроме того, важно было выбрать соль, засоление которой можно представить в реальных природных или антропогенных условиях для обеспечения практической ценности работы. В качестве такой соли был выбран гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), который в лабораторных условиях способен создавать кристаллизационное давление в диапазоне 5-20 МПа при оптимальной температуре кристаллизации 20–40°C. Гипс также относительно слабо растворим в воде (2,5 г/л при 15°C), что способствует его быстрому осаждению и кристаллизации из раствора [12, 17]. Засоление гипсом является реальным риском в строительстве или на производстве, особенно в засушливых регионах, при работе с гипсосодержащими материалами, изменении уровня грунтовых вод (миграция гипса из глубоких слоев) или при использовании для полива воды с высокой концентрацией сульфатов (например, из скважин в гипсовых пластах), что может привести к накоплению гипса в грунтах при отсутствии дренажа [19]. Для засоления использовался строительный алебастр, являющийся разновидностью гипса. Экспериментально было определено, что 3% содержание гипса в растворе с дистиллированной водой является оптимальным для эффективного засоления, поскольку при большей концентрации раствор становился чрезмерно вязким из-за низкой растворимости гипса, что могло негативно сказаться на процессе искусственного засоления.

Лабораторные испытания грунтов для определения просадочных показателей проводились в приборах компрессионного сжатия согласно ГОСТ 23161-2012. Был выбран метод "двух кривых", поскольку он обладает достаточной репрезентативностью и позволяет получить значения относительной просадочности при различных ступенях давления [10].

Образцы грунта ненарушенного строения были отобраны в г. Красногорске и д. Марьино Московской области с глубин 4–9 метров. По результатам физических испытаний они были классифицированы как легкие моренные суглинки тугопластичной и полутвердой консистенции. Выбор именно таких грунтов является ключевой деталью исследования, поскольку они изначально являются переуплотненными и непросадочными [3, 4]. Если даже для таких грунтов в результате засоления будет получен положительный результат, это свидетельствует о том, что для отложений, обладающих большим коэффициентом пористости, эффект от засоления будет еще более выраженным [13, 15].

Среди перечня физических характеристик, определенных для образцов, были: влажность (W) методом высушивания до постоянной массы; плотность (ρ) методом режущего кольца; плотность частиц грунта (ρs) пикнометрическим методом; число пластичности (Ip) и показатель текучести (Il) методом раскатки. Пористость (n), коэффициент пористости (e), плотность скелета грунта (ρd) и коэффициент водонасыщения (Sr) были определены по расчетным формулам. Общие требования к проведению лабораторных испытаний грунтов изложены в ГОСТ 30416-2020.

Далее образцы были испытаны в приборах компрессионного сжатия для определения степени их просадочности при природном уровне засоления. Согласно ГОСТ 25100–2020, все испытанные грунты были охарактеризованы как непросадочные.

Способ засоления «в кольцах»

Таблица 1

Физические характеристики исходных образцов грунтов

№ п/п	Глубина отбора пробы, м	Наименование грунта (ГОСТ 25100-2020)	W, %	ρ, г/см³	ρs, г/см³	ρd, г/см³	e, д.е.	Sr, д.е.	WL, %	WP, %	IP, %	IL, д.е.
1.	7,80	Суглинок легк. тугопластич.	13,41	2,20	2,71	1,94	0,397	0,92	17,08	9,96	7,12	0,48
2.	8,80	Суглинок легк. тугопластич.	17,03	2,04	2,72	1,74	0,560	0,83	24,94	13,27	11,67	0,32
3.	7,00	Суглинок легк. полутверд.	10,84	2,24	2,71	2,02	0,341	0,86	17,35	9,93	7,42	0,12
4.	7,80	Суглинок легк. полутверд.	10,53	2,13	2,71	1,93	0,406	0,70	16,43	9,01	7,42	0,20
5.	4,00	Суглинок легк. полутверд.	15,08	2,08	2,71	1,81	0,499	0,82	22,10	14,32	7,78	0,10
6.	8,80	Суглинок легк. тугопластич.	13,33	2,18	2,71	1,92	0,409	0,88	18,31	9,57	8,74	0,43
7.	6,80	Суглинок легк. тугопластич.	12,32	2,16	2,71	1,92	0,409	0,82	17,66	10,11	7,55	0,29
8.	7,20	Суглинок легк. полутверд.	12,36	2,17	2,71	1,93	0,403	0,83	18,32	11,22	7,10	0,16
9.	5,40	Суглинок легк. полутверд.	14,33	2,12	2,72	1,85	0,467	0,83	24,33	13,02	11,31	0,12
10.	6,00	Суглинок легк. полутверд.	12,32	2,18	2,71	1,94	0,396	0,84	19,20	10,11	9,09	0,24
11.	6,40	Суглинок легк. тугопластич.	10,32	2,15	2,71	1,95	0,391	0,72	16,82	7,11	9,71	0,33
12.	4,50	Суглинок легк. полутверд.	12,20	2,20	2,71	1,96	0,382	0,87	19,45	10,01	9,44	0,23
13.	5,00	Суглинок легк. полутверд.	13,26	2,17	2,71	1,92	0,414	0,87	19,63	12,02	7,61	0,16
14.	5,60	Суглинок легк. тугопластич.	15,69	1,98	2,71	1,71	0,583	0,73	20,52	12,20	8,32	0,42
15.	5,90	Суглинок легк. тугопластич.	16,40	2,03	2,71	1,74	0,554	0,80	21,22	13,04	8,18	0,41
16.	4,00	Суглинок легк. полутверд.	13,24	2,15	2,71	1,90	0,427	0,84	19,60	12,25	7,35	0,13
17.	4,30	Суглинок легк. полутверд.	17,32	2,12	2,71	1,81	0,500	0,94	23,33	15,66	7,67	0,22
18.	5,00	Суглинок легк. полутверд.	16,62	1,92	2,71	1,65	0,646	0,71	24,32	15,88	8,44	0,09

В рамках этого способа испытаний остатки монолитов грунта помещались в металлические "срезовые" кольца высотой 45 мм. Из одного монолита отбиралось 2-3 таких кольца для создания запаса объема грунта, необходимого для последующих испытаний по методу "двух кривых", для которого требуется два компрессионных кольца высотой 20 мм (Рис. 1).

После помещения в кольца образцы устанавливались в емкости для последующего замачивания в 3% растворе гипса с дистиллированной водой в течение 3-5 дней. Кольца с грунтом устанавливались друг на друга, разделяясь керамическими пористыми дисками, чтобы избежать их слипания и обеспечить проникновение раствора в нижележащие кольца. Из-за быстрого осаждения гипса из раствора несколько раз в день производилось взмучивание для поддержания процесса засоления.

После засоления образцы извлекались из емкостей, и грунт аккуратно перемещался из "срезовых" колец в компрессионные. Излишек грунта (10-20 мм в каждом кольце) оставлялся для последующих промежуточных определений влажности. Затем образцы сушились при

комнатной температуре до достижения влажности, близкой к природной, с замерами влажности каждые 4-5 часов.

Впоследствии проводились повторные определения просадочных показателей в одометрах по ГОСТ 23161-2012. Предварительное водонасыщение колец для испытаний производилось в вакуумной камере, где образцы выдерживались по 12 часов.

Этот метод позволил предотвратить размокание и последующее разрушение грунта в результате замачивания благодаря жестким стенкам колец, что способствовало лучшей сохранности природной структуры. Кроме того, метод косвенно имитирует вертикальную фильтрацию вод в массиве грунта.

Способ «засоления монолитов»

В рамках этого способа испытаний целые монолиты грунта плотно оборачивались марлей и дополнительно затягивались нитками. Затем монолиты помещались в поддон с 3% раствором гипса с дистиллированной водой таким образом, чтобы образцы полностью погрузились в раствор. Монолиты устанавливались на перфорированные подставки, чтобы они не прилегали непосредственно ко дну (Рис. 2).

Образцы выдерживались в растворе 2-3 суток, при этом раствор ежедневно взмучивался. После засоления обернутые монолиты извлекались из поддона и сушились при комнатной температуре в течение нескольких часов. Затем из монолитов вырезались компрессионные кольца с излишком грунта, которые дополнительно высушивались до влажности, близкой к природной, с замерами влажности каждые 4-5 часов. После этого образцы испытывались по ГОСТ 23161-2012. Предварительное водонасыщение колец для испытаний производилось в вакуумной камере, где образцы выдерживались по 12 часов.

Этот метод позволил проводить засоление без использования дополнительных колец, а также несколько ускорял процесс, поскольку раствор мог проникать в образец со всех сторон. Центральная часть монолита практически не подвергалась размоканию, что также способствовало сохранению природной структуры грунта. Однако был выявлен существенный недостаток этого метода: из-за крайне низких коэффициентов фильтрации глинистых грунтов и высокой скорости осаждения гипса лишь малая часть раствора могла проникнуть глубоко в монолит через поры и оказать разуплотняющее воздействие. Этот недостаток отразился на результатах.

Рис. 5. Образцы грунта, перемещенные в кольца перед искусственным засолением

Рис. 6. Монолит грунта, обернутый в марлю перед искусственным засолением

Параллельные испытания при гигроскопической влажности

Эта способ испытаний был разработан с целью экспериментального подтверждения того, что проявление просадочных свойств происходит именно за счет кристаллизации раствора во внутрипоровом пространстве грунта [11, 16]. Образцы грунта подготавливались аналогично способу засоления "в кольцах", а затем высушивались до гигроскопической влажности.

Испытания проводились в два этапа. В первом случае были отобраны два кольца из грунта с природным уровнем засоления. Одно кольцо было высушено до гигроскопической влажности, а второе водонасыщено. Затем было проведено испытание по определению относительной просадочности по ГОСТ 23161-2012 методом "двух кривых".

Во втором случае тот же грунт был предварительно засолен по методике "в кольцах". После засоления одно из колец было также высушено до гигроскопической влажности, а второе сначала высушено до гигроскопической влажности и затем водонасыщено. Далее было проведено испытание по определению относительной просадочности также по методу "двух кривых".

При обработке результатов предполагалось, что в первом испытании дополнительная осадка будет являться относительной деформацией за счет водонасыщения, а во втором испытании – деформация за счет водонасыщения в сумме с относительной просадочностью. Относительная просадка за счет засоления (ε_{sl}) рассчитывалась путем вычитания дополнительной осадки образца за счет увлажнения при природном уровне засоления ($\varepsilon_{доп'}$) из дополнительной осадки образца за счет увлажнения после искусственного засоления ($\varepsilon_{доп''}$). Для получения "действительной" относительной просадочности (ε_{sl}) в результате засоления из этой разницы дополнительно вычиталась природная относительная просадочность (ε_{sl} (Wпр)). Этот подход позволил охарактеризовать грунт по разнице относительных осадок и подтвердить, что именно образование кристаллов во внутрипоровом пространстве и их последующее вымывание вызывают просадку.

Результаты и обсуждение

Обработка результатов проводилась путем сопоставления значений относительной просадочности грунта (εsl) при ступени нагрузки 0,3 МПа между образцами, испытанными при природном уровне засоления, и теми же образцами после искусственного засоления. При этом влажность образцов поддерживалась на уровне, близком к природному. Все испытанные образцы, отобранные из Красногорского городского округа Московской области, относились к четвертичному московскому горизонту (QIIms) и были классифицированы как легкие моренные суглинки тугопластичной и полутвердой консистенции. Изначально все они были охарактеризованы как непросадочные согласно ГОСТ 25100–2020.

Результаты по способу засоления «в кольцах»

В рамках способа засоления «в кольцах» было проведено 10 испытаний (Таблица 2).

Таблица 2.

Увеличение относительной просадочности грунтов после засоления по способу «засоления колец»

Лабораторный номер	Глубина отбора	Наименование грунта по ГОСТ 25100-2020	Относительная просадочность до засоления (д.е.)	Относительная просадочность после засоления (д.е.)	Относительное увеличение относительной поросадочности после засоления (%)
			εsl	εsl	
1	7,8	Суглинок легк. тугопластич.	0,009	0,012	33,33
2	8,8	Суглинок легк. тугопластич.	0,005	0,009	80,00
3	7	Суглинок легк. полутверд.	0,003	0,010	233,33
4	8,8	Суглинок легк. тугопластич.	0,004	0,020	400,00

5	7,8	Суглинок легк. полутверд.	0,004	0,009	125,00
6	6,8	Суглинок легк. тугопластич.	0,007	0,011	57,14
7	7,2	Суглинок легк. полутверд.	0,008	0,010	25,00
8	5,4	Суглинок легк. полутверд.	0,006	0,011	83,33
9	6	Суглинок легк. полутверд.	0,005	0,008	60,00
10	6,4	Суглинок легк. тугопластич.	0,009	0,016	77,78

Статистический анализ результатов показал, что среднее увеличение относительной просадочности после засоления составило 117,5%, а медианное значение — 78,89%. Значительная разница между средним и медианным значениями, а также высокие показатели дисперсии (13133,74) и среднеквадратичного отклонения (114,51%) свидетельствовали о существенной неоднородности данных, указывая на наличие "выбросов" (Таблица 3).

Таблица 3.

Расчет среднеквадратического отклонения по результатам способа «засоления колец»

Относительное увеличение относительной поросадочности после засоления (%), x	Отклонение: $x-\mu$	Квадрат отклонения: $(x-\mu)^2$
33,33	-84,16	7083,55
80	-37,49	1405,5
233,33	115,84	13418,91
400	282,51	79811,7
125	7,51	56,4
57,14	-60,35	3642,12
25	-92,49	8555,6
83,33	-34,16	1166,91
60	-57,49	3305,1
77,78	-39,71	1576,88

Для выявления выбросов был применен метод межквартильного размаха (IQR). После упорядочивания данных (от 25,00% до 400,00%) были определены Q1 (58,57%) и Q3 (179,17%), а IQR составил 120,60%. Верхняя граница для определения выбросов (Q3 + 1,5 * IQR) была рассчитана как 301,27%. Значение увеличения относительной просадки для образца №4 (400%) было идентифицировано как выброс, поскольку оно превышало эту границу. Образец №3 (233,33%) также был исключен из дальнейшего статистического анализа по причинам, связанным с особенностями проведения эксперимента (Рис. 3).

Рис. 7. Распределение результатов увеличения относительной просадочности по способу «засоления колец»

После исключения выбросов уточненное среднее значение увеличения относительной просадочности в результате засоления составило 67,7%.

Критика метода выявила, что неоднородность результатов была связана с несовершенством процесса засоления образцов. Было замечено, что образцы, расположенные сверху в емкостях для замачивания, демонстрировали более значительное увеличение просадочности, поскольку они инфильтрировали большую часть раствора по сравнению с нижними образцами. Кроме того, два испытания по этому методу не были включены в статистику, так как увеличение относительной просадочности не произошло, а в некоторых случаях даже уменьшилось. Это могло быть связано с недостаточным проникновением раствора или структурной неоднородностью самих образцов.

Результаты по способу «засоления монолитов»

По способу «засоления монолитов» было проведено 8 испытаний (Таблица 4).

Таблица 4.

Увеличение относительной просадочности после засоления по способу «засоления монолитов»

Лабораторный номер пробы	Глубина отбора пробы,	Наименование грунта по ГОСТ 25100-2020	Относительная просадочность до засоления (д.е.)	Относительная просадочность после засоления (д.е.)	Относительное увеличение относительной поросадочности после засоления (%)
			εsl	εsl	
11	5	Суглинок легк. полутверд.	0,001	0,026	2500,00
12	4	Суглинок легк. полутверд.	0,001	0,010	900,00
13	4,5	Суглинок легк. полутверд.	0,003	0,006	100,00
14	5	Суглинок легк. полутверд.	0,006	0,007	16,67
15	5,6	Суглинок легк. тугопластич	0,008	0,010	37,50
16	5,9	Суглинок легк. тугопластич	0,007	0,009	28,57
17	4	Суглинок легк. полутверд.	0,004	0,006	50,00
18	4,3	Суглинок легк. полутверд.	0,008	0,012	50,00

Первоначальный статистический анализ показал, что среднее увеличение относительной просадочности составило 460,34%, а медианное значение — 50,00%. Как и в предыдущем методе, наблюдалась существенная неоднородность результатов, подтвержденная высокими значениями дисперсии (672523,87) и среднеквадратичного отклонения (820,08%) (Таблица 5).

Таблица 5.

Расчет среднеквадратического отклонения по результатам способа «засоления монолитов»

Относительное увеличение относительной поросадочности после засоления (%), x	Отклонение:x−μ	Квадрат отклонения: $(x-\mu)^2$
2500	2039,66	4158224,91
900.00	439.66	193300.92
100.00	-360.34	129844.91
16.67	-443.67	196843.07
37.50	-422.84	178794.27
28.57	-431.77	186425.03
50.00	-410.34	168378.91
50.00	-410.34	168378.91

Для выявления выбросов был применен метод межквартильного размаха. После упорядочивания данных (от 16,67% до 2500,00%) были определены Q1 (30,80%) и Q3 (700,00%), а IQR составил 669,20%. Верхняя граница для определения выбросов (Q3 + 1,5 * IQR) была рассчитана как 1703,80%. Значение увеличения относительной просадки для образца №11 (2500%) было идентифицировано как выброс. Образец №12 (900%) также был исключен из анализа по методологическим причинам.

После исключения выбросов уточненное среднее значение увеличения относительной просадочности в результате засоления составило 47,12% (Рис. 4).

Основной недостаток этой методики заключался в том, что глинистые грунты обладают крайне низкими коэффициентами фильтрации, а скорость осаждения гипса, наоборот, крайне высока. Это приводило к тому, что лишь малая часть раствора могла проникнуть глубоко в монолит сквозь поры и оказать разуплотняющее влияние. Было отмечено, что у монолитов меньшего диаметра относительная просадочность возрастала существеннее, чем у более крупных образцов, поскольку путь к сердцевине образца короче с уменьшением диаметра. Образцы №11 и №12, отбракованные по пиковым значениям, имели наименьшие габариты, что, вероятно, способствовало их более сильному засолению. Из-за этих ограничений еще три испытания не были включены в статистику из-за несущественных изменений относительной просадки.

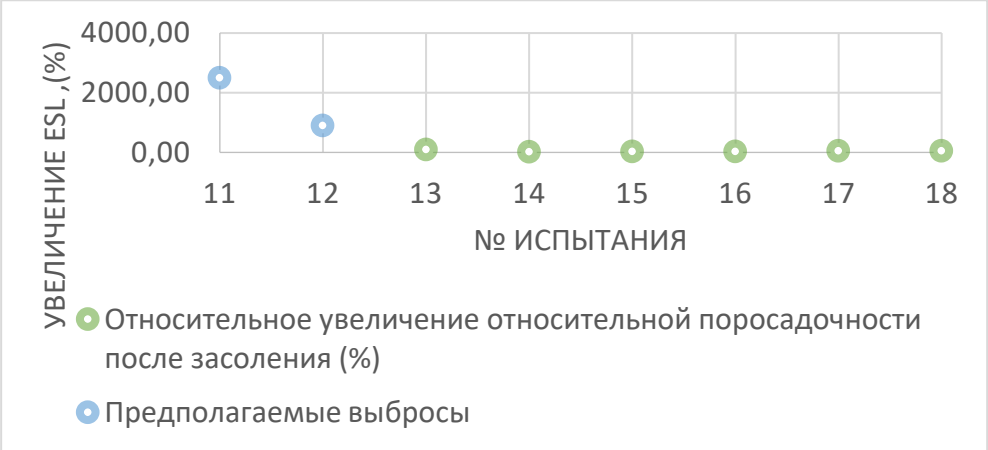


Рис. 8. Распределение результатов увеличения относительной просадочности по способу «засоления колец»

Существенное расхождение результатов между двумя способами засоления (67,7% для "в кольцах" против 47,12% для "засоления монолитов") указывает на необходимость доработки обеих способов. Например, для засоления "в кольцах" целесообразно производить насыщение в отдельной емкости для каждого образца, а для способа "засоления монолитов" использовать монолиты исключительно одного диаметра.

Результаты параллельных испытаний при гигроскопической влажности

Методика с высушиванием образцов до гигроскопической влажности оказалась наиболее показательной для подтверждения гипотезы. Она позволила экспериментально доказать, что проявление просадочных свойств происходит именно за счет кристаллизации раствора во внутрипоровом пространстве грунта.

Например, для образца №19, отобранного из того же монолита, что и образец №1 (природная относительная просадочность 0,009 д.е.), дополнительная осадка при природном уровне засоления составила 0,060 д.е., а после искусственного засоления — 0,103 д.е.. Таким образом, относительная просадка за счет засоления, рассчитанная как разница между дополнительными осадками, составила 0,043 д.е.. "Действительная" относительная просадочность, учитывающая природную просадочность, составила 0,034 д.е..

Для образца №20, отобранного из того же монолита, что и образец №5 (природная относительная просадочность 0,004 д.е.), дополнительная осадка при природном уровне засоления составила 0,068 д.е., а после искусственного засоления — 0,113 д.е.. Относительная просадка за счет засоления составила 0,045 д.е., а "действительная" относительная просадочность — 0,041 д.е..

Расчетным путем были получены значения относительной просадочности, которые достаточно хорошо коррелируются между собой, что подтверждает, что именно образование кристаллов во внутрипоровом пространстве и их последующее вымывание вызывают просадку. Этот метод демонстрирует потенциал кристаллизационного давления в разуплотнении грунта. Однако важно отметить, что условия, при которых проводились эти испытания, были идеализированы. Кристаллизация происходила без оказания всестороннего давления на образец, что в реальных условиях способствовало бы постепенной релаксации напряжений из-за роста кристаллов [4]. Время отстоя образцов перед испытаниями составляло 1-2 недели, в отличие от 1-2 дней в других методиках. Кроме того, влажность, при которой проводились испытания, практически недостижима в массиве грунта, а изменения температурно-влажностного режима в лаборатории также могли оказать существенное влияние на кристаллизацию [14].

Косвенные признаки подтверждения гипотезы.Помимо прямых измерений относительной просадочности, были зафиксированы косвенные признаки, подтверждающие выдвинутую гипотезу. После замачивания и последующей сушки образцов при комнатной температуре было визуально отмечено появление высолов гипса на поверхности монолитов, а в текстуре грунта — мелких белых кристаллов (Рисунок 5).

При засолении образцов способом "в кольцах" после сушки наблюдалось небольшое (доли мм) увеличение объема грунта, из-за чего приходилось подравнивать поверхность колец. Это прямо свидетельствует о факте разуплотнения в результате внутрипорового давления кристаллов гипса.

Также было отмечено уменьшение природной плотности и увеличение коэффициента пористости грунтов, что объясняется предполагаемой кристаллизацией раствора. В усредненных значениях плотность (ρ) уменьшилась на 5% (с 2,17 до 2,07 г/см³), а коэффициент пористости (e) увеличился на 7,5% (с 0,416 до 0,450 д.е.). Эти изменения в фундаментальных физических свойствах согласуются с гипотезой о разуплотнении структуры грунта, вызванном ростом кристаллов.

Выводы

Рис. 9. Кристаллизация гипса в грунте

В данной работе проведено комплексное исследование просадочности грунтов, вызванной искусственным засолением.

В ходе исследования было проведено более 20 параллельных сравнительных испытаний, направленных на изучение проявления просадочных свойств в изначально непросадочных грунтах в результате искусственного засоления. Применение способа засоления «в кольцах» привело к увеличению относительной просадочности грунтов в среднем на 67,7%. Способ «засоления монолитов» показал увеличение относительной просадочности на 47,12%.

Наиболее значимым результатом является экспериментальное подтверждение, полученное с помощью метода высушивания до гигроскопической влажности, которое показало, что именно кристаллизация раствора гипса во внутрипоровом пространстве приводит к «приобретению» просадочных свойств в грунтах вследствие их разуплотнения. Это подкрепляется косвенными признаками, такими как визуальное появление высолов гипса, наблюдаемое увеличение объема образцов и снижение их плотности (на 5%) с одновременным увеличением коэффициента пористости (на 7,5%).

Полученные результаты, несмотря на их предварительный характер из-за ограниченной выборки, подтверждают состоятельность выдвинутой гипотезы. Этот вывод имеет важное значение, поскольку он бросает вызов традиционному представлению в инженерной геологии о том, что изначально непросадочные грунты остаются таковыми длительное время. В условиях изменяющегося климата, приводящего к увеличению засушливых территорий, и интенсивного сельскохозяйственного освоения с применением удобрений, засоление грунтов может стать причиной неожиданных деформаций сооружений. Это подчеркивает необходимость более глубокого изучения условий возникновения просадочных свойств и последующего обновления строительных норм и методик инженерно-геологических изысканий для предотвращения потенциальных аварийных ситуаций.

Литература.

1. Гольдштейн, М.Н., Макаренко, Н.М. Об определении просадочных свойств лессовых грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1970. — № 6. — С. 10–13.

2. Долматов, Б.И., Ухов, С.Б. Механика грунтов, основания и фундаменты. — Л.: Стройиздат, 1988. — 320 с.

3. Кригер, Н.И., Кузнецов, А.Г., Мунц, О.И. Косвенные методы оценки просадочных свойств лессовых пород // Труды ПНИИС. — М.: Стройиздат, 1971. — Т. 12. — С. 191–260.

4. Ломизе, Г.М. Зависимость просадочности от напряженного состояния лессового грунта // Гидротехническое строительство. — 1959. — № 11. — С. 8–10.
5. Мустафаев, А.А. Основы механики просадочных грунтов. — М.: Стройиздат, 1978. — 264 с.
6. Рекомендации по определению деформационных свойств засоленных грунтов / НИИОСП им. Н.М. Герсеванова. — 1980.
7. Трофимов, В.Т. Генезис просадочности лёссовых пород. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. — 271 с.
8. Трофимов, В.Т. Грунтоведение. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. — 1024 с.
9. Трофимов, В.Т. Об итогах инженерно-геологического изучения массивов лёссовых пород северной Евразии. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2016. — 5 с.
10. Цытович, Н.А. Механика грунтов. — М.: Высшая школа, 1983. — 288 с.
11. Alonso, E.E., Gens, A., Josa, A. A constitutive model for partially saturated soils // Géotechnique. — 1990. — Vol. 40, № 3. — P. 405–430.
12. Agha, M.D.S., Al-Wazzan, F.A. Evaluating the Impact of Gypsum Content on the Physical and Hydraulic Properties of Soils in Arid Regions: A Review // Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition. — 2025. — Vol. 11, Issue 1. — P. 217-225.
13. Casagrande, A. The Determination of the Pre-Consolidation Load and Its Practical Significance // Proceedings of the 1st International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. — 1936. — P. 60–64.
14. Derluyn, H., Prat, M. Salt Crystallization in Porous Media. — Wiley-ISTE, 2024. — 272 p..
15. Fredlund, D.G., Morgenstern, N.R., Widger, R.A. Shear strength of unsaturated soils // Canadian Geotechnical Journal. — 1978. — Vol. 15, № 3. — P. 313–321.
16. Jennings, J.E., Knight, K. A guide to construction on or with materials exhibiting additional settlement due to collapse of grain structure // Proceedings of the 6th Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering. — 1975. — P. 99–105.
17. Li, Y., et al. Spatiotemporal Monitoring of Soil Salinity Using Time-Series Satellite Images and Machine Learning Algorithms // Remote Sensing. — 2024. — Vol. 16, № 24. — Art. 4812.
18. Petros, G., Aikaterini, V. Kinetics of crystal growth of mirabilite in aqueous supersaturated solutions // Journal of Crystal Growth. — 2012. — P. 89–194.
19. Wu, G., et al. An Experimental Study on the Effect of Desulfurized Gypsum on Geopolymer-Solidified Soil // International Journal of Geomechanics. — 2025. — Vol. 25, № 6.
20. Xu, S., et al. Improving Saline–Alkali Land by Combining Ditching with Subsurface Pipe Drainage // Applied Sciences. — 2023. — Vol. 13, № 1. — Art. 549.
21. Yang, S., et al. Soil Salinization and Climate Change: A Review of Plant-Soil Interactions and Strategies for Resilience // Frontiers in Environmental Science. — 2024. — Vol. 12.
22. Zhang, X., et al. Soil Salinization: A Review of Causes, Impacts, and Management Strategies // Frontiers in Environmental Science. — 2021. — Vol. 9.

THE OCCURRENCE OF SAG PROPERTIES DURING SALINIZATION OF NON-SAG SOILS IN LABORATORY CONDITIONS

N.A. Petrov[1], A.V. Tikhonov [2]
Sergo Ordzhonikidze Russian State University of Geological Prospecting (MGRI)
e-mail: nikita.petrov.2001@gmail.com[1], tikhonovav@mgri.ru[2]

Abstract. The study focuses on the effect of salinity on the settlement properties of initially non-settling soils under laboratory conditions. Traditionally, in engineering geology, it is believed that soils that do not exhibit settlement properties cannot acquire them in a relatively short period of time. However, observed cases in real-world conditions where initially non-settling soils became slightly-settling soils after salinity and drying suggest otherwise. This has prompted the present study. The main hypothesis is based on the assumption that when soil is salinized and then dried, it becomes less compact due to the growth of salt crystals in the pore space, which creates significant internal pore pressure. After soaking, such soil may exhibit subsidence properties. During the work, three

methods of artificial salinization of soils were developed and applied: "in rings," "salinization of monoliths," and "parallel tests at hygroscopic moisture." Laboratory tests were conducted on undisturbed samples of light moraine loams from the Moscow region, which were initially classified as non-sagging. The results of the studies showed that artificial salinization led to a significant increase in the relative sagging of the soils. According to the "in rings" salinization method, the relative sagging increased by an average of 67.7%. In the "monolith salinization" method, the increase was 47.12%. Parallel tests at hygroscopic moisture It was experimentally confirmed that the manifestation of subsidence properties occurs precisely due to the crystallization of the gypsum solution in the intra-pore space, which leads to the decompaction of the soil. Indirect signs were also observed, such as the appearance of gypsum efflorescence on the surface of the samples, a slight increase in their volume and a decrease in density (on average by 5%) with a simultaneous increase in the porosity coefficient (on average by 7.5%).

Keywords: Soil subsidence; Salinization; Salt crystallization; Soil decompaction; Laboratory studies; Geotechnics; Moraine loams; Gypsum.

УДК 550.343.4

СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ – ОДИН ИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ЕЛАНСКОЙ СТРУКТУРЫ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА)

Сафронич И.Н[1].,Семенов А.И[2]., Надежка Л.И.[3], Колесников И.М.[4]
Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия
e-mail: igor@geophys.vsu.ru[1], nadezhka@geophys.vsu.ru[2], nadezhka_ssm@geophys.vsu.ru[3], igor-kolesnikov@yandex.ru[4]

Аннотация. Рассмотрены вопросы сейсмической опасности. На примере результатов сейсмического микрорайонирования территории Еланской интрузии показано, что значения сейсмической сотрясаемости (сейсмическая опасность) существенно дифференцированы. В пределах территории изменяется от 5.7 баллов до 6.6 баллов. Сделан вывод о необходимости проведения сейсмического микрорайонирования при строительстве объектов разного назначения и добычи полезных ископаемых.

Сейсмическая опасность является одной из значимых составляющих в системе экологической опасности. Особую остроту проблема сейсмической опасности приобретает для регионов с активной добычей полезных ископаемых и развитой инфраструктурой, к которым относится и территория Воронежского кристаллического массива.

Прогноз сейсмической опасности любой территории заключается в оценке интенсивности возможных сильных колебаний грунта в результате воздействия природных и техногенных источников сейсмических колебаний. Сильные колебания грунта могут быть описаны семейством векторов смещения, скорости или ускорения, которые используются для оценки сейсмической опасности как сотрясаемости в баллах.

Точное прогнозирование сейсмической опасности не менее сложно, чем прогноз землетрясений. Однако, в отличие от прогноза землетрясений, проблема прогнозирования сейсмической опасности допускает приближенное решение.

В общем случае, прогноз сейсмической опасности базируется на трех видах сейсмических исследований: общего сейсмического районирования (ОСР), детального сейсмического районирования (ДСР), *сейсмическое микрорайонирование (СМР)*.

Задачи, решаемые методами ОСР и ДСР схожи. В основном, по комплексу геологических, геофизических и сейсмологических данных оцениваются сейсмические условия крупных геологических структур, выделяются геодинамически активные зоны и оценивается их сейсмический потенциал. При этом при детальном сейсмическом районировании снижается ранг картируемых структур, повышается точность определения

параметров землетрясений, изучается интенсивность колебаний, возникающих при землетрясениях.

В процессе этих исследований было установлено, что на интенсивность колебаний влияют грунтовые, геодинамические и геоморфологические условия территории. Детальное исследование интенсивности сейсмических колебаний в *изменяющихся условиях* является задачей сейсмического микрорайонирования. Методика и основные направления сейсмического микрорайонирования изложены в нормативных документах [1] и ряде научных работ [2-4].

В практике работ наиболее часто используются методы: инженерно-геологический, метод сейсмических жесткостей, метод регистрации землетрясений и промышленных взрывов, метод регистрации микросейсм.

В качестве примера ниже рассмотрено применение сейсмического микрорайонирования для оценки сейсмической опасности Еланской интрузии (структуры).

Детальная оценка микросейсмических колебаний и сотрясаемости в различном частотном диапазоне была выполнена на территории Еланской интрузии, площадь которой около 100 $км^2$. Это сложная по составу, многофазная структура. Ее ранняя фаза обогащена ультрамафитами, поздняя – существенно мафитовая ассоциация пород: от габрито-норитов до роговообманковых габбро. Мощность осадочного чехла в районе Еланского массива составляет 245-255 *м*.

Сейсмическое микрорайонирование на территории Еланской структуры проводилось с целью детальной оценки приращения балльности – относительно карты общего сейсмического районирования (ОСР-2015). Согласно карты ОСР-2015-С территория Воронежской области, в том числе и Еланской структуры, характеризуется фоновой сейсмичностью 6-баллов на средних грунтах.

Работы по сейсмическому микрорайонированию выполнялись в два этапа. На первом этапе была создана каркасная сеть с расстоянием между пунктами наблюдений 1000 метров. Далее выполнялось сгущение пунктов наблюдений до шага 250-500 *м*. Эти пункты образовали каркасную сеть и наблюдения на них проводились не менее 6 месяцев.

На втором этапе выполнялись измерения по профилям с шагом 250 *м*. Время измерения на этих пунктах составляло 1.0-2.0 час.

Надежность результатов сейсмического микрорайонирования зависит от точности измерений сейсмического волнового поля в процессе исследований и оптимальности методов интерпретации. В практике проведения СМР используются следующие основные методы: инженерно-геологический, метод сейсмических жесткостей, метод регистрации землетрясений, метод регистрации взрывов и метод регистрации микросейсм [2]. Все эти методы использовались для оценки приращения балльности. На основе обобщения фактических данных сделана оценка сейсмических сотрясений для различных периодов сейсмического поля.

Следует заметить, что пространственное распределение сейсмической интенсивности сотрясений для разных периодов имеет свои особенности. Вместе с тем, основные особенности пространственного изменения балльности сохраняются для всех диапазонов частот. На рисунке представлена уточненная схема сейсмической интенсивности сотрясений для средних периодов колебаний.

Как видно из рисунка, интенсивность сотрясений в пределах структуры существенно разная от 5.7 баллов до 6.6, т. е. на относительно небольшой территории сейсмическая опасность изменяется фактически на 1.0 балл.

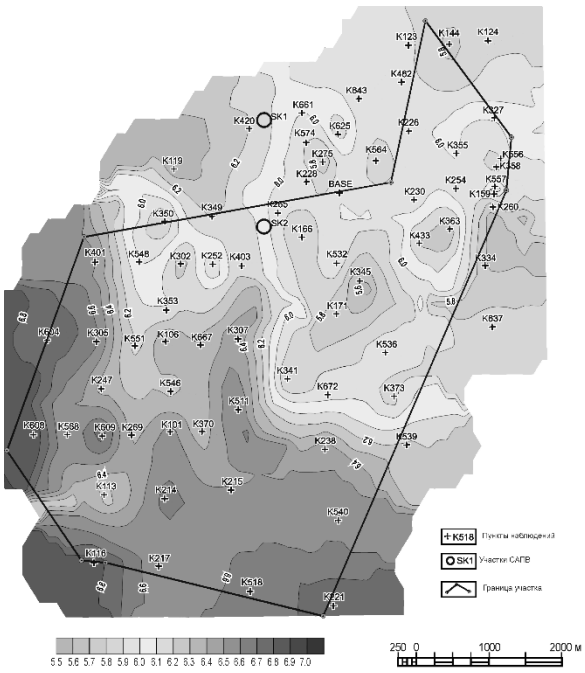


Рис.1 Уточненная схема сейсмической интенсивности сотрясений для средних периодов колебаний

Этот пример однозначно свидетельствует о необходимости проведения сейсмического микрорайонирования при решении задач, связанных с добычей полезных ископаемых (разработка новых месторождений и расширении уже существующих). Особенно остро необходимость сейсмического микрорайонирования стоит при выборе площадок для строительства зданий, особенно высотных, сооружений, объектов разного назначения, в том числе, особо ответственных.

Литература.

1. СП 11 – 105 – 07 Инженерно-геологические изыскания для строительства, 2004
2. Алешин А.С. О физических основах сейсмического микрорайонирования Вопросы инженерной сейсмологии. 1981Вып.21.С.85-92
3. Влияние грунтов на интенсивность сейсмических колебаний. Вопросы инженерной сейсмологии. Вып.15.1973.205с
4. Алешин А.С. Сейсмическое микрорайонирование особо ответственных объектов. М.: Светоч Плюс. 2010.310с

SEISMIC MICROZONING IS ONE OF THE EFFECTIVE METHODS FOR ASSESSING SEISMIC HAZARD (USING THE EXAMPLE OF THE YELANSKAYA STRUCTURE OF THE VORONEZH CRYSTALLINE MASSIF)

I.N. Safronich[1], A.I Semenov[2], L.I. Nadezhka[3], I.M. Kolesnikov[4]
Voronezh State University, Voronezh, Russia
e-mail: igor@geophys.vsu.ru[1], nadezhka@geophys.vsu.ru[2], nadezhka_ssm@geophys.vsu.ru[3], igor-kolesnikov@yandex.ru[4]

Abstract. The issues of seismic hazard are considered. Using the example of the results of seismic microzoning of the territory of the Yelanskaya intrusion, it is shown that the values of seismic shaking (seismic hazard) are significantly differentiated. Within the territory, it varies from 5.7 points to 6.6 points. A conclusion is made about the need to carry out seismic microzoning during the construction of various facilities and mining operations.

УДК 551.3

НОВЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ИНИЦИАЦИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

А.Н. Тимофеев
Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж, Россия
e-mail: www72@bk.ru

Аннотация. Рассматривается роль временных водоемов, образующихся в колеях грунтовых дорог, проходящих вдоль склонов и оврагов, как источника переувлажнения слоев грунта и инициации оползневых процессов. Приводится анализ распределения оползней по территории Воронежской области и их зависимость от сети грунтовых дорог. Произведено ранжирование районов Воронежской области по количеству оползневых процессов, связанных с воздействием пролегающих рядом грунтовых автомобильных дорог. Из 32 районов области, согласно данному ранжированию, 12 имеют категорию «чрезвычайно опасная», «весьма опасная» и «опасная», и эти же районы имеют сильно разветвленную сеть грунтовых дорог, пролегающих вблизи оврагов, крутых берегов рек и прудов, где потенциально возможно протекание оползневых процессов. В пятилетний период с 2020 по 2025 гг. на территории Воронежской области произошли еще десять оползней в близи грунтовых дорог. Грунтовые дороги часто имеют относительно глубокие колеи, где скапливаются талые или дождевые воды, образуя локальные микроводоемы. Просачиваясь до водоупорного слоя, вода насыщает почвенный пласт, который может соскальзывать вниз по склону, формируя оползневый процесс. Необходимо прогнозировать возможность возникновения опасных природных явлений при прокладывании автомобильных грунтовых дорог.

Ключевые слова: экзогенные процессы, оползни, форма рельефа, грунтовые дороги.

Оползни возникают тогда, когда природными процессами или людьми нарушается устойчивость склона. Силы связности грунтов или горных пород оказываются в какой-то момент меньше, чем сила тяжести и вся масса при этом приходит в движение. Оползни – экзогенные склоновые процессы, выражающиеся в скользящем смещении рыхлых горных пород и почвы под действием силы тяжести и подземных вод. Оползни, чисто гравитационные процессы склоновой денудации, развивающиеся лишь в соответствующих структурно-геологических условиях [2,9]. Они возникают на склонах речных долин, оврагов, крутых берегах рек и морей, но редко отмечаются на склонах крутизной менее 10-12 градусов. При соблюдении ряда необходимых условий оползни есть функция крутизны и высоты склона.

Полевые исследования причин возникновения оползней проводилось на территории Воронежской области с 2000 г. [13]. Известно, что территория области имеет относительно густую овражно-балочную сеть и высокую степень активности эрозионных процессов. Около 80 % территории отдано под сельхозугодия, при этом в северной части области из них эродированными считаются не менее 20 %, а в южной части – около 50 % [5].

В Воронежской области оползни в основном относятся к автохтонным опасностям. Они часто возникают на крутых склонах высотой более 5-10 м, в разрезах которых имеются глинистые породы разной степени литификации [3]. В целом причинами возникновения оползней на большей территории России считаются грунтовые воды, интенсивный поверхностный сток, вызванный продолжительными осадками и таянием значительного количества снега, а также землетрясения в сейсмически активных зонах. Причинами образования оползней на территории Воронежской области являются спорадическое обводнение песчаных отложений верхнего палеогена и нижнего неогена, перекрывающих глины киевского возраста, выклинивание на склонах подземных вод палеоген-неогеновых комплексов, развитие процессов овражной эрозии [8]. Большинство экзогенных процессов, к которым относятся и оползни, носят циклический характер [4,6,10]. Повторяемость их практически во всех оползнеопасных районах России происходит в среднем каждые 8-12 лет, а на территории Воронежской области – каждые 6-8 лет [1,7].

В соответствии со СНиП "Геофизика опасных природных воздействий" [12] специалистами Н.Д. Разиньковым и С.Л. Титовой проведено ранжирование территории Воронежской области по степени пораженности оползневыми процессами, составлена карта-схема [11].

Согласно данному ранжированию, выделяют четыре типа площадной пораженности территории области:

- чрезвычайно опасная – поражено более 30 % территории;
- весьма опасная – поражено более 11-30 % территории;
- опасная – поражено 1-10 % территории;
- умеренно опасная – поражено менее 0,1-1 % территории.

Сопоставительный анализ карты-схемы оползневой пораженности и карты дорог Воронежской области показал, что из 32 административных районов в 12 разветвленная дорожная сеть (включая дороги без твердого покрытия) сочетается со значительной степенью пораженности территории оползневыми процессами, относящимися, согласно приведенному ранжированию, к категориям «чрезвычайно опасная», «весьма опасная» и «опасная». К таким административным районам Воронежской области относятся Нижнедивицкий, Острогожский, Каменский, Семилукский, Репьевский, Хохольский, Лискинский, Подгоренский, Грибановский, Новохоперский, Воробьевский и Калачеевский. В соответствии с дорожной картой значительное количество участков грунтовых дорог пролегает вблизи оврагов, берегов рек, прудов и озер, где потенциально возможно протекание оползневых процессов.

На грунтовых дорогах, при их длительной эксплуатации, часто возникают разнообразные деформации поверхности проезжей части, например, проседания грунта с образованием дорожной колеи. Такие понижения на дорогах заполняются водой во время дождей или после таяния снега. Образуются относительно временные микроводоемы – дорожные лужи. В зависимости от состава почвы вода может просачиваться в более глубокие горизонты или при медленном просачивании большей частью испаряться. В первом случае будет происходить постоянное и продолжительное увлажнение нижних почвенных слоев, которое, доходя до водоупорного горизонта и накапливаясь там до определенного количества, может вызвать оползень. Дорожные лужи в данном случае являются своеобразным резервуаром, служащим источником постоянной влагоподпитки нижних почвенных пластов над водоупорным горизонтом, которые при перенасыщении водой соскальзывают под действием силы тяжести вниз по склону.

В Воронежской области оползни, возникающие при участии грунтовых дорог с глубокими колеями, распространены, не только в указанных выше районах, но и на территориях, считающихся, согласно карте-схеме, относительно безопасными. Например, они отмечены по крутым берегам рек Дона (в районе городов Воронеж, Павловск, а также памятника природы – Кривоборья), Воронежа (близ г. Воронеж, Рамонь), также они отмечены в оврагах Павловского, Богучарского и Петропавловского районов.

Спустя пять лет после опубликования результатов первого обследования территории Воронежской области, связанных с выявлением роли дорог в образовании оползневых процессов [13], появились новые данные об увеличении количества оползней в близи грунтовых автомобильных дорог (табл. 1).

За пять лет наблюдений в девяти административных районах области: Нижнедивицком, Острогожском, Репьевском, Лискинском, Грибановском, Воробьевском, Калачеевском, Павловском и Петропавловском произошли оползни на склонах в близи грунтовых дорог (табл. 1).

Таблица 1.

Распределение оползневых процессов, связанных с грунтовыми дорогами, по районам Воронежской области

Районы области	Категории опасности	Количество оползней (ед.; годы)		
		до 2020	2020-2025	всего
Нижнедивицкий	Чрезвычайно опасная	3	2	5
Острогожский	Весьма опасная	3	1	4
Каменский	Весьма опасная	2	-	2
Семилукский	Опасная	3	-	3
Хохольский	Опасная	2	-	2
Репьевский	Опасная	1	1	2
Лискинский	Опасная	4	1	5
Подгоренский	Опасная	1	-	1
Грибановский	Опасная	1	1	2
Новохоперский	Опасная	1	-	1
Воробьевский	Опасная	1	1	2
Калачеевский	Опасная	2	1	3
г. Воронеж	Неопасная	1	-	1
Рамонский	Неопасная	2	-	2
Павловский	Неопасная	2	1	3
Богучарский	Неопасная	2	-	2
Петропавловский	Неопасная	3	1	4
Всего:		34	10	44

Таким образом, за все время наблюдения на территории Воронежской области зафиксировано 44 оползня произошедшие в непосредственной близости от грунтовых дорог. Данный антропогенный фактор следует учитывать при составлении прогнозов протекания оползневых процессов, для составления теоретических выкладок и практических построений. Необходимо также прогнозировать возможность возникновения опасных природных явлений при прокладывании автомобильных грунтовых дорог.

Литература.

2. Акимов В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.

3. Аристархова Л.Б., Федорович Б.А. Склоновые процессы в пустынях и полупустынях. / Склоны, их развитие и методы изучения: Вопросы географии, № 85. – М.: Мысль, 1971. – С. 32-52.

4. Бережной А.В., Ахтырцева Н.И. Доно-Воронежское междуречье. / Природа и ландшафты Подворонежья. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1983. – С. 50.

5. Возовик Ю.И. О повторяемости событий в процессе развития ландшафтов во времени. "Вопросы географии", вып. 79, М.: «Мысль», 1970. – С. 16-28.

6. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2023 году. [Электронный ресурс]. – https://govvrn.ru/sites/default/files/2025-02/Доклад%20о%20состоянии%20окружающей%20среды%20на%20территории%20Воронежской%20области%20в%202023%20году.pdf?download (дата обращения 01.08.2025).

7. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. М.: Недра, 1972. – 310 с.

8. Кюнтцель В.В. Закономерности оползневого процесса на европейской территории СССР / В.В. Кюнтцель. М.: Недра, 1980. – 213 с.

9. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века. // Вестник РАН, 2001. Т. 71. № 4. С. 291-302.

10. Природные опасности России. РАН, МЧС России. / Под общ. ред. В.И. Осипова, С.К. Шойгу. – Оценка и управление природными рисками. Тематический том. / Под ред. А.Л. Рагозина. – М.: Издательская фирма "КРУК", 2003. – 320 с.

11. Природные опасности России. Экзогенные геологические опасности / Под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. М.: КРУК, 2002. – 345 с.

12. Разиньков Н.Д., Титова С.Л. Оползневые процессы и свойственная им цикличность. / Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов: Междунар. научно-техническая

интернет-конференция. – Тула: ТулГУ, 2012. [Электронный ресурс]. – http://kadastr.org/conf/2012/pub/geolog/polznev-process-cyk.htm (дата обращения 01.08.2025).
13. СНиП 22-01-01. Геофизика опасных природных воздействий. Принят и введён в действие с 1.01.1996г. постановлением Минстроя России от 27.11.1995г. №18-100; актуализирован в 2018 г.
14. Тимофеев А.Н. Роль грунтовых дорог в формировании оползневых процессов (на примере Воронежской области) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2020. Т. 28. № 1. С. 65–74.

NEW REGULARITIES IN INITIATION OF LANDSLIDE PROCESSES

A.N. Timofeev, www72@bk.ru
Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia

Abstract. The role of temporary reservoirs formed in the tracks of dirt roads running along slopes and ravines as a source of waterlogging of soil layers and initiation of landslide processes is considered. An analysis of the distribution of landslides across the territory of the Voronezh region and their dependence on the network of dirt roads is given. The districts of the Voronezh region are ranked by the number of landslide processes associated with the impact of adjacent dirt roads. Of the 32 districts of the region, according to this ranking, 12 have the category of "extremely dangerous", "very dangerous" and "dangerous", and these same districts have a highly branched network of dirt roads running near ravines, steep river banks and ponds, where landslide processes are potentially possible. In the five-year period from 2020 to 2025, ten more landslides occurred in the Voronezh region near dirt roads. Dirt roads often have relatively deep ruts where melt or rainwater accumulates, forming local micro-reservoirs. Seeping to the impermeable layer, the water saturates the soil layer, which can slide down the slope, forming a landslide process. It is necessary to predict the possibility of hazardous natural phenomena when laying dirt roads.

Key words: exogenous processes, landslides, relief form, dirt roads.

УДК 624.131.3

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

С. И. Фонова, Е.Э. Бурак, А. В. Чаплина
Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж Россия
*e-mail:*sveta.27@mail.ru, burak.e@mail.ru, Anna06082001@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена рассматриванию влияния техногенных факторов на геологические и гидрогеологические условия, что является критически важным для успешного проектирования и эксплуатации объектов инфраструктуры.

Ключевые слова: техногенные факторы, техногенные воздействия, техногенные процессы, вещества.

В современном мире техногенные факторы оказывают значительное влияние на геологические и гидрогеологические условия. Эти изменения обусловлены активной человеческой деятельностью, включая строительство, добычу полезных ископаемых и другие виды промышленного производства. Согласно отчету Международной ассоциации инженерной геологии (IAEG), за последние десятилетия количество инцидентов, связанных с техногенными изменениями геологических условий, увеличилось на 25%. Это подчеркивает важность изучения таких факторов для обеспечения безопасности и устойчивости инженерных объектов.

Техногенные факторы существенно изменяют геологические условия, что проявляется в изменении структуры и устойчивости горных пород. Например, ежегодно в результате

добычи полезных ископаемых в России образуется более 1,5 миллиарда тонн отходов, оказывающих давление на подземные слои и способствующих их деформации. Эти изменения требуют тщательного анализа для предотвращения катастрофических последствий. В контексте воздействия на природные ресурсы важно отметить, что гидросфера юго-восточной части Беларуси включает в себя крупные реки, такие как Днепр, Припять, Сож и Березина. В результате регулярных замеров вод этих рек было выявлено повышенное содержание биогенных веществ, включая медь, марганец и железо. [3] Это указывает на то, что техногенные процессы затрагивают не только геологические изменения, но и химический состав водоемов, что подчеркивает необходимость комплексного подхода к анализу их состояния.

Техногенные воздействия оказывают значительное влияние на гидрогеологические процессы. Изменения уровня грунтовых вод в промышленных зонах могут достигать 1-2 метров в год, что обусловлено интенсивным водозабором и нарушением естественного водообмена. Эти изменения могут привести как к подтоплению территорий, так и к их засушиванию, что непосредственно влияет на устойчивость строительных объектов. Важно отметить, что техногенные факторы, включая химическую и бактериальную контаминацию, рост температуры и враждебность подземных вод, изменяют физические и механические свойства грунта. Это, в свою очередь, сказывается на надежности зданий и других конструкций. [1]

Современные методы инженерных изысканий позволяют эффективно анализировать техногенные воздействия. Например, георадарные исследования обеспечивают высокую точность в выявлении подземных пустот и зон повышенного риска, достигая 95%. Георадарные исследования грунтов представляют собой метод неразрушающего мониторинга, основанный на применении георадара для анализа структурных характеристик и физических свойств почвы. Основная принципиальная идея данного метода заключается в эмиссии электромагнитных импульсов в грунт, после чего осуществляется интерпретация отраженных сигналов. Такой подход способствует сбору данных о слоях почвы, их толщине и глубине залегания, а также позволяет выявлять подземные объекты, полости и другие геологические аномалии [рис.1]. Эти методы являются неотъемлемой частью проектирования, направленного на минимизацию рисков.

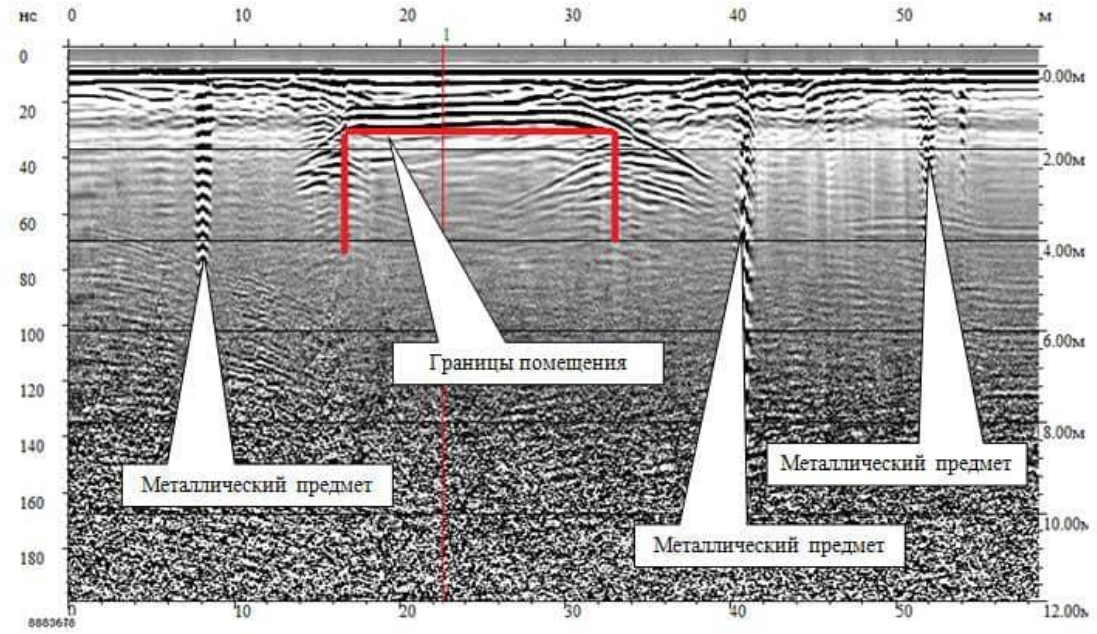


Рис. 1 – Георадарные исследования грунтов

Для оценки устойчивости строительных объектов применяются международные стандарты, которые определяют вероятность разрушения объекта в течение срока

эксплуатации. Согласно этим стандартам, вероятность разрушения не должна превышать 0,0001%. Эти критерии подчеркивают важность учета всех факторов, включая техногенные, при проектировании.

Игнорирование техногенных факторов может привести к катастрофическим последствиям. В 2001 году в Бразилии разрушение дамбы из-за недооценки влияния грунтовых вод вызвало экологическую катастрофу, затронувшую более 1000 гектаров территории. Этот случай подчеркивает необходимость тщательного анализа гидрогеологических условий при проектировании.

Несмотря на развитие технологий, около 30% строительных объектов в мире сталкиваются с проблемами, вызванными недостаточным учетом техногенных факторов. Это свидетельствует о необходимости совершенствования методов инженерных изысканий и повышения квалификации специалистов в этой области.

Перспективы совершенствования инженерных изысканий включают разработку новых методов анализа и моделирования. В 2022 году Европейская комиссия выделила более 500 миллионов евро на исследования в области инженерной геологии, акцентируя внимание на учете техногенных факторов. Эти инвестиции направлены на создание инновационных решений для повышения устойчивости строительных объектов. В условиях стремительного развития технологий, приборов и программного обеспечения в будущем возможно изменение нормативно-правовой базы, усовершенствование оборудования и появление новых программ, что позволит значительно повысить скорость и точность выполнения работ. [4] Такой комплексный подход к внедрению новых технологий будет способствовать более эффективному решению задач в области инженерных изысканий, учитывая множество факторов, влияющих на эту сферу.

В заключении хочется сказать, что для минимизации рисков, связанных с техногенными факторами, рекомендуется использовать прогнозные модели, которые позволяют снизить вероятность катастроф на 40%. Эти модели должны учитывать изменения геологических и гидрогеологических условий, вызванные антропогенными воздействиями, и быть интегрированными в процесс проектирования.

Литература.

1. А. И. Гальчук, Е. П. Троцанская, А. В. Матович и др. Проблемы синхронизации геоэкологических процессов в полидисциплинарной исследовательской среде // Геология. — 2003. — № 2 (19). — С. 67–68.
2. Ананьев Н. В. Принципы проектирования на нарушенных территориях // Проблемы архитектуры и градостроительства. — 2018. — Выпуск 2(130). — С. 78–79.
3. Гулай О. Н. Техногенные воздействия на геологическую среду юго-востока Беларуси // [б. и.]. — [б. м.], [б. г.]. — [б. с.].
4. Давидовская А.И., Игнатенко К.В. Современные и перспективные методы инженерно-геодезических изысканий // Полоцкий государственный университет. — [б. г.]. — [б. м.]. — [б. и.].
5. Елисеева Т. П., Ежова И. М., Лакирбая И. Д. Исследование воздействия техногенных факторов на окружающую среду с целью обоснования управленческих решений по обеспечению экологической безопасности регионов России // [б. и.]. — [б. м.], [б. г.]. — [б. с.].
6. http://www.armatech.ru/articles/3.pdf
7. Капустин В. В., Озмидов О. Р., Озмидов И. О. Методы исследования динамических полей напряжений и динамической устойчивости грунтовых массивов // [б. и.]. — [б. м.], [б. г.]. — [б. и.].
8. Каримова О.А., Миняева Ю.В., Четверикова А.В. Влияние антропогенных факторов на водные ресурсы промышленно развитых районов Северо-Западного федерального округа (на

примере Ленинградской области) // Институт водных проблем РАН. — Москва. — [б. г.]. — [б. и.].
9. Колчунов В. И., Федорова Н. В., Савин С. Ю., Амелина М. А. Устойчивость внецентренно сжатых железобетонных элементов в особой расчетной ситуации // ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». — Москва, [б. г.]. — [б. с.].
10. Павлов А. П. Динамика гидрогеологических условий: лекция №1 / А. П. Павлов. — [б. м.]: [б. и.], [б. г.]. — [б. с.].
11. Пшеничкина В.А., Белоусов А.С., Кулешова А.Н., Чураков А.А. Надежность зданий как пространственных составных систем при сейсмических воздействиях // Успехи современного естествознания. — 2010. — № 12. — С. 35–36.
12. Субботин Д. А., Кашперюк П. И., Курочкина В. А. Методика изучения трансформации свойств грунтов оснований в процессе строительства и эксплуатации ответственных сооружений АЭС // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 1. — URL: https://esj.today/PDF/18NZVN125.pdf. DOI: 10.15862/18NZVN125.
13. Трофимов В.Т., Королев В.А. О перспективах развития инженерной геологии // Инженерная геология. — 2016. — № 2. — С. 60–61.
14. Штепа Е.А. Опасные природные явления и градостроительные мероприятия по их устранению // AMIT. — 2013. — № 4 (25). — С. 1–2.
15. Яковлева И. Ю., Суздалева А. Л. Риски опасных последствий существования в городах бесхозных и брошенных объектов незавершенного строительства // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 5. — URL: https://esj.today/PDF/27NZVN522.pdf.

STUDY OF TECHNOGENIC FACTORS ON GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS: ENGINEERING SURVEYS AND THEIR SIGNIFICANCE FOR DESIGN

S. I. Fonova, A. V. Chaplina
Voronezh State Technical University, Voronezh Russia
e-mail: sveta.27@mail.ru? Anna06082001@mail.ru

Abstract: The article is devoted to the consideration of environmental technogenic factors in geological and hydrogeological conditions, which is a prerequisite for benefit in the design and operation of labor facilities.
Keywords: technogenic factors, technogenic impacts, technogenic processes, substances.

УДК 624.131.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ МНОГОЭТАЖНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ Г. ВОРОНЕЖА

С.И.Фонова, С.И.Эпиташвили, В.М.Митина, Т.А.Татаринская
Воронежский государственный технический университет
e-mail:sveta.27@mail.ru, a.epit@mail.ru

Аннотация: Экологическое благополучие среды обитания человека, где сформирована безопасная и комфортная атмосфера для проживания разных поколений, является ключевым фактором для выбора места жительства. В данной работе выполнены исследования грунтов на предмет химического загрязнения грунтов на территории расположенной на левом берегу города Воронежа, которая была освобождена от старого жилого фонда и подготовлена для современной жилой застройки.

Ключевые слова: грунты, загрязняющие вещества, экологическое благополучие

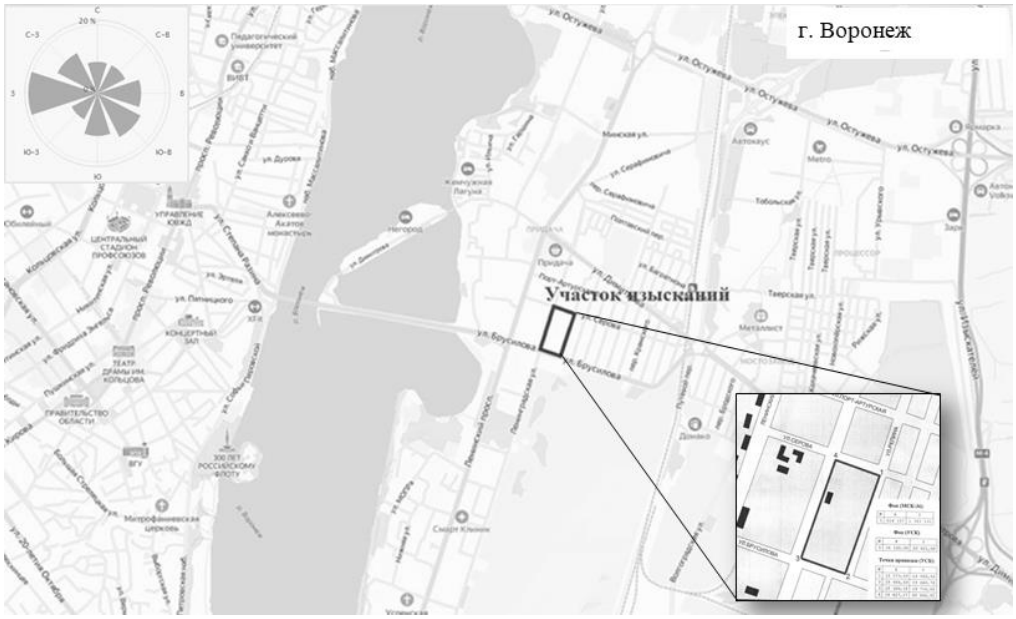


Рис. 1 – Административно-географическое положение объекта [1]

Площадь участка исследований 5,5 га. Геологическое строение участка исследований характеризуется развитием верхнечетвертичных аллювиальных песчано-глинистых отложений, перекрытых техногенным слоем современного возраста. Литолого-стратиграфический разрез участка до глубины 29,0 м, имеет следующий вид:

Техногенный слой - его мощность от 1 до 2х метров:

1) Насыпь (механическая смесь почвы, песка, суглинка с включением строительного мусора);

Аллювиальные отложения первой и второй террас:

2) Песок средней крупности желто-коричневый, серовато-желтый, средней плотности, малой степени водонасыщения, с редкими линзами песка мелкого, суглинка, местами глинистый;

3) Песок средней крупности желтовато-серый, желтый, плотный, малой степени водонасыщения, с редкими линзами песка мелкого;

4) Суглинок светло-коричневый, серовато-коричневый, тугопластичный, с редкими линзами песка;

5) Песок средней крупности желто-коричневый, желтовато-серый, средней плотности, водонасыщенный, с редкими линзами суглинка, песка мелкого, местами глинистый;

6) Песок средней крупности коричневато-желтый, желто-серый, плотный, водонасыщенный, с редкими линзами песка мелкого.

Глубина зеркала воды 9,5–11,4 м (абс. отм. установившегося уровня 94,83– 95,20 м) Подземные воды имеют тесную гидравлическую связь с водами водохранилища, расположенного в ~520м от зоны исследований.

Отбор проб грунта выполнялся в феврале 2024 года.

Согласно требованиям ГОСТ (17.4.3.01-2017) к отбору проб почвы при инженерно-экологических изысканиях на 1 гектар исследуется 2 пробы, однако есть пометка, что их количество может корректироваться в большую или меньшею сторону. Мы отбирали пробы с трех точках (рис.2). Всего изъято 6 образцов по два в каждой точке на разной глубине (20 см и 1 метр).

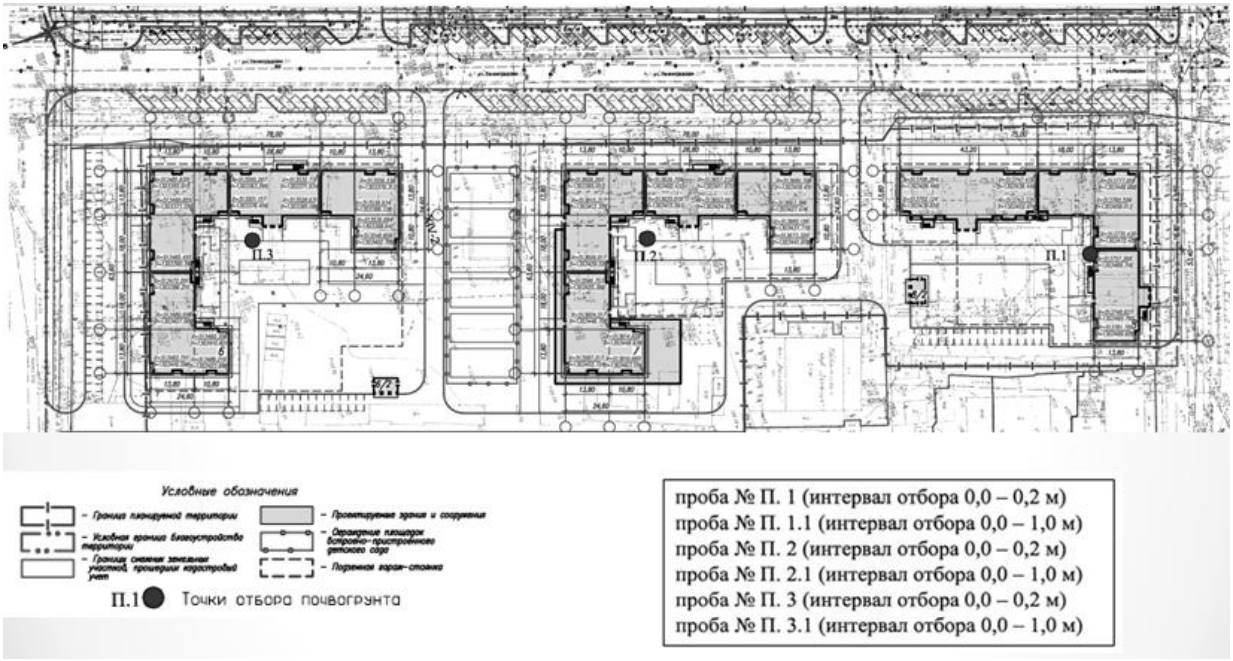


Рис. 2 – Схема отбора проб почвогрунта

Полевые работы проводились пробоотборником почвобуром ППБ-2. Исследования образцов грунта выполняла аккредитования лаборатория по химическим и биологическим показателям. Исследовалось наличие и концентрации тяжелых металлов, нефтепродуктов и санитарно-гигиенические показатели: общие колиформные бактерии, энтерококки, патогенные бактерии, яйца и личинки гельминтов, цисты кишечных простейших. Фоновые значения концентраций загрязняющих веществ были выданы Воронежским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Микробиологические и паразитологические исследования показали отсутствие превышений допустимых значений по исследованным показателям (общие колиформные бактерии, энтерококки, патогенные бактерии, в т.ч. сальмонеллы, яйца и личинки гельминтов, цисты кишечных простейших). По Водородному показателю (pH) почва относится к кислым грунтам.

Химические исследования выявили незначительные превышения предельно-допустимых концентраций по цинку, меди и свинцу (таблица 1). Превышения зафиксированы до одного ПДК. Мы видим, что фоновые значения цинка выше полученных результатов и ПДК. Основной причиной превышения концентраций тяжелых металлов, обусловлено близким расположением участка исследований к проезжим частям, а выхлопные газы автотранспорта являются источником появления тяжелых металлов в почве.

Таблица 1

Результаты химических и биологических исследований

Показатель загрязнителя	Ед.изм.	ПДК	Значение природного фона	П.1	П.2	П.3
Медь (вал.)	мг/кг	33,0	25	**33,6**	**39,2**	**33,4**
Цинк (вал.)	мг/кг	37,0	68	**42,8**	**40,5**	**38,7**
Никель (вал.)	мг/кг	20,0	45	9,8	7,3	10,9
Свинец (вал.)	мг/кг	32,0	20	**38,3**	**39,8**	**39,2**
Кадмий (вал.)	мг/кг	0,5	0,24	0,13	0,11	0,12
Мышьяк (вал.)	мг/кг	2,0	5,6	<0,05	<0,05	<0,05
Ртуть (вал.)	мг/кг	2,1	0,20	<0,01	<0,01	<0,01
Бенз(а)пирен	мг/кг	0,02	-	<0,005	<0,005	<0,005
Нефтепродукты	мг/кг	1000	-	<50	<50	<50
pH	ед		-	5,0	5,1	5,0
Общие колиформные бактерии	КОЕ/г	1-10	-	<1	<1	<1

Энтерококки	КОЕ/г	1-10	-	<1	<1	<1
Патогенные бактерии (в т.ч. сальмонеллы)	КОЕ/г	0	-	0	0	0
Яйца и личинки гельминтов	Экз	0	-	0	0	0
Цисты кишечных простейших	Экз	0	-	<1	<1	<1

На основе полученных результатов мы рассчитали суммарный показатель загрязнения [3,6,7] по формуле (1).

$$Zc=Rc_1+\ldots+Kc_i+\ldots+Rc_n-(n-1), \quad (1)$$

В связи с тем, что большая часть концентраций тяжелых металлов не превышают природного фона, показатель Zc составил - 1,5.

Согласно СанПиН (2.1.7.1287-03) [2,5,8] оценена степень химического загрязнения почв, где категория загрязнения считается допустимой и имеет 3й класс опасности (таблица 2).

Заключение.

Проектирование жилых микрорайонов является ответственным мероприятием, включающим широкий спектр исследований, которые определяют дальнейшие проектные решения, направленные на улучшение условий и качества жизни населения. В данном случае использование насыпных грунтов в качестве основания зданий и сооружений не рекомендуется они подлежат срезке или замене. Это связано с тем, что загрязняющие вещества

Таблица 2

Оценка степени химического загрязнения почвы в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03

Категории загрязнения	Санитарное число хлебников	Суммарный показатель загрязнения (Zc)	Содержание в почве (мг/кг)					
			I класс опасности		II класс опасности		III класс опасности	
			органич. соед.	неорганич. соед.	органич. соед.	неорганич. соед.	органич. соед.	неорганич. соед.
Чистая*	0,98 и >	-	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК
Допустимая	0,98 и >	< 16	От 1 до 2 ПДК	От 2 фоновых зная. До ПДК	От 1 до 2 ПДК	От 2 фоновых зная. до ПДК	От 1 до 2 ПДК	От 2 фоновых зная. До ПДК
Умеренно опасная	0,85-0,98	16-32					От 2 до 5 ПДК	От ПДК до Kmax
Опасная	0,7-0,85	32-128	От 2 до 5 ПДК	От ПДК до Kmax	От 2 до 5 ПДК	От ПДК до Kmax		
Чрезвычайно опасная	< 0,7	> 128	< 5 ПДК	< Kmax	< 5 ПДК	< Kmax		

накапливаются и оказывают негативное влияние на экологическое благополучие жилых территорий. Что бы уменьшить концентрации тяжелых металлов на территории жилой застройки можно использовать для посадки в клумбы растения-гипераккумуляторы [4], они способны поглощать их корнями и накапливать в своих тканях. Например: Альпийская ярутка и одуванчик - накапливает цинк и кадмий; Тысячелистник обыкновенный и клевер ползучий – накапливает медь; Горчица и драцена – накапливает свинец; Утилизировать такие растения следует на полигонах специализированных полигонах ТБО.

Литература.

1. [Электронный ресурс] // Яндекс крты : [сайт]. — URL: https://yandex.ru/maps/

2. «Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании», утверждённое постановлением Правительства Российской Федерации от 24.07.2000 №554.
3. МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест».
4. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта: Учеб. пособие для студентов геогр. и экол. специальностей вузов». — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: «Астрея-2000», 1999. — 762 с.
5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 17 апреля 2003 г. №53 «О введении в действие СанПиН 2.1.7.1287-03.
6. СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».
7. СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства».
8. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» №52-ФЗ от 30.03.99.

УДК 550.8.013:532.546

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОРБЦИОННО-КИНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД

Е. Д. Ходырев[1], М. В. Гордиенко[2]
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела» (ФГБНУ «РАНИМИ»)
Россия, ДНР, г. Донецк
e-mail: hodyrev_ed@mail.ru[1], gordiencko.mariya@gmail.com[1]

Аннотация. Приведены экспериментальные данные о сорбционно-кинетических свойствах горных пород, необходимые для построения математической модели фильтрации в гетерогенных средах.

Ключевые слова: сорбционно-кинетические свойства, модель наследственного типа, процессы массопереноса, затопление подработанного горного массива.

Введение. При закрытии угольных предприятий происходит полная инверсия техногенного режима подземных вод. При этом надо учитывать, что восстановление уровня подземных вод происходит в условиях нарушенного горными работами массива и не приводит к возврату всей экосистемы региона к первоначальному состоянию. Новое равновесное состояние экосистемы будет существенно отличаться от первоначального и, поэтому, вопрос оценки последствий затопления подработанного горного массива приобретает первоочередное значение. В связи с этим, основной целью исследований можно считать повышение надежности оценки гидрогеологических процессов при их инверсии с помощью учета особенностей этих процессов, характерных для неоднородных гетерогенных сред.

Постановка задачи. В ряде важных для практики случаев приходится изучать процессы массопереноса в среде представленной системой крупных трещин и системой пористых блоков. При этом течение в трещинах определяется законом Дарси и плотностью распределения трещин, а в пористых блоках процессы массопереноса зависят от процессов сорбции, абсорбции, хемосорбции и диффузии в ее разнообразных проявлениях [1-3]. При таком нетривиальном характере фильтрации изучение процессов массопереноса становится весьма затруднительным. Для упрощения задач в этом случае используются модели вложенных сред [4, 5] или модели с типовым блоком [6]. Однако при таком подходе исключаются из рассмотрения эффекты, связанные с запаздыванием реакции блоков на изменения в окружающих их трещинах, а также старение блоков. Для изучения этих особенностей фильтрации в гетерогенных средах в [7,8] была предложена модель фильтрации,

основанная на использовании теории последействия Больцмана – Вольтерра [9]. Эта модель получила название модель фильтрации с источниками наследственного типа. При таком подходе удается избежать детального описания сложных процессов внутри блоков, отражая их интегрально с помощью временного оператора наследственного типа A(t,p). Оператор A(t,p) зависит от разности t - τ , между текущим временем – t и переменным временем интегрирования - τ и может быть линейным или нелинейным относительно давления - p. Параметры этого оператора самым существенным образом влияют на особенности процессов фильтрации. В частности, в [8, 10] при определенных значениях параметров этого оператора зафиксирована дифференциация распределения давления в блоках и трещинах. Разность давлений в блоках и трещинах имеет различные значения в разных точках среды и перемещается вдоль градиента давлений с течением времени. Это явление было названо пьезометрической волной, а разность давлений в блоках и трещинах в каждой рассматриваемой точке является ее амплитудой. Такая сложная форма зависимости процессов фильтрации от параметров оператора A(t,p) предопределяет необходимость их экспериментального изучения для каждого типа горных пород, характерных для изучаемых объектов.

Для этого была выполнена серия опытов по оценке сорбционно-кинетических свойств горных пород отвечающих различным условиям Донбасса. Для этого образцы горных пород были помещены в емкости наполненные водой. По изменению веса образцов в зависимости от времени насыщения определялись параметры сорбционно-кинетических процессов. Взвешивание проводилось с точностью 0,002 г через определенные интервалы времени.

Результаты исследований. Для подготовки образцов были использованы отобранные заранее на шахте им. В. М. Бажанова пробы аргиллитов, алевролитов и песчаников. Отборы проб производились из рабочих горизонтов как на малой (до 200 м), так и на большой (до 1 000 м) глубинах.

Из отобранных проб, с применением угловой шлифовальной машины вырезались образцы горных пород прямоугольной формы размерами приблизительно 25х55х25 мм. Для проведения дальнейших испытаний важно было получить образцы, минимально подвергшиеся влиянию окружающей среды. Поэтому, проба разрезалась на пластины (слайсы) толщиной до 25 мм, из которых впоследствии вырезались образцы горных пород. Всего было подготовлено 15 образцов – по 3 для каждого типа пород с разделением по глубине отбора пробы. Таким образом, было вырезано 6 образцов песчаника, 6 образцов аргиллита и 3 образца алевролита, поскольку пробы алевролита удалось отобрать только на глубоком горизонте. Полученные образцы горных пород были подписаны, тщательно обернуты пищевой пленкой и помещены для хранения в темное, сухое место, чтобы минимизировать влияние на них окружающей среды.

Изначально было предложено две методики взвешивания образцов. В течении нескольких месяцев эти методики отрабатывались для получения наиболее точных результатов. Первая методика заключалась во взвешивании чистого образца, а вторая учитывает вес образца, колбы с водой и стекла, накрывающего колбу с образцом для достижения одного и того же уровня воды в колбе. В ходе исследований были выявлены преимущества и недостатки обеих методик. В данной работе будут приведены результаты полученные по второй методике, так как анализ дисперсии полученных результатов выявил, что вторая методика более предпочтительна

В работу был взят песчаник № 3 в сухом виде имеющий вес 232,35 г, отобранный с глубины 1 000 м, темно-серого цвета со светлыми прожилками и вкраплениями угля, среднезернистой структуры, поверхность имеет гладкую, матовую, излом неровный.

Длительность эксперимента составляет 78 дней. За это время образец сохранил свою форму, но не целостность – пошел довольно крупными трещинами, на дне колбы видны отколовшиеся фрагменты породы и большое количество пыли. Наилучшее водопоглощение зафиксировано в первые сутки после начала эксперимента. Водонасыщение продолжается и в настоящее время.

С учетом того, что плотность горных пород в 2,5 раза больше, чем воды, полученные в ходе эксперимента абсолютные значения водопоглощения были умножены на удельный вес горной породы. В таком случае, полученные результаты будут характеризовать заполнение пор в процентах от объема исходного порового пространства, что отображено на рисунке 1.

Максимальное заполнение объема порового пространства для этого образца составило 3 %, что соответствует диапазону изменения пористости песчаника в естественной среде.

Таже в работу был отобран образ песчаник № 4. Песчаники были отобраны с глубины 1 000 м, имеют темно-серый цвет со светлыми прожилками и вкраплениями угля, среднезернистую структуру, поверхность имеют гладкую, матовую, излом неровный.

Длительность эксперимента составляет 78 дней. За это время образцы сохранили свою форму, но не целостность – пошли довольно крупными трещинами, на дне колбы видны отколовшиеся фрагменты породы и большое количество пыли. Наилучшее водопоглощение зафиксировано в первые сутки после начала эксперимента. Водонасыщение продолжается по настоящее время.

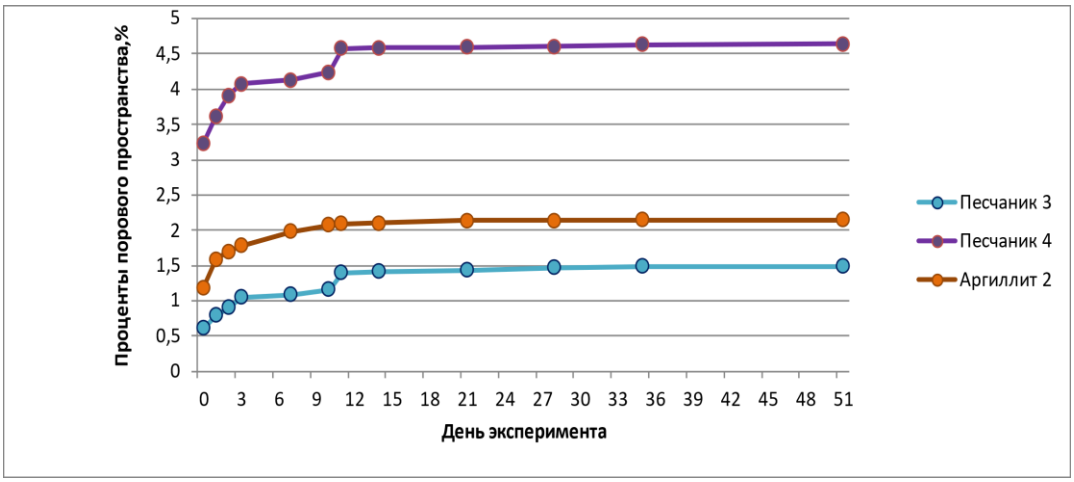


Рис. 1 – График заполнения порового пространства исследуемых горных пород в процентах

Как было показано выше полученные значения могут быть легко пересчитаны с учетом удельного веса горных пород в проценты заполнения объема исходного порового пространства.

Максимальное заполнение пористого пространства для этого образца было достигнуто 1,7 %, что соответствует диапазону изменения пористости песчаника в естественной среде.

Аргиллиты были отобраны с глубины 200 м, имеют темно-серый цвет, мелкозернистую текстуру и гладкую с блеском поверхность, неровный излом.

Длительность эксперимента 78 дней. За это время образцы сохранили свою форму, однако пошли небольшими трещинами, на дне колбы видны небольшие отколовшиеся фрагменты породы и пыль. Наилучшее водопоглощение зафиксировано в первые сутки после начала эксперимента. Водонасыщение продолжается по настоящее время.

Результаты исследований также как и выше, приведены в процентах от заполнения порового пространства породы.

Максимальное заполнение пористого пространства для этого образца было достигнуто 1,7 %, что соответствует диапазону изменения пористости аргиллита в естественной среде.

Выводы.

1. Установлены временные интервалы переходных процессов (параметры оператора наследственного типа A(t,p). Песчаники насыщаются более трех месяцев и процесс продолжается, в то время как аргиллит завершил процесс водопоглощения спустя 1месяц после начала эксперимента. 80 % водонасыщения достигается за первую третью часть эксперимента, затем процесс постепенно замедляется.

2. Была изучена зависимость скорости водонасыщения горных пород от глубины их залегания. Чем глубже залегает порода, тем более она подвержена влиянию процессов метаморфизма. Однако на первом этапе исследований влияния степени метаморфизма на скорость сорбционно-кинетических процессов зафиксировано не было.

3. Полученные результаты лабораторных опытов показали, что процессы водонасыщения даже для образцов небольших размеров длятся несколько месяцев, при этом, величины стабилизировавшихся значений объемов заполнения порового пространства пород соответствуют справочным данным об их пористости. Это говорит о непротиворечивости полученных результатов.

4. В процессе намокания существенно снижается предел прочности образцов горных пород, а некоторые образцы при намокании полностью разрушаются (предел прочности становится равным нулю).

Выполненные исследования позволяют наполнить конкретным содержанием математическую модель фильтрации, учитывающей нетривиальную версию взаимодействия флюида и твердого скелета пород, необходимую для исследования процессов подтопления подработанных территорий. Это существенно повысит надежность гидрогеологических прогнозов.

Исследования выполнены в рамках научной темы FRSR-2024-0001 «Изучение геомеханических и геофильтрационных процессов в подработанных обводненных массивах».

Литература.

1. Кулибаба, С. Б. Основные положения методики расчета вертикальных сдвижений и деформаций подрабатываемого горного массива / С. Б. Кулибаба // «Маркшейдерия и Недропользование». – Москва, 2019. – № 5. – С. 42-45.

2. Шевелев, Ю. Д. Примеры установившихся осесиммет-ричных течений идеальной несжимаемой жидкости / Ю. Д. Шевелев // Изв. РАН. – МЖГ, 2022. – № 2. С. 3-13.

3. Красильников, П. А. Геоинформационный подход к оценке и прогнозу изменений инженерно-геологических условий на подработанных территориях / П. А. Красильников, Ю. А. Мещерякова, А. В. Татаркин // Инженерная геология. – Москва, 2021. – Т. 16. – № 4. – С. 48-60.

4. Рубинштейн, Л. И. К вопросу о процессе распространения тепла в гетерогенных средах / Л. И. Рубинштейн // Изв. АН СССР. Серия географ, и геофиз. – Москва, 1948. – Т. XII. – № 1. С. 27-45.

5. Баренблатт, Г. И. Об основных уравнениях фильтрации однородных жидкостей в трещиноватых породах, / Г. И. Баренблатт, Ю. Л. Желтов // ДАН СССР, 1960. – Т. 132. – № 3, С. 545-548.

6. Волков, И. А. О постановке краевых задач для уравнений упругого режима фильтрации в трещиновато-пористых средах / И. А. Волков // Журнал: Вопросы применения математического и геометрического моделирования. – Л.: ЛИСИ, 1967. – С. 36-39.

7. Линьков, А. М. Об источниках наследственного типа в задачах переноса / А. М. Линьков, Е. Д. Ходырев // ДАН СССР. Механика. – 1988. – Т. 302, № 2. – С. 280 - 283.

8. Линьков, А. М. Модель фильтрации с источниками наследственного типа / А. М. Линьков, Е. Д. Ходырев // Механика жидкости и газа. – Изв. АН СССР – Москва, 1989. – № 3. – С. 174-177.

9. Работнов, Ю. Н. Элементы наследственной механики твердых тел / Ю. Н. Работнов // М.: Наука, 1977. – 383 с.

10. Ходырев, Е. Д. Особенности процессов подземной гидродинамики в гетерогенных

средах/ Е. Д. Ходырев, В. В. Трофимов // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Новосибирск, 2024. – Т. 11. – № 3. С. 57-64.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SORPTION-KINETIC PROPERTIES OF ROCKS

E. D. Khodyrev[1], M. V. Gordienko[2],
Federal State Budgetary Scientific Institution "Republican Academic Scientific, Research and Design Institute for Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Mine Surveying" (RANIMI, FSBSI), Russia, DPR, Donetsk
e-mail: hodyrev_ed@mail.ru.[1], gordiencko.mariya@gmail.com.[2]

Abstract. Experimental data on the sorption-kinetic properties of rocks, necessary for constructing a mathematical model of filtration in heterogeneous media, are presented.

Keywords: sorption-kinetic properties, hereditary model, mass transfer processes, flooding of a mined rock massif.

СЕКЦИЯ 5
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ: ПРАКТИЧЕСКИЕ, МЕТОДИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ

В.А.Бударина[1], М.В.Акопян[2]
ФГ БОУ ВО «Воронежский государственный университет» г. Воронеж, Россия[1]
МБОУЛ ВКАК им. А.П.Киселева, г.Воронеж, Россия[2]
e-mail: budarinav@yandex.ru

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены отдельные вопросы правового регулирования природоохранной деятельности в горнопромышленных районах. Особое значение уделено законодательству субъектов Российской Федерации в исследуемой тематике. Анализ регионального законодательства показал присутствие существенных различий в законодательных практиках, что в определенной мере препятствуют ориентированию в положениях, закрепленных субъектами Федерации в своих законах.

Ключевые слова: горнопромышленный район, горнопромышленный комплекс, субъект РФ, кластер, сырье, добыча, экономика.

На протяжении вековой истории Россия является страной, бюджет которой на 60- 70 % зависит от результатов деятельности горнопромышленного комплекса. Он формирует около 70% валового общественного продукта, в этой связи горнопромышленная деятельность представляет собой основу российской экономики. До 2019 года страна входила в первую тройку по добыче платины, ванадия, кобальта; золота, никеля и серы и др.

Горнодобывающая промышленность России включает в себя несколько отраслей, предприятия которых распространены по всей территории страны. Некоторые из них:

1. Добыча топливно-энергетического сырья.

В неё входят извлечение из недр земли нефти, газа, угля, торфа, сланца и урана. Основные регионы добычи нефти — ХМАО, ЯНАО, Татарстан, Башкирия, Оренбургская и Сахалинская области, Красноярский край и другие.

2. Добыча угля.

Ведётся преимущественно в Кемеровской области, Красноярском крае, Хакасии, Якутии, Бурятии, Забайкальском крае и других регионах. Среди главных угольных предприятий РФ — СУЭК, «Кузбассразрезуголь», «Стройсервис», «Эльгауголь» и другие.

3. Добыча урана.

Сосредоточена в трёх регионах: в Забайкальском крае располагаются рудники «Приаргунского производственного горно-химического объединения имени Е. П. Славского», в Бурятии — месторождения «Хиагды», а в Курганской области — активы «Далура».

4. Добыча цветных металлов.

Самыми крупными производителями меди в РФ являются «Норникель» (медно-никелевые месторождения Норильского промышленного района), УГМК (медно-колчеданные месторождения Урала) и «Русская медная компания» (медно-порфировые месторождения Урала).

5. Добыча драгоценных металлов.

Основные регионы золотодобычи в РФ — Красноярский, Забайкальский, Хабаровский края, Магаданская, Иркутская области, Якутия и другие.

6. Добыча драгоценных камней.

рагоценные и полудрагоценные камни в России добывают преимущественно в Якутии, Архангельской области (алмазы), Карелии (альмандины — разновидность гранатов), Калининградской области (янтарь), Свердловской области (изумруды, бериллы, александрит) и других регионах.

Вышеуказанная деятельность осуществляется на территории горнопромышленных комплексов (далее - ГПК), которые представляют собой кластеры по добыче, транспортировке и переработке сырья. Они являются элементами передовой экономики России. Под ГПК следует понимать совокупность предприятий на определённой территории, которые занимаются разведкой, добычей и переработкой минерально-сырьевых ресурсов и объединены в общую административно-хозяйственную структуру.

Вопросы деятельности районов воздействия ГПК рассмотрены в ряде работ. В частности, Куклиной Е.А. выделялись основные характеристики понятия ГПК [8. С. 153-156]. В качестве признаков объективного существования ГПК как специфической производственно-экономической системы автором приняты общие организационные принципы, разработанные в рамках функциональной теории организации. Сформулированы функциональные принципы организации применительно к ГПК и сделан вывод о правомерности представления его как производственно-экономической системы.

В.П. Пахомовым обосновано, что горнопромышленный комплекс может быть точечным, локальным или региональным [9. С. 13]. Термином горнопромышленный комплекс он определяет «целенаправленное сочетание предприятий и производств по эффективной комплексной добыче и переработке минерального сырья одного или нескольких месторождений, расположенных в пределах определенной территории и связанных между собой тесными производственно-технологическими связями».

Особенностью территориального расположения ГПК является их близкое (до 5-7км) расположение относительно населенных пунктов. Это является существенным проблемным моментом, поскольку хозяйственная деятельность предприятий добывающего сектора приводит к существенному негативному воздействию на окружающую среду. Это подтверждается, в том числе, данными Росстата, согласно которым с 2016 по 2022 год количество отходов добычи полезных ископаемых увеличилось почти в два раза (с 4 723 843,8 тысячи тонн в 2016 году до 8 380 098,6 тысячи тонн в 2022 году). При этом:

- из общего объема отходов добычи полезных ископаемых количество образовавшихся отходов при добыче угля возросло более чем в 1,6 раза (с 3 377 939,9 тысячи тонн в 2016 году до 5 681 069,0 тысячи тонн в 2022 году),

- количество отходов добычи сырой нефти и природного газа увеличилось более чем в 1,1 раза (с 7 750,7 тысячи тонн в 2016 году до 8 255,5 тысячи тонн в 2022 году),

- количество отходов добычи металлических руд возросло более чем в 2,5 раза (с 957 557,3 тысячи тонн в 2016 году до 2 403 794,8 тысячи тонн в 2022 году).

В то же время количество отходов при добыче прочих полезных ископаемых уменьшилось в 1,3 раза (с 376 242,8 тысячи тонн в 2016 году до 281 740,2 тысячи тонн в 2022 году) [10].

В связи с вышеизложенным вопросы правового регулирования природоохранной деятельности в горнопромышленных районах являются актуальными и значимыми.

Основным нормативным правовым актом, регулирующим вопросы разведки и добычи трудноизвлекаемых полезных ископаемых, использования отходов недропользования, является Закон РФ от 21.02.1992 N 2395-1 "О недрах" [1] (далее – Закон РФ). В нем закреплены: виды пользования недрами, существующие ограничения и запреты, порядок предоставления права пользования участками недр и т.д. В частности, согласно п. 2.1. и 2.3. вышеуказанного Закона РФ выделяют: участки недр федерального и местного значения. Соответственно, ст. 3 Закона РФ регламентирует полномочия федеральных органов государственной власти в сфере регулирования отношений недропользования, а ст. 4 - полномочия органов государственной власти субъектов РФ.

Важным является и региональное законодательство в части природоохранной деятельности. В нем, конечно же, присутствуют ссылки на Закон РФ. Вместе с тем, существует ряд отличий в законах, принятых на основании Закона РФ. Разные названия, например - Закон Ростовской области от 25 октября 2002 г. N 275-ЗС "О недропользовании на территории Ростовской области"[2], Закон Краснодарского края от 10 октября 1997 г. N 101-КЗ "О недропользовании на территории Краснодарского края"[3] - усложняют поиск нужного закона в региональном законодательстве для пользователей. Наличие разной структуры документа, например, законы Дагестана [5] и Красноярского края [6] имеют небольшое содержание, которое не устанавливает такие существенные нормы, регулирующие рациональное использование и охрану недр, а Закон Дагестана еще и закрепляет нормы по внесению платы за пользование недрами, а сам Закон не структурирован, непоследователен по содержанию, что значительно ухудшает ориентирование в его нормах. Наличие полномочий с разделением на региональные и местные способствует целостному восприятию законодательного акта, однако этот факт не учтен при создании законов в данной сфере в Дагестане, в Законе Красноярского края довольно скрупулезно прописаны полномочия субъекта, но нет полномочий местного самоуправления.

По нашему мнению, лучшей законодательной практикой в данной сфере является закон Республики Саха (Якутия) [7]. Он состоит из нескольких глав: общие положения законодательства о недрах и полномочия регионального и местного уровня в сфере регулирования отношений недропользования, пользование недрами, рациональное использование и охрана недр, государственное регулирование отношений недропользования, плата за пользование недрами.

Разделение участков недр на региональный фонд и фонд местного значения, как, например, в Законе Республики Саха (Якутия), оказывает положительное влияние на разграничение полномочий между уровнями власти в регионе и способствует лучшему управлению в данной сфере.

Вывод. Анализ регионального законодательства о недрах показал присутствие существенных различий в законодательных практиках в части правового регулирования природоохранной деятельности в горнопромышленных районах. Например: название закона, его структура, все это в определенной мере препятствуют ориентированию в положениях, закрепленных субъектами Федерации в своих законах.

Литература.

6. Закон РФ от 21.02.1992 N 2395-1 (ред. от 07.06.2025) "О недрах" // Собрание законодательства РФ. 1995. N 10. Ст. 823.
7. Закон Ростовской области от 25 октября 2002 г. N 275-ЗС (ред. 07.11.2024) "О недропользовании на территории Ростовской области // СПС «Консультант Плюс».
8. Закон Краснодарского края от 10.10.1997 N 101-КЗ "О недропользовании на территории Краснодарского края" (принят ЗС КК 30.09.1997) // Кубанские новости. N 203. 29.10.1997.
9. Закон Республики Дагестан от 13 марта 2015 г. N 24 "О недрах" // https://pravo.e-dag.ru/. (Дата обращения: 29.07.2025).
10. Закон Республики Дагестан от 13 марта 2015 г. N 24 "О недрах" // https://pravo.e-dag.ru/.(Дата обращения: 29.07.2025).
11. Закон Красноярского края от 23 мая 2013 г. N 4-1333 "О недропользовании в Красноярском крае" // СПС «Консультант Плюс».
8. Закон Республики Саха (Якутия) от 2 июля 1998 г. N 29-II "О недрах" // СПС «Консультант Плюс».
9. Куклина Е. А. Горно-промышленный комплекс как производственно-экономическая система (методологический аспект) // Записки Горного института. 2005. № 3. С. 153-156.

10. Пахомов В.П. Комплексная социально-экономическая оценка минеральных ресурсов при производстве геологоразведочных работ в районах нового хозяйственного освоения на примере Уральского Севера: Автореф. дис. … доктора экономических наук. М., 1989. С.13.
11. Росстат. Отходы производства и потребления. URL: https://rosstat.gov.ru/. (Дата обращения: 01.06.2025 г.).

LEGAL REGULATION OF ENVIRONMENTAL PROTECTION ACTIVITIES IN MINING AREAS

V.A.Budarina
e-mail: budarinav@yandex.ru
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University", The city of Voronezh, Russian Federation

Abstract. This article discusses certain issues of legal regulation of environmental protection activities in mining areas. Special attention is paid to the legislation of the subjects of the Russian Federation in the subject under study. The analysis of regional legislation has shown the presence of significant differences in legislative practices, which to a certain extent hinder orientation in the provisions fixed by the subjects of the Federation in their laws.

Keywords: mining district, mining complex, subject of the Russian Federation, cluster, raw materials, mining, economy. fixed by the subjects of the Federation in their laws.

УДК 502.17

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ ЗА НАРУШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Т.А. Иванченко[1], М.А. Токарев[2] , Е.Ф.Бариева[3]
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия
e-mail: tanusaivancenko170@gmail.com [1], maxtokarev10@mail.ru[2], elena_gens@mail.ru[3]

*Аннотация***.** В данной статье анализируются федеральные законы, государственные программы и нормативные акты, регулирующие охрану окружающей среды и промышленную безопасность в регионе. Приводятся примеры реальных экологических и промышленных нарушений на предприятиях Севастополя, выявленных в ходе мониторинга и проверок. На основе проведённого анализа предлагаются меры по совершенствованию правового регулирования и практики обеспечения безопасности с целью минимизации негативного воздействия на окружающую среду и повышение уровня промышленной безопасности в городе.

Ключевые слова: правовые аспекты, ответственность, экологическая безопасность, промышленная безопасность, федеральные законы, нормативные акты.

В современном мире, в условиях производственного и экономического прогресса приоритетное место завоёвывает обеспечение промышленной, а также экологической безопасности. Отклонение в этих сферах могут повлечь за собой колоссальные негативные последствия как для окружающей среды, так и для жизни и здоровья всего населения. Следовательно, правовое обеспечение ответственности организаций за такие нарушения является важным фактором устойчивого развития любого региона.

В Российской Федерации правовое регулирование экологической и промышленной безопасности базируется на законодательные актах и федеральных законах, среди которых:

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ. Является базовым законом, на основании которого строится всё природоохранное законодательство страны.

2. Федеральный закон «Об экологической экспертизе» от 23.11.95 №174-ФЗ. Регулирует отношения в области экологической экспертизы.

3. Федеральный закон «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» от 31.07.2020 №248-ФЗ.

4. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;

5. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях (КоАП РФ), включая статьи, регулирующие экологические правонарушения (статьи 8.2, 8.3, 8.6 и др.);

6. Уголовный кодекс Российской Федерации, предусматривающий ответственность за экологические преступления (статьи 246, 254 и др.).

На региональном уровне нормативно-правовую основу города федерального значения Севастополь составляют постановления, экологические программы, а также распоряжения Правительства Севастополя, некоторые из которых приведены ниже [1]:

1. Постановлении Правительства Севастополя от 17.03.2015 N 190-ПП «Об утверждении Положения об Управлении по промышленной безопасности, электроэнергетике и безопасности гидротехнических сооружений города Севастополя».

2. Правовое регулирование в области экологической безопасности в Севастополе базируется на Положении о региональном государственном экологическом контроле (надзоре), утверждённом постановлением Правительства Севастополя от 20.09.2021 N 444-ПП

За прошедшие пять лет в Севастополе зафиксирован рост административных дел, связанных с экологическими правонарушениями. Судебные решения свидетельствуют, что наиболее типичными нарушениями выступают:

- Несанкционированный сброс вредных веществ в водные объекты;
- Нарушение правил по обращению с отходами производства, а также их потребления;
- Несоблюдение регламентов промышленной безопасности на опасных производственных объектах.

Дела рассматриваются в соответствии с требованиями Кодекса об административных правонарушениях и Уголовного кодекса РФ, при этом суды нередко применяют штрафные санкции в установленных законодательством пределах, а в отдельных случаях - приостанавливают работу предприятий.

Механизмы привлечения к ответственности включают:

- Административные штрафы и приостановление деятельности (ст. 8.2, 8.6 КоАП РФ);
- Уголовную ответственность в случае причинения существенного вреда окружающей среде (ст. 246 УК РФ);
- Дисциплинарную ответственность;
- Гражданско-правовую ответственность в виде возмещения ущерба.

Для соблюдения норм предусматривается использование системы экологического контроля и мониторинга, внедрение экологических стандартов и добровольных соглашений, а также применение экономических инструментов — налоговых льгот, субсидий и других мер.

Примеры подобных наказаний можно увидеть в таблице 1, представленной ниже [2]. Несмотря на существующие правила, законы и нормативные акты, направленные на обеспечение экологической и промышленной безопасности, в Севастополе ежегодно выявляются правонарушители. К сожалению, число таких нарушений растёт с каждым годом, что негативно сказывается на состоянии окружающей среды и здоровье населения.

Таблица 1

Санкции за нарушение промышленного и экологического законодательства

Вид нарушения	Вид санкции	Размер штрафа / мера воздействия	Комментарии и особенности
Незаконный сброс загрязняющих веществ	Административный штраф	От 100 000 до 2 000 000 рублей	Для повторных нарушений — уголовная ответственность
Нарушение правил промышленной безопасности	Приостановка деятельности	Временная приостановка до устранения нарушений	Часто применяется к предприятиям с высоким риском
Несоблюдение норм по утилизации отходов	Штраф и обязательные работы	От 50 000 до 500 000 рублей	Возможна конфискация оборудования
Нарушение требований по охране зелёных зон	Штраф, компенсация ущерба	От 30 000 до 300 000 рублей	Обязательная посадка новых насаждений

В таблице 2 представлены примеры серьёзных нарушений, выявленных в 2024 году на различных предприятиях Севастополя [3-6].

Таблица 2

Примеры экологических и промышленных нарушений в городе Севастополе

Год	Предприятие	Вид нарушения	Последствия	Принятые меры
2023	ГУП «Севастопольгаз»	Данные об объекте не соответствуют фактическому состоянию. Нет контроля повреждений изоляции газопроводов. Отсутствует учёт персонала и оборудования сварки. Работники не аттестованы по промышленной безопасности.	Повышенный риск аварий и утечек газа, угрозу безопасности работников и населения, ухудшение технического состояния газопроводов, нарушение промышленной безопасности, возможные экологические загрязнения.	В отношении юридического лица было возбуждено дело об административном правонарушении
2024	ГБУ «Севастопольский автодор» Асфальтобетонный завод (с. Штурмовое)	Не соблюдение санитарно – эпидемиологических требований при обращении с отходами	Загрязнение почвы и воды токсичными веществами, ухудшение санитарного состояния и качества воздуха, негативное влияние на флору и фауну, повышение риска заболеваний у людей.	Возбуждение административных дел и штрафы должностных лиц (от 50000 тыс.)
2024	ПАО «Севастопольгаз»	Эксплуатации сети газоснабжения	Утечка газа с риском взрывов и пожаров, загрязнение воздуха вредными выбросами,	В отношении юридического лица было возбуждено административное дело, а также назначено

			нарушение экологического баланса и опасность для здоровья населения, а также повреждение почвы и подземных вод при авариях и негативное техническое воздействие на окружающую среду.	административное наказание в виде штрафа в размере 250 тысяч рублей
2024	Частная организация по производству бетонных изделий	Не встала на государственный учет в качестве объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду	Может привести к отсутствию контроля и мониторинга экологических рисков, нарушению экологического законодательства, увеличению вероятности загрязнения окружающей среды и штрафным санкциям со стороны контролирующих органов.	В отношении ответственного должностного лица коммерческой организации возбуждены дела об административных правонарушениях по статьям КоАП РФ.

Таким образом, чтобы сделать правовое регулирование более эффективным, нужно лучше следить за работой предприятий с помощью современных технологий, таких как дистанционное наблюдение и автоматические системы контроля. Также важно ввести более строгие наказания за повторные нарушения, включая увеличение штрафов и ужесточение уголовной ответственности. Кроме того, стоит создать региональные программы поддержки для компаний, которые используют экологически безопасные технологии. Наконец, необходимо улучшить систему информирования и обучения для бизнеса по вопросам экологической и промышленной безопасности.

Литература.

1. Официальный портал Правительства Севастополя. – URL: https://sev.gov.ru/docs/253/163582/ (дата обращения: 05.07.2025)
2. Размеры штрафов за нарушение экологических требований [Электронный ресурс]. – URL: https://sts-spb.com/blog/tpost/vfos5cion1-razmeri-shtrafov-za-narushenie-ekologich (дата обращения: 05.07.2025)
3. Статья РИА новости КРЫМ от 10 сентября 2024 года. Асфальтобетонный завод в Севастополе скрывал данные о выбросах, 2024. – URL: https://crimea.ria.ru/20240910/asfaltobetonnyy-zavod-v-sevastopole-skryval-dannye-o-vybrosakh-1140250214.html (дата обращения: 05.07.2025)
4. Межрегиональное управление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по Республике Крым и г. Севастополю. - 2013-2025. [Официальный ресурс]. – URL: http://crim.gosnadzor.ru/news/65/590/ (дата обращения:

05.07.2025)
5. Межрегиональное управление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по Республике Крым и г. Севастополю. - 2013-2025. [Официальный ресурс]. – URL: http://crim.gosnadzor.ru/news/65/522/ (дата обращения: 05.07.2025)
6. Прокуратура города Севастополя. - 2003-2025. [Официальный ресурс]. – URL: https://epp.genproc.gov.ru/web/proc_92/mass-media/news?item=98654449 (дата обращения: 05.07.2025)

LEGAL ASPECTS OF THE RESPONSIBILITY OF ENTERPRISES IN THE CITY OF SEVASTOPOL FOR VIOLATIONS OF ENVIRONMENTAL AND INDUSTRIAL SAFETY

T.A. Ivanchenko[1], M.A. Tokarev[2], E.F.Barieva[3]
FSAEI HE "Sevastopol State University", Sevastopol, 299029, Russia1
e-mail: tanusaivancenko170@gmail.com[1], maxtokarev10@mail.ru[2], *elena_gens@mail.ru*[3]

*Abstract***.** This article analyzes federal laws, state programs, and regulations governing environmental protection and industrial safety in the region. It provides examples of real environmental and industrial violations at Sevastopol enterprises that were identified during monitoring and inspections. Based on this analysis, the article suggests measures to improve legal regulation and safety practices in order to minimize the negative impact on the environment and enhance industrial safety in the city.

Keywords: egal aspects, responsibility, environmental safety, industrial safety, federal laws, regulations

УДК 691:539.4

ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОТСЕВА ДРОБЛЕНИЯ ГРАНИТА ДЛЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОЙ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ

М.Д. Колпачников, А.И. Макеев
Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
e-mail: maximkolpachnikov@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается проблема утилизации отсева дробления гранита — мелкодисперсного полифракционного материала, образующегося в значительных объёмах при производстве щебня. На примере продукции АО «ПавловскНеруд», разрабатывающего Шкурлатовское месторождение гранитов, дана характеристика химического, минералогического и физико-механического состава исходной породы. Показано, что традиционные подходы к использованию отсева не учитывают различий между его макро-, мезо- и микрофракциями по морфологии, структуре и активности, что снижает эффективность его применения в составе цементных композитов. В работе обоснована необходимость комплексной диагностики отсева как минерального рыхлозернистого материала с учётом состава, свойств и структуры вещества частиц, индивидуальных частиц и всего материала в целом. Предложена система показателей, охватывающая ключевые физико-химические и морфологические параметры, влияющие на структурообразование бетона и прочность конечного изделия.

Ключевые слова: гранитный отсев, строительно-технологическая утилизация, комплексная диагностика, полидисперсный материал, структура бетона, физико-механические свойства

Одной из отраслевых проблем производства нерудных строительных материалов, в частности, щебня, является значительное количество отходов в виде отсева дробления -

мелкодисперсного полифракционного материала с частицами размером до 5 мм. Количество отсева может достигать до 20–30 % от общего объема переработанной породы. В Российской Федерации ежегодно образуется около 11 млн м³ гранитного отсева, из которых используется лишь половина. Актуальна эта проблема и для Воронежской области, где предприятие АО «ПавловскНеруд» ежегодно производит до 2 млн м³ отсева [5].

«ПавловскНеруд» занимается разработкой Шкурлатовского месторождения гранитов (одного из крупнейших в Европе), расположенного примерно в 200 км южнее Воронежа. Месторождение было открыто в 1959 году, промышленные запасы оцениваются в 472,2 млн м³, площадь карьера составляет 2,4 × 1,5 км, а глубина разработки достигает 130 метров. Карьер считается не только производственным, но и геологическим памятником природы и занимает лидирующее место в нерудной отрасли России [2].

Гранитоиды Шкурлатовского месторождения (относящиеся к Павловскому комплексу) характеризуются кислым (SiO_2 > 65 %) и высококалиевым составом, при умеренном содержании MgO и Fe_2O_3, что указывает на щелочной характер магматических расплавов (табл.1) [10].

Преобладающие породы павловского типа представлены крупнозернистыми и порфировидными гранитоидами розовой до красной окраски, основным компонентом которых является калиевый полевой шпат. Также отмечаются равномернозернистые мелкозернистые гранитоиды розового и серого оттенков с директивной текстурой и включениями ксенолитов амфиболитов [8].

Таблица 1

Химический состав гранитоидов Шкурлатовского месторождения [4]

SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	MnO	Na_2O	K_2O
70	14,8	0,4	1,6	1,7	2,1	1,0	0,1	3,3	4,1

Минералогический состав характеризуется следующими соотношениями: плагиоклаз — 41–50 %, калиевый полевой шпат — 22–35 %, кварц — 18–26 %, амфибол и биотит — по 3–10 %. В составе также присутствуют акцессорные минералы (в пределах 3–5 %): магнетит, титанит, апатит, циркон, ильменит, эпидот [3].

Плотность гранитоидов Павловского комплекса варьируется в пределах **2560–2720 кг/м³, прочность при сжатии - 140..250 МПа, крепость f = 18…20 (**по шкале проф. М.М. Протодьяконова**), марка по дробимости – 1400** кгс/см^2, **морозостойкость – 300 циклов [5,7].**

Высокие физико-механические характеристики гранита Шкурлатовского месторождения обусловили возможности его переработки в **высококачественный щебень путем разработки горной породы, ее дробления и классификации (рис. 1).**

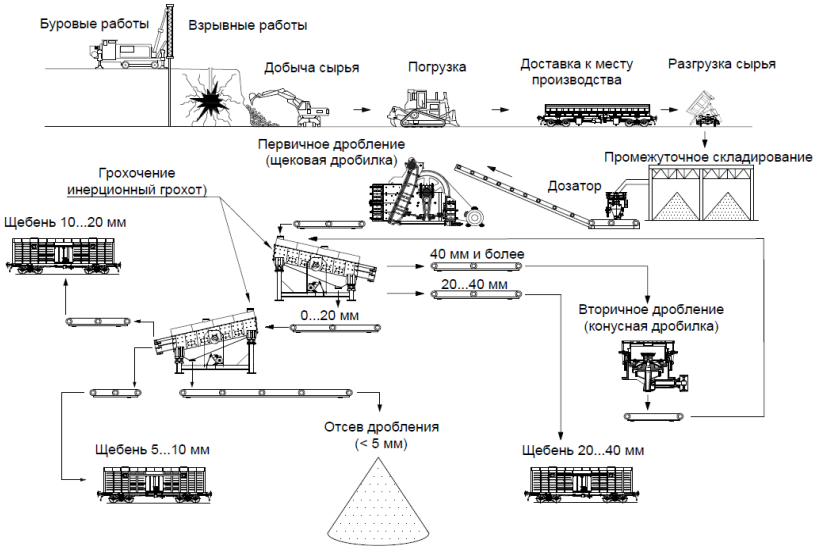


Рис. 1 Технологическая схема получения гранитного щебня и отсева

С материаловедческой точки зрения гранит представляет собой полиминеральную неоднородную систему, состоящую из мономинеральных зёрен и их агломератов, омоноличенных алюмосиликатной связкой. По мнению академика РААСН Е. М. Чернышова, триботехнологические воздействия на эту систему для ее механического разрушения сопровождаются получением полифракционного состава частиц, отличающихся не только по размеру, но и по химическому составу, минералогии и морфологии (рис. 2). А это, как результат, может предопределять разную механо-физико-химическую роль макро- и микрофракций зернистых частиц в процессах структурообразования бетонов с участием отсевов. Можно предположить, что более мелкие частицы накапливают больше энергии и отличаются повышенной активностью в процессах структурообразования строительных композитов **[6]**.

Применяемые до настоящего времени подходы к использованию отсева гранита при производстве бетонов не учитывали одновременного влияния присутствующих в них макро-, мезо- и микрочастиц, наделенных различной «механической» и «механо-химической» активностью. Это предопределяет необходимость системной диагностики отсевов дробления гранита по функциональной роли его фракций в формировании полимасштабной структуры бетонов.

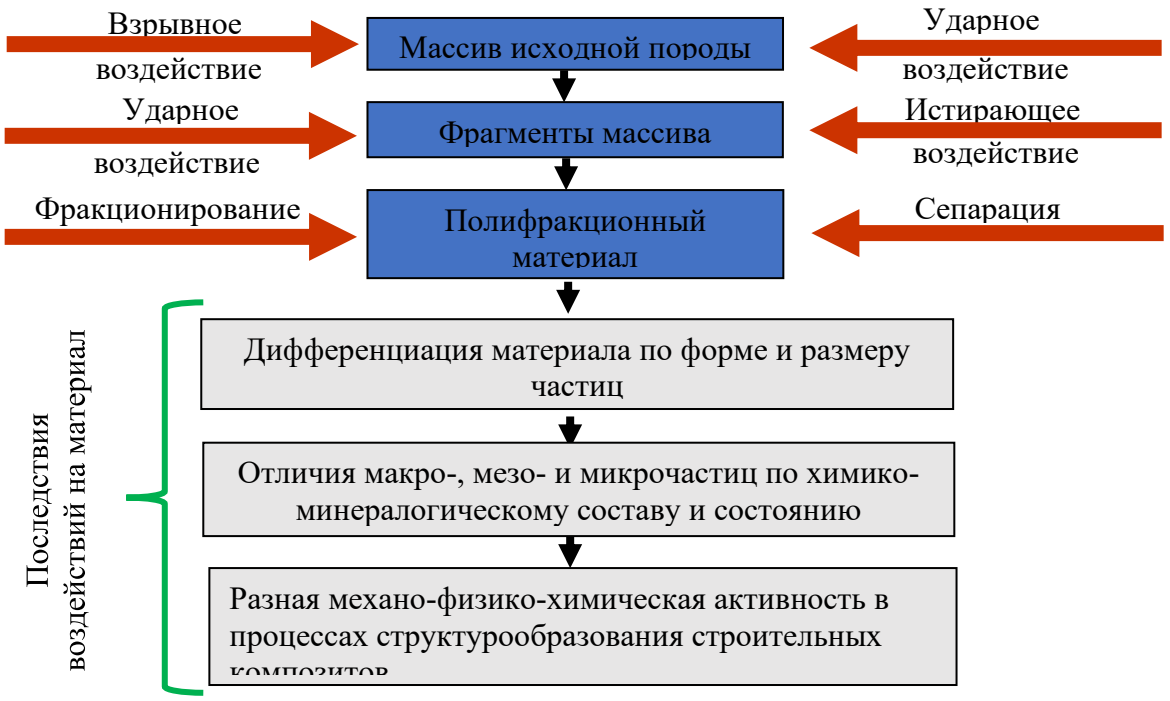


Рис. 2 Схема механо-физико-химических превращений в материале при его механическом измельчении

В понимании Е.М. Чернышова комплексная диагностика техногенных отходов — это системный аналитический процесс, направленный на всестороннюю количественную и качественную оценку физико-химических, фазово-структурных, технологических и экологических свойств отходов, с учётом условий их формирования, хранения и последующего вовлечения в строительные технологические процессы [9].

По нашему мнению, диагностика техногенных отходов имеет целью прогнозирование их струкутрообразующей роли в определенных системах твердения, опирается на идентификацию отходов (их распознавание по генезису и химико-минералогической природе) и включает комплексный анализ их состава, структуры, состояния и свойств с позиций реакционной способности и потенциального поведения в материале.

Цель данных исследований заключалась в обосновании системы показателей, обеспечивающих комплексную диагностику отсева дробления гранита именно в таком толковании.

Отправным методологическим принципом разработок приняты представления об объекте диагностики как минеральном рыхлозернистом материале, система параметров которого должна включать оценку взаимосвязанных и взаимообусловленных показателей последовательно вещества частицы, индивидуальной частицы, собственно материала. Другим отправным моментом послужил системный подход к выбору этих показателей с позиций оказываемого ими влияния на свойства бетонной смеси и структуру бетона. В основу анализа легла классификация состава, структуры и свойств порошковых материалов Е.И. Андрианова [1].

В результате проведённого информационного поиска были выявлены и систематизированы ключевые характеристики состава, структуры и свойств дисперсного материала (рис. 3), подлежащие оценке при его комплексный диагностике для строительно-технологической утилизации.

Программирование дальнейших разработок предполагает проведение комплексной диагностики гранитного отсева по выявленным характеристикам самого материала и его макро-, мезо- и микросоставляющих в целях обоснования наиболее рационального их использования при производстве строительных изделий из цементных бетонов с позиций наиболее эффективной реализации структурообразующего потенциала частиц отсева.

Рис.3 Система комплексной диагностики дисперсных материалов

Литература.
1. Андрианов Е.И. Методы определения структурно-механических характеристик порошкообразных материалов. - М.: Химия, 1982. - 256 с.
2. Вавилов, Н. А. Сравнительная характеристика прочностных параметров гранитов основных месторождений европейской части Российской Федерации / Н. А. Вавилов // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2018. – Т. 22. – С. 76-80.
3. Геохимия и геохронология палеопротерозойских кварцевых монцогаббро-монцодиорит-гранодиоритов плутона Потудань (Волго-Донской ороген) / М. Е. Петракова, Р. А. Терентьев, А. В. Юрченко, К. А. Савко // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2022. – Т. 67, № 1. – С. 74-96.
4. Казлитина, О. В. Использование техногенных отходов для монолитного фибробетона при реконструкции складских помещений / О. В. Казлитина, С. А. Казлитин, А. В. Гинзбург // Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов, Белгород, 15–23 марта 2014 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. шухова. Том выпуск 13. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2014. – С. 99-103.
5. Макеев А.И. Отсевы дробления гранита как компонентный фактор формирования структуры бетона. Часть II: Экспериментальные исследования структурообразующего потенциала // Строительные материалы. 2024 год. № 1-2. С. 59–66.
6. Макеев, А. И. Пылевидная фракция отсевов дробления гранита как носитель микронаночастиц, участвующих в структурообразовании цементных бетонов / А. И. Макеев, Е. М. Чернышов // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2018. – Т. 10, № 4. – С. 20-38.
7. Макеев, А. И. Экспериментальные исследования закономерностей влияния размерно-геометрических параметров щебня на потенциал сопротивления бетонов разрушению / А. И. Макеев, Е. М. Чернышов // Строительство и реконструкция. – 2018. – № 2(76). – С. 121-134.
8. Петракова, М. Е. Петрографические и минералогические признаки взаимодействия гранитоидных и габброидных магм плутона Потудань, Воронежский кристаллический массив / М. Е. Петракова, Р. А. Терентьев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2018. – № 1. – С. 32-45.
9. Строительно-технологическая утилизация техногенных отходов как комплексная системная проблема / Е. М. Чернышов, Н. Д. Потамошнева, П. В. Монастырев, В. П. Ярцев // В. И. Вернадский: устойчивое развитие регионов : Материалы Международной научно-практической конференции, Тамбов, 07–09 июня 2016 года. Том 1. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2016. – С. 39-58.
10. Терентьев, Р. А. Минеральная термобарометрия и геохимия палеопротерозойских магнезиально-калиевых гранитоидов Павловского плутона, Восточно-Европейский кратон / Р. А. Терентьев, К. А. Савко // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2017. – № 3. – С. 34-45.

JUSTIFICATION OF THE STRUCTURE AND CONTENT OF COMPREHENSIVE DIAGNOSTICS OF CRUSHED GRANITE SCREENING FOR ITS EFFECTIVE CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL UTILIZATION

M.D. Kolpachnikov, A.I. Makeev,
Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
*e-mail:*maximkolpachnikov@gmail.com

Abstract. The article addresses the issue of utilizing granite crushing screenings—a fine-grained, polyfractional material generated in significant volumes during crushed stone production. Using the example of products from PavlovskNerud JSC, which develops the Shkurlatovskoye

granite deposit, the chemical, mineralogical, and physico-mechanical characteristics of the parent rock are described. It is shown that traditional approaches to the use of screenings fail to account for the differences between macro-, meso-, and microfractions in terms of morphology, structure, and reactivity, which reduces the effectiveness of their application in cementitious composites. The study substantiates the need for comprehensive diagnostics of screenings as a mineral loose-grained material, considering the composition, properties, and structure at the levels of particle substance, individual particles, and bulk material. A system of indicators is proposed that encompasses key physico-chemical and morphological parameters influencing concrete structure formation and the strength of the final product.
Keywords: granite screening, construction and technological utilization, comprehensive diagnostics, polydisperse material, concrete structure, physico-mechanical properties.

СЕКЦИЯ 6
УРБАНОЛОГИЯ: ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

УДК 504.054+504.064.36+711.4

ГАРМОНИЯ И КОНФЛИКТ: ГОРОД, ЧЕЛОВЕК И ПРИРОДА В ЭПОХУ ТЕХНОГЕНЕЗА

С.Н. Бирюкова
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа №70, г.о.г. Воронеж, Россия
*e-mail:*Svetlahik@yandex.ru

Аннотация. В условиях стремительной урбанизации и роста техногенной нагрузки на природные системы особую актуальность приобретают вопросы эколого-геологического развития территорий. Статья посвящена анализу трансформации экологических функций литосферы, проблемам техносферной безопасности и методам минимизации негативного воздействия человеческой деятельности на геосферы. Рассматриваются практические аспекты инженерных изысканий, правового регулирования и инновационных подходов к обеспечению экологической устойчивости урбанизированных пространств. Особое внимание уделяется роли молодых учёных в решении актуальных задач на стыке экологии, геологии и урбанистики.

Ключевые слова: урбанизация, техногенез, экологические функции литосферы, техносферная безопасность, инженерные изыскания, устойчивое развитие.

1. Введение

Современные города стали зонами интенсивного воздействия на природные системы. Урбанизация вызывает глубокие изменения в литосфере, гидросфере и биосфере, требуя новых подходов к экологической безопасности.

2. Трансформация экологических функций литосферы

Литосфера, как верхняя твердая оболочка Земли, играет ключевую роль в поддержании экологического равновесия. Её основные функции включают:

- Ресурсообеспечение (минеральные, энергетические и водные ресурсы);
- Геодинамическую стабильность (предотвращение оползней, карстовых провалов, сейсмических рисков);
- Биоценотическую поддержку (почвообразование);
- Буферную и фильтрационную роль (нейтрализация загрязняющих веществ).

Однако в условиях интенсивного техногенного воздействия эти функции подвергаются значительным изменениям.

2.1. Антропогенная деградация почвенного покрова

2.2. Нарушение гидрологического режима

2.3. Геоэкологические риски

Техногенез провоцирует:

- Оползни (из-за подрезки склонов при строительстве).
- Карстово-суффозионные процессы (в результате изменения гидрогеологического режима).
- Сейсмическую активизацию (в зонах горных выработок и водохранилищ).

2.4. Нарушение буферной функции литосферы

Естественная способность литосферы нейтрализовывать загрязнения снижается из-за:

- Перегрузки фильтрационных систем.
- Накопления стойких загрязнителей (например, микропластика в грунтах).

Вывод: Техногенная трансформация литосферы требует комплексного мониторинга и внедрения геоэкологических технологий восстановления (ремедиация почв, искусственное восполнение подземных вод и др.).

2.5. Региональный аспект: Воронежская область

Воронежская область, как часть Центрально-Черноземного экономического региона, демонстрирует яркие примеры техногенной трансформации литосферы, связанные с горнодобывающей деятельностью, сельским хозяйством и урбанизацией.

2.5.1. Горнопромышленные воздействия:

- Курская магнитная аномалия (КМА)[Рис. 10 *КМА*]: В Старооскольско-Губкинском районе добыча железной руды привела к:

- Защелачиванию почв и водиз-за отходов обогащения руды.

- Накоплению тяжелых металлов в почвах[1].

- Изменению гидрогеологического режима – подтопление территорий и загрязнение подземных вод нитратами (на примере Липецкого промрайона).

2.5.2. Урбанизированные территории:

г. Воронеж:

- Подтопление застроенных территорий из-за нарушения естественного дренажа и подъема уровня грунтовых вод.[4]

- Загрязнение почв тяжелыми металлами в промышленных зонах (свинец, кадмий)

- Полигон "Погоново": Деградация рельефа и почвенного покрова из-за накопления ТКО.

Рис. 10 КМА

2.5.3. Меры восстановления:

- Рекультивация карьеров (например, в Железногорске) с применением фитомелиорации.

- Мониторинг подземных вод в районах животноводческих комплексов (Тамбовская область, приграничные районы) .

Вывод: Воронежская область иллюстрирует комплексное воздействие техногенеза на литосферу, требующее интеграции геоэкологического мониторинга и адаптивных методов управления природопользованием.

3. Техносферная безопасность: вызовы и решения (на примере Воронежской обл.)

Техносферная безопасность в Воронежской области сталкивается с комплексом проблем, связанных с промышленным развитием, урбанизацией и сельскохозяйственной деятельностью. Ниже рассмотрены ключевые вызовы и практические решения, актуальные для региона.

3.1. Основные вызовы

3.1.1. Промышленное загрязнение

- Химическое воздействие: Воронежская область, особенно промышленные узлы (Воронеж, Россошь, Борисоглебск), страдает от выбросов предприятий химической и машиностроительной отраслей[2]. Например, Воронежский шинный завод и завод «Воронежсинтезкаучук»[Рис. 11 Завод "Воронежсинтезкаучук"] являются источниками загрязнения атмосферы формальдегидом и диоксидом серы [5].

- Отходы производства: Накопление промышленных отходов (например, шламовые отвалы в Лискинском районе) создает риски загрязнения почв и подземных вод.

3.1.2. Урбанизация и инфраструктурные проблемы

- Подтопление территорий: В Воронеже из-за плотной застройки и нарушения естественного дренажа подтоплено 15% городской площади, включая жилые микрорайоны (Левобережный, Коминтерновский).

- ТКО и полигоны: Полигон «Погоново» близ Воронежа исчерпал ресурс, но продолжает принимать отходы, создавая угрозу для грунтовых вод.

Рис. 11 Завод "Воронежсинтезкаучук"

3.1.3. Энергетические риски

- Аварии на объектах энергетики: В 2022 г. на Нововоронежской АЭС зафиксирован инцидент с утечкой теплоносителя, что подчеркивает необходимость усиления контроля за радиационной безопасностью.

3.2. Решения и перспективные меры

3.2.1. Технологические инновации

- Внедрение «зеленых» технологий.
- Рекультивация земель.
- Метод фитомелиорации в Ромонском районе [3]

3.2.2. Градостроительная политика

- Развитие «зеленой» инфраструктуры.
- Модернизация полигонов.

3.2.3. Общественные инициативы

- Экопросвещение: Программы Воронежского экологического движения «Зеленый щит» по обучению населения раздельному сбору отходов.

- Участие бизнеса: Крупные компании (например, «Молвест») финансируют проекты по восстановлению малых рек в области.

3.3. Пример успешной реализации

Проект «Чистый Дон»[6]

- Цель: Снижение антропогенной нагрузки на реку Дон.
- Меры: Установка очистных сооружений в Лисках, восстановление прибрежных зон.
- Результат: Сокращение сброса нефтепродуктов на 30% за 2023–2024 гг.

Вывод: Воронежская область демонстрирует как типичные для РФ техносферные риски, так и успешные кейсы их минимизации. Ключевое условие устойчивого развития — интеграция технологических, законодательных и общественных мер.

4. Урбанистика и геоэкология: поиск баланса

Урбанология как наука о городском развитии должна учитывать эколого-геологические ограничения. Среди перспективных направлений:

- Рекультивация нарушенных территорий.
- Создание «умных» городов с минимальным экологическим следом.
- Интеграция природных ландшафтов в городскую среду (например, зеленые коридоры, геопарки).

5. Заключение

Сохранение природы в условиях техногенеза требует междисциплинарного подхода, объединяющего усилия геологов, экологов, инженеров и законодателей. Особую роль в этом процессе играют молодые ученые, предлагающие инновационные идеи для устойчивого развития территорий.

Литература.

1. Лисецкий Ф.Н. Экологические функции литосферы в условиях техногенеза. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2020. 320 с.(Использовано в разделе 2.5.1)
2. Бударина В.А., Копёнкин В.В. Геоэкология урбанизированных территорий Центрального Черноземья. М.: Наука, 2019. 275 с. (Использовано в разделе 3.1)
3. Семёнова Е.Д. "Оценка эффективности рекультивации карьерных ландшафтов Воронежской области" // Вестник экологического мониторинга. 2021. № 2(15). С. 34-41. (Использовано в разделе 3.2.1)
4. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды Воронежской области в 2022 году" [Электронный ресурс]. URL: http://eco.govvrn.ru/official/report2022.pdf (дата обращения: 10.07.2024). (Использовано в разделе 2.5.2)
5. Экологический мониторинг промышленных зон г. Воронежа [Электронный ресурс] // Сайт Воронежского гидрометцентра. URL: http://vrnhydromet.ru/eco_monitoring (дата обращения: 12.07.2024). (Использовано в разделе 3.1.1)
6. Проект "Чистый Дон": итоги реализации [Электронный ресурс] // Официальный портал правительства Воронежской области. URL: http://www.govvrn.ru/clean_don (дата обращения: 15.07.2024). (Использовано в разделе 3.3)

HARMONY AND CONFLICT: CITY, HUMAN AND NATURE IN THE TECHNOGENESIS ERA

S.N. Biryukova

Municipal budgetary educational institution Secondary school №70, O. Voronezh, RF

e-mail: Svetlahik@yandex.ru

Abstract. In the context of rapid urbanization and increasing technogenic pressure on natural systems, the issues of ecological and geological development of territories are of particular relevance. The article analyzes the transformation of the lithosphere’s ecological functions, challenges of technosphere safety, and methods to minimize the negative impact of human activity on geospheres. Practical aspects of engineering surveys, legal regulation, and innovative approaches to ensuring the

environmental sustainability of urbanized areas are discussed. Special attention is paid to the role of young scientists in addressing pressing challenges at the intersection of ecology, geology, and urban studies.

Keywords: urbanization, technogenesis, ecological functions of the lithosphere, technosphere safety, engineering surveys, sustainable development.

УДК 620.9

РАЗВИТИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ

С.Н. Гладких
ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (НовГУ), Великий Новгород, Россия
e-mail: gl_svetlana53@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен современный уровень развития солнечной энергетики и перспективы ее развития. Представлен обзор основных типов солнечных электростанций (СЭС), определены возможности их использования в России. Сделан вывод о том, что благодаря своим размерам и разнообразным климатическим условиям, на территории России возможно использование СЭС различных типов.

Ключевые слова: солнечная электростанция, альтернативные источники электроэнергии, солнечная электрогенерация, солнечная энергетика, экологическая безопасность.

Современный уровень развития научно-технического прогресса требует всё больше и больше энергетических ресурсов и, в частности, электроэнергии. На данный момент подавляющая её часть вырабатывается на электростанциях традиционных типов. К ним относятся:

- Тепловые электростанции (ТЭС), которые работают на энергии сжигаемого топлива (уголь, газ, мазут);
- Гидроэлектростанции (ГЭС), использующие для выработки электроэнергии энергию потока воды;
- Атомные электростанции (АЭС), использующие энергию деления ядер тяжёлых элементов.

Однако, невозможно бесконечно долго наращивать генерацию электроэнергии с помощью электростанций этих типов. Сжигание топлива на ТЭС оказывает отрицательно влияет на экологию планеты [1].

Крупные ГЭС построены в большинстве пригодных для этого мест и остаётся только заниматься их дальнейшей модернизацией или же строительством малых ГЭС [2] (но это не даст достаточного прироста генерации). Границы использования АЭС уже тоже начинают просматриваться и связаны они с конечностью необходимого для них топлива на планете. Для решения этой проблемы разрабатываются и уже начинают эксплуатироваться реакторы на быстрых нейтронах [3], но и они не смогут полностью заменить имеющуюся генерацию.

В этих условиях получают свою возможность для развития альтернативные источники электроэнергии. Они бывают разных видов, но основных два, а именно солнечные и ветряные электростанции.

Солнечная энергия является одним из основных возобновляемых источников энергии с различными преимуществами, такими как изобилие и экологичность.

По сравнению с ветровой энергией солнечная энергия имеет меньше движущихся частей или вообще не имеет их, что приводит к меньшему риску повреждения, меньшим требованиям к техническому обслуживанию, большей надежности, бесшумной работе, быстрой установке и почти 25-летней гарантии.

Солнечная энергия — это технология, используемая для использования солнечной энергии и превращения ее в полезную. По состоянию на 2011 год эта технология производила менее одной десятой процента мирового спроса на энергию [4].

Солнечная энергия считается неисчерпаемым источником топлива, не загрязняющим окружающую среду и часто бесшумным. Технология также универсальна. Например, солнечные батареи генерируют энергию для отдаленных мест, таких как спутники на околоземной орбите и хижины глубоко в Скалистых горах, так же легко, как они могут питать здания в центре города и футуристические автомобили [4].

В данной работе будут рассмотрены солнечные электростанции (СЭС).

Целью данной работы является рассмотрение текущего уровня развития солнечной электрогенерации, а также её дальнейших перспектив.

Задача исследования состоит в изучении основных типов солнечных электростанций, их сравнении и определении возможности их использования в России.

Электроэнергия на СЭС может вырабатываться двумя разными способами:

1.*Фотоэлектрический.* При таком способе генерации происходит прямое преобразование энергии солнечного света в электрическую энергию [5]. Это возможно благодаря явлению фотоэффекта, когда свет, попадая на фотоэлемент, выбивает из него электроны и они двигаются по проводнику, то есть создают электрический ток. Типовая солнечная панель, выпускаемая промышленностью представлена на рис. 1.

Рис. 1 Солнечная панель

Выпускаются панели различных типов. Основными являются панели на основе кремния, которые в свою очередь подразделяются на монокристаллические, поликристаллические, а также панели на основе аморфного кремния. Существуют и бескремниевые панели. Это в первую очередь устройства на основе редкоземельных металлов, а также полимерные и органические панели.

Современные панели имеют КПД до 25% (для монокристаллических устройств) и срок службы до 25 лет. Им не страшны низкие температуры, что с одной стороны делает возможным их применение в условиях Крайнего Севера. Но, с другой стороны, недопустимо, чтобы панель была покрыта снегом даже частично (это резко снизит её КПД), поэтому потребуется постоянная очистка массива батарей СЭС.

Недостатком такого типа СЭС является то, что панели вырабатывают постоянное напряжение, причём только в светлое время суток. Следовательно, необходимы устройства, которые будут преобразовывать постоянное напряжение в переменное (инверторы) и запасать энергию для работы электростанции в тёмное время суток (аккумуляторы).

2.*С помощью гелиоконцентратора* (Рис.2). В таком типе электростанций [6] солнечный свет падает на большое количество зеркал, которые отражают его на приёмник, находящийся в центральной башне. В приёмнике находится теплоноситель (в простейшем случае вода),

который при нагревании превращается в пар и выработка электроэнергии происходит как на обычной тепловой электростанции. Пар вращает турбину соединённую с генератором, который вырабатывает электроэнергию.

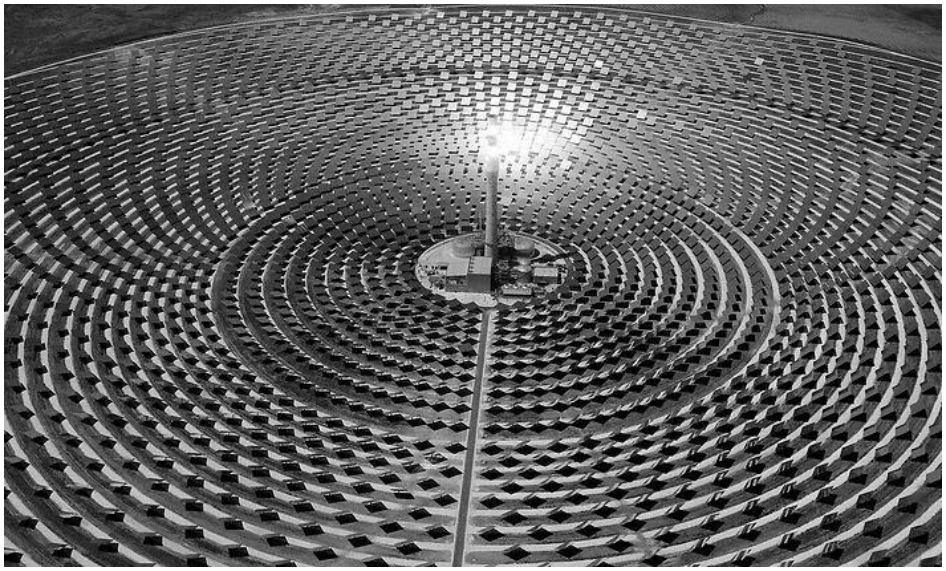


Рис. 2 - СЭС с гелиоконцентратором

Возможен также вариант исполнения такой СЭС не башенным типом, а с помощью нагревания трубок с теплоносителем непосредственно перед зеркалом. Последнее в таком случае выполняется особой формы (цилиндрической и др.). Принцип действия при этом остаётся таким же.

КПД таких электростанций может достигать в идеале 30%. В отличии от фотоэлектрического типа СЭС есть возможность получать горячую воду непосредственно из системы без дополнительных преобразований энергии.

Однако, такие электростанции можно устанавливать только в очень жарких местах планеты (как можно ближе к экватору), ведь только там они смогут работать с максимально возможным КПД.

В России установка таких электростанций возможна только в самых южных регионах. Недостатком является необходимость постоянной очистки зеркал от пыли, а также необходимость наличия теплоносителя.

На современном этапе развития научно-технического прогресса достигнуты хорошие результаты в разработке эффективных источников электроэнергии с помощью солнечного света.

Наиболее перспективными при этом считаются фотоэлектрические источники [7]. Развитие электроники позволяет изготавливать такие панели с более высокой точностью и, как следствие, более высоким КПД. Благодаря этому становится возможным их использование в объектах электрогенерации. При этом СЭС являются экологичной альтернативой традиционным источникам энергии, но на данный момент они могут только дополнить их, а не заменить полностью.

Выводы. Рассмотрены основные типы солнечных электростанций, определены возможности их использования в России. Благодаря своим размерам Россия имеет разнообразные климатические условия, которые делают возможным использование СЭС различных типов на её территории. При этом следует учитывать погодные условия и подбирать оптимальные варианты использования альтернативных источников энергии. В этой работе рассмотрены только солнечные электростанции, но не следует забывать и про другие источники, а также про возможности их совместной работы.

Литература.

1. Хакимуллин Б. Р., Гумеров И. Р., Зайнуллин Р. Р. Экологические проблемы современных тепловых электростанций // Теория и практика современной науки. – 2017. – №3 (21). – С.785-788.
2. Егоров А. О., Пичугова О. А. Исследование структуры и степени освоения гидроэнергетического потенциала ГЭС России // Известия СПбГЭУ. – 2023. – №2 (140). – С.34-40.
3. Реакторы на быстрых нейтронах // АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». URL: https://www.ippe.ru/nuclear-power/fast-neutron-reactors (дата обращения: 29.05.2025).
4. Капингана Анаиду Адриану Жоау. Фотоэлектрическая энергия: эффективность преобразования, модуль и фотоэлектрические системы // Молодой ученый. –2021. – № 11 (353). – С. 22-25.
5. Гелиоэлектрическая станция // Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия». URL: https://bigenc.ru/c/gelioelektricheskaia-stantsiia-d5a25a (дата обращения: 23.05.2025).
1. **Стребков Д. С., Ахмед Торки Ахмед Джайлани Состояние и перспективы развития солнечных электростанций с концентраторами** // АЭЭ. – 2009. – №11. –С.80-85.
2. **Уссаев М., Текеева С. Развитие солнечных электростанций и**их перспективы использования // Научный журнал « IN SITU ». – 2022. – №10. – С.117-119.

DEVELOPMENT OF SOLAR POWER PLANTS AND PROSPECTS FOR THEIR USE IN RUSSIA

S. N. Gladkih
Yaroslav the Wise Novgorod State University (NovGU), Veliky Novgorod. Russia
e-mail: gl_svetlana53@mail.ru

Abstract. The current level of solar energy development and prospects for its development are considered. An overview of the main types of solar power plants (SES) is presented, and the possibilities of their use in Russia are identified. It is concluded that due to its size and diverse climatic conditions, it is possible to use various types of SES in Russia.

Keywords: solar power plant, alternative sources of electricity, solar power generation, solar energy, environmental safety

УДК 631.111

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ООО «АВАНГАРД-АГРО-ВОРОНЕЖ» ОТДЕЛЕНИЕ «НИЖНЕДЕВИЦК-3»)

Л.А.Лопатина
МБОУ «Нижнедевицкая гимназия»,
Нижнедевицкий муниципальный район, Воронежская область, Россия
mail: ndevnorov22@yandex.ru

Аннотация. На примере склонового поля прорезанного Двуглавой балкой, расположенного в селе Глазово Нижнедевицкого района Воронежской области, рассмотрено влияние антропогенной деятельности на экологическое состояние склоновых агроландшафтов.

Ключевые слова: агроланшафт, агроэкосистема, склоновые поля, овражно-балочный рельеф, эколого-ландшафтного земледелия, почвенная деградация.

Актуальность выбранной тематики продиктована тем, что на сегодня на территории Среднерусской возвышенности с расчлененным овражно-балочным рельефом в пределах Нижнедевицкого района Воронежской области прослеживается проблема активных

эрозионных процессов на распаханных склоновых полях. Главная причина – введение собственниками земли в севооборот полей, ранее используемых под сенокосы и выпас скота. Как следствие - наблюдается нарушение экологического равновесия в агроэкосистеме, ведущее к трансформации и деградации почвенного горизонта, а на отдельных участках и к обнажению материнской породы. Изменяется механический состав, нарушается структура почв, заметно снижается плодородие. Это сопровождается активным выносом чернозёма с распаханных склоновых полей в овраги и балки, а далее в поймы и русла рек.

Основной глобальной проблемой человечества сегодня, по мнению ведущих учёных, является переход к экологически сбалансированному развитию всей деятельности человечества. Важное место в решении этого глобального вопроса отводится учению об агроландшафтах.

Агроландшафт – участок земной поверхности, обычно ограниченный естественными рубежами, состоящий из комплекса взаимосвязанных природных компонентов, элементов системы земледелия и землеустройства с признаками общей (единой) системы [2].

В агроландшафте экологически равновесно сочетаются пашня, луг, лес, вода и другие компоненты агросреды. Особо, надо обратить внимание на склоновые ландшафты (В.Н. Бевз «Генетические типы склоновых ландшафтов Центрального Черноземья»), т.к. хозяйственную деятельность на этих участках надо вести грамотно и крайне осторожно [1].

Каждому человеку, а особенно сельскому жителю, несомненно, дорог тот небольшой кусочек земли Российской, который именуется малой Родиной.

Село Глазово Нижнедевицкого района располагается в северо-западной части Воронежской области на наиболее приподнятом участке Среднерусской возвышенности, на правом берегу реки Девица, где вблизи границы с Курской областью, недалеко от станции Нижнедевицк, находится высшая точка области 258 метров, а средние высоты около 200 метров. Рельеф данного участка характеризуется большим разнообразием. Широко распространены эрозионные формы рельефа: междуречные плато (плакор), речные долины, балки и овраги, а также антропогенные формы рельефа: карьеры, курганы, дорожные насыпи, дамбы и др. [3]

Надо отдать должное, что в условиях формирования и развития достаточно сложного и расчленённого рельефа серьёзных проблем, связанных с почвенной эрозией на территории населённого пункта не возникало. Это объясняется грамотным ведением противоэрозионных мероприятий в 60- 70 годы XX века. Окружающий местность лесостепной ландшафт, не смотря на антропогенное воздействие на него, являлся топофильным и соответствовал естественным условиям развития среды обитания.

Выше обозначенная проблема возникла в селе Глазово Нижнедевицкого района в 2008 году. В этот год произошли два значимых для селян события. Первое - сменился собственник хозяйства, им стал банк «Авангард» и СХА «Глазово», а ранее колхоз «Путь Ленина», сегодня ООО «Авангард-Агро-Воронеж» отделение «Нижнедевицк – 3».Второе - строительство асфальтированного участка дороги по селу протяжённостью 800 метров. Эти события в последующем оказали негативное влияние на экологическое равновесие в Двуглавой балке и на прилегающем склоновом поле.

Балка Двуглавая (в простонародье Штаны) расположена на правом склоне северной экспозиции долины реки Девицы, правого притока реки Дон, протянулась в направлении с юга на север и проходит в нижней своей части через центральную усадьбу села Глазово. Она прорезает прилегающее склоновое поле. Балку пересекают две дамбы асфальтированных дорог местного значения. Вверх по склону она имеет два ответвления – западное и восточное (Химсклад). Общая протяжённость балки до поймы реки Девица – 1150м. Западный отрог – 380м, восточный (с двумя промоинами в верховье) – 520м. Обе вершины отрогов балки закреплены земляными дамбами, восточная вершина закреплена лесополосой длинной 350м, шириной 60м.

Прилегающее к балке склоновое поле имеет слабогумуссированные почвы (2 – 4% гумуса) и расположено на пологих, покатых и сильно покатых склонах северной, северо-

западной и северо-восточной экспозиции. Крутизна склонов пахотных угодий на различных участках объекта от 1 да 10%. В его основании на различных участках залегают глины, суглинки и меловые отложения. Южная и восточная части поля до осени 2008 года были засеяны многолетними бобовыми культурами (эспарцет, люцерна.) После распашки с 2009 года ежегодно засеваются однолетними культурами (пивоваренный ячмень, пшеница, гречиха, кукуруза, подсолнечник, в нынешнем году - пар). Часть поля к востоку от балки выделялась для огородов, а сейчас не обрабатывается и заросла.

Во время прокладки асфальтированной дороги по селу из карьера, находящегося в балке, брался грунт для насыпи. Данное место в последующем было хорошо выровнено с минимальным уклоном. Однако, прошедшие в июле после продолжительного засушливого периода проливные дожди, способствовали вымыванию незакрепленного почвенного горизонта, тем самым развили эрозионные процессы на западном склоне балки, общей площадью 0,5га, которые дали толчок к формированию промоины с максимальным углублением 1.47м., начал расти овраг.

К тому же, осенью 2008 года, ООО «Нижнедевицк-3» произвело распашку склонового поля, примыкающего к оврагу, ранее засеянного эспарцетом, что привело весной 2009 года к развитию эрозионных процессов на поле и на западном отроге Двуглавой балки.

Сегодня мы наблюдаем следующую картину: близко подпаханное к кромке балки склоновое поле, многоснежные зимы и интенсивное весеннее снеготаяние, обильные летние ливневые дожди прорвали дамбу в восточной части западного отрога балки, что привело к развитию оползневых процессов на восточном склоне её вершины. С поля смывается почва, обнажаются материнские породы (мел, глина).

По границе с полем, в западном и восточном его участках, параллельно бровке балки, образовались две промоины, идущие от дамбы до пересечения с трассой на расстоянии 380 метров.

На склонах, и особенно на дне балки, отмечаются достаточно мощные выносные отложения почвы и материнской горной породы (глины с меловыми включениями). Конус выноса формируется перед насыпной дамбой трассы Нижнедевицк - Михнево. Его максимальная ширина более 30 метров, мощность отложений достигает 0,77 метра. За дамбой наносные отложения тянутся до места впадения временного водотока из балки в реку Девица.

Жители села, учителя и школьники не остались равнодушными к данной проблеме. Ещё весной 2009 года, когда через насыпь асфальтированной дороги с поля потекли потоки чернозёма, который затем дорожные службы сдвигали бульдозерами, забили тревогу. Обращались через сельскую администрацию к собственникам. Руководители ООО «Авангард-Агро-Воронеж» отделения «Нижнедевицк 3» который год заверяют нас в том, что обозначенное склоновое поле будет выведено из севооборота и его снова засеют многолетними травами. Мотивируют тем, что в хозяйстве нет животноводческой отрасли, поэтому не для кого заготавливать сено. Прорыв в дамбе будет ликвидирован. Об облесение склонов оврага в ближайшее время речи не ведётся, т.к. это материально затратная процедура, а денег в хозяйстве на решение данной проблемы пока нет. Все упирается в вопрос собственника, т.к. окончательно не решён вопрос об оформлении земли в собственность.

Прошло уже шестнадцать лет интенсивного эксплуатационного периода данной территории. Земли оформлены в собственность, а вот методы и способы хозяйствования остались те же. Активное применение современной крупногабаритной техники, процесс химизации с применением гербицидов, пестицидов, стремление к быстрому обогащению, а главное - отсутствие культуры земледелия у работников агрофирм, приводят к негативным последствиям. Нарушается экологическое равновесия на очень ранимых склоновых агроландшафтах, стремительно развиваются эрозионные процессы.

Вместе с детьми на заседании детского объединения туристско-краеведческой направленности «Азимут» мы подняли и рассмотрели данный вопрос. До закрытия на территории села Глазово МКОУ «Нороворотаевская ООШ» в 2023 году разрабатывали и реализовывали проекты экологической направленности. Побеждали в конкурсах и на

полученные средства приобретали посадочный материал, семена, необходимые инструменты. Ежегодно, начиная с весны 2010 года, высаживали домашние и дикорастущие саженцы неприхотливых лиственных пород, кустарники, дающие поросль. Посадили саженцы бирючины вдоль склонового поля, а по размываемой территории рассевали семена многолетних трав. Но плоды наших трудов часто страдали от засушливых летних сезонов и весенних половодий. В сентябре—октябре 2013 года свою задумку остановить рост нового оврага решали старинным методом «плетня». По дну растущего оврага соорудили 8 фрагментов «плетня» в поперечном направлении, с учётом движения водотока и особенностей размывания. Тем самым закрепили дно растущего оврага от дальнейшего углубления. Наметилась тенденция на улучшение состояния склонов формирующегося оврага. Увеличилась мощность наносных отложений на его дне, а со склонов уменьшилось осыпание почвы и материнской породы. Тем самым, отмечается замедление роста оврага.

А вот состояние склонового поля не просто настораживает, но даже пугает. Проведённые расчёты по количеству вынесенного плодородного почвенного слоя получили следующие устрашающие результаты. За время эксплуатации склонового поля (ориентировочно с 1930 года – 95 лет) вынесено примерно 48 160 м^3. А ведь слой почвы в 1см. образуется за 100 – 150 лет. Получается, что в среднем за 100 лет эксплуатации с поля унесён плодородный слой в 11,2 см., т.е. за 10 лет уносится более одного сантиметра. Такие темпы почвенной деградации слишком стремительны. Считаю, на данном этапе эксплуатации территории, такое состояние склоновых агроландшафтов катастрофическим.

Анализируя визуальные наблюдения, материалы мониторинга измерительных работ, а также собранные фото и видео материалы, оцениваю экологическое состояние Двуглавой балки и прилегающего склонового поля как неудовлетворительное.

Необходимо срочное проведение агромелиоративных мероприятий по внедрению эколого-ландшафтного земледелия, направленных на остановку эрозионных процессов в Двуглавой балке и на склоновом поле, чтобы уменьшить смывание почвенного горизонта и восстановить его плодородие. Тем более, что такой богатейший опыт в регионе отрабатывается ещё с конца 19 века В.В.Докучаевым на примере Каменной степи Таловского района. Его последователи, сотрудники Воронежского государственного аграрного университета А.Ю.Квасов, М.И.Лопырев, В.Е.Шевченко и др., продолжили его учение и разработали систему эколого-ландшафтного земледелия. Они внедрили её в практику на территории сельскохозяйственного предприятия «Дружба» Кантемировского района Воронежской области» на склоновых эродированных полях. Эксперимент дал показательный результат. Если в самый засушливый 2010 год средние показатели урожайности зерновых по области составляли 7ц/г, то в КФХ Богданова – 32,5 ц/га. Данный пример показателен для нашего случая. Можно воспользоваться данной методологией и реализовать проект. Но собственники земли в лице ООО «Авангард-Агро-Воронеж» пока не готовы заниматься этим вопросом.

Поэтому, в качестве рекомендации для руководителей и специалистов хозяйств, в которых нет проектов по внедрению эколого-ландшафтного земледелия, можно предложить ряд агромелиоративных мероприятий:

2. Изменение на склоновых полях направления почвенной обработки, ведение вспашки поля поперек склона.
3. Активизировать применение безотвальной технологии;
4. Постоянное залужение многолетними травами ложбин на пахотных участках;
5. Выведение из севооборота деградированных участков, особенно с крутизной более 4-5^o, засеять склоновые поля многолетними травам;
6. Восстановление земляных дамб и валов в верховьях оврагов и балок;
7. Облесение склонов и особенно вершин оврагов;
8. Проведение снегозадержания на склонах полей [4].

Литература.
1. Бевз В.Н. Генетические типы склоновых ландшафтов Центрального Черноземья: Вестник Воронежского отдела Русского Географического общества Том № 9 /В.Н.Бевз; - Воронеж, ВГПУ, 2009. – 48-52с.
2. Лопырев М.И. Основы агроландшафтоведения: учеб. пособие / М. И. Лопырев. — Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1995. — 180 с.
3. Мильков Ф.Н. География Воронежской области/ Ф.Н.Мильков, Б.Н. Михно, Ю.В.Поросенков. - Воронеж- 1992. – 132с.
4. 4.Каким должно быть устойчивое высокопродуктивное земледелие: учеб. пособие /Ю.Квасов [и др.] – Воронеж: ОАО «Воронежская областная типография», 2014. – 48с.
5. Постановление Администрации Воронежской обл. от 28.05.1998. №500 О памятниках природы на территории Воронежской обл. на 02.02.2017 – 21с.

THE INFLUENCE OF MODERN ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE ECOLOGICAL STATE OF SLOPE AGRICULTURAL LANDSCAPES (ON THE EXAMPLE OF OOO AVANGARD-AGRO-VORONEZH, DEPARTMENT "NIZHNEDEVITSK-3")

L.A. Lopatina, ndevnorov22@yandex.ru
MBOU "Nizhnedevitskaya Gymnasium", Nizhnedevitsky Municipal District, Voronezh Region, Russia
mail: ndevnorov22@yandex.ru

Abstract. On the example of a slope field cut by the Dvuglavaya gully, located in the village of Glazovo, Nizhnedevitsky District, Voronezh Region, owned by organization Avangard-Agro-Voronezh, department "Nizhnedevitsk-3", the influence of anthropogenic activity on the ecological state of slope agricultural landscapes is considered.

Keywords: agrolandscape, agroecosystem, slope fields, gully-ravine relief, ecological-landscape farming, soil degradation.

УДК 629

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Л.А.Межова[1], *Р.А. Зайцев*[2], *А.М.Луговской*[3]
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», г. Воронеж, Россия[1]
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК) , г. Москва, Россия[3]
mail: lidiya09mezhova@yandex.ru[1], *zaizairoma@mail.ru*[2]

Аннотация. Современная геоэкологическая ситуация в городах зависит от природных условий и антропогенного прессинга, что требуется научно обоснованное и эффективное решение экономико-экологических проблем в рамках урболандшафтоведения. Важное значение приобретает разработка методических подходов к их классификации, оценки выявление, картографирование и прогнозирование геоэкологических проблем и ситуаций, а также их пространственно-временной анализ, который может быть рассмотрен как самостоятельный научный геоэкологический подход, тесно связанный с региональным, прежде всего антропоцентрическим характером рассмотрения проблем. Для построения одномасштабных геоэкологическмх карт используют аналитические геоэкологические экспертные оценки и метод формализованных оценок. На фоне расчленения городской среды отчетливо прослеживается потребность в синтезе геоэкологических знаний через призму разнородных данных об окружающей среде функционирование территориальных комплексов.

Ключевые слова: урбанизированные территории, геоэкологическая ситуация, урбосреда, урболандшафтоведение

Развитие различного типа урбанизированных территорий России при реализации сложных социально-геоэкологических преобразований общества сопровождается ярко выраженными трансформациями и нередко значительным ухудшением природной и социально-экономической обстановки в регионах[4]. Современная геоэкологическая ситуация в городах неординарна, зависит как природных условий, так и от антропогенного прессинга на нее. В этой связи требуется научно обоснованное и эффективное решение экономико-экологических проблем, связанных с обеспечением безопасности жизнедеятельности для человека качества окружающей среды и оптимизации условий проживания в ней [1].

Особую актуальность приобретает изучение геоэкологической ситуации крупных и малых городов России, в которых нарастают различные типы негативных процессов. В этой связи важное значение приобретает разработка методических подходов к их классификации, оценки выявление, картографирование и прогнозирование геоэкологических проблем и ситуаций, а также их пространственно-временной анализ, который может быть рассмотрен как самостоятельный научный геоэкологический подход, тесно связанный с региональным, прежде всего антропоцентрическим характером рассмотрения проблем. Геоэкологический подход развивает основные на правлении исследования, опирающиеся на специфические системы понятий и термины[2]. Изучение окружающей человека природной среды невозможно без рассмотрения сформированных и формирующихся природно-антропогенных геосистем. Территориально привязанные экологические проблемы или их сочетания, которые характеризуются определенной общностью: единством территории, причиной возникновения, определенным набором экологических проблем и степенью их остроты, формируют геоэкосистемы.

Изучение геоэкологических проблем сводится к анализу соотношения между антропогенной нагрузкой и свойствами ландшафта, в результате чего могут быть выявлены негативные с точки зрения человека изменения в ландшафтах и окружающей среде. Основой изучения геоэкологических проблем и ситуаций является учение о современных ландшафтах – природно-антропогенных геосистемах. В работах урболандшафтоведов, внесших вклад в разработку этого учения, последние рассматриваются под различными названиями: «современные ландшафты природно-антропогенные», интегральные урболандшафты. Несмотря на различия в терминологии, общее понимание авторами сущности природно-антропогенной геосистемы является достаточно близким и опирается на представлении ландшафтов как о комплексных природно-антропогенных геосистемах.

Рост численности городского населения, числа городов, особенно крупных, представляет собой современную черту развития человеческой цивилизации. В двадцатом веке начался рост городов, число городов с миллионным населением возросло в десять раз, а с пятимиллионным – в двадцать раз. За этот же период, с начала двадцатого века, численность жителей 25 крупнейших городов мира возросла в 4 раза, а к 2030 году она увеличится в 8-10 раз. Резко возросла и доля городского населения с14% в 1900 году до 46% в 1980 году [3,7]. В двадцать первом веке в крупнейших городских агломерациях проживает около 58% населения земного шара. Эти цифры, подкрепленные многочисленными примерами “экокризисных ситуаций”, могут создать впечатление об “урбанизационном взрыве”, о том, что именно урбанизация «повинна в негативных экологических последствиях». Экологические проблемы определяются по степени трансформации урболандшафтов, уровень ее проявления может быть представлена через интенсивность и площадь распространения этих изменений и характер последствий. Выделяют три уровня трансформации природных свойств и геоэкологических проблем: слабое - до 10%, среднее – от 10 до 50%, сильное – более 50%[6].

Выделяют три группы геоэкологическмх проблем и ситуаций по экологическим последствиям изменения природной среды: антропоэкологические, по изменению условий жизни и здоровья населения; природно-ресурсные, связанные с истощением и исчезновением

природных ресурсов, ухудшающие хозяйственную деятельность; ландшафтно-генетические, обусловленные нарушением целостности ландшафтов. Возможна группировка проблем и по другим признакам:.такие как градостроительные,автотранспортные,природоохранные, по основным видам антропогенного воздействия; по остроте проявления. не острая, умеренно острая, острая, очень острая; по вариантам их решения; по пространственному охвату территории: локальные, региональные, глобальные; по времени; проявления; по зонально-региональным особенностям. В общем виде экологическая оценка территории с учетом сочетания здоровья, хозяйства и . в совокупности эти показатели характеризуют складывающуюся экологическую ситуацию разной степени остроты определить степень возможно на основе экспертных оценок это имеет принципиальное значение для выявления и изучения стадий деградации природной среды и определение направлений по нормализации геоэкологической ситуации.

В настоящее время формируются новые подходы для оценки остроты геоэкологических проблем, в которых главным критерием должен стать генофонд человека и биоты. Разработано два алгоритма составления карт геокологических ситуаций: при отсутствии необходимых количественных данных и при достаточном информативном обеспечении. Оба варианта предполагают представление исходной информации в картографической форме в виде одномасштабных геоэкологическмх карт. В результате используют аналитические геоэкологические экспертные оценки, во втором – метод формализованных оценок. Метод геоэкологических экспертных оценок позволяет решать две задачи выявление проблем и их пространственную локализацию. Метод формализованных оценок основывается на использовании количественных значений ставится задачи на разных этапах и на последнем этапе – определение остроты экологических проблем[5]. При пространственном анализе геоэкологических ситуаций одним из направлений исследования является районирование территории по степени их остроты. Целью геоэкологического районирования является выделение природно-антропогенных образований и районов определенного ранга, в пределах которых антропогенное воздействие вызывает специфическое изменение природы с однотипным характером последствий.

Вопросы оценки экологического состояния территорий, комфортности проживания в них с последующим учетом этих результатов в планах и программах занимают все большее место в общем комплексе градостроительных исследований, включающих детальное изучение различных видов и интенсивности загрязнения, локализации источников и их влияния Применительно к задачам городского развития общей особенностью этих исследований является тенденция к получению комплексных оценок экологической ситуации в привязке к отдельным элементам исследуемой территориальной системы. Сам механизм получения этих оценок состоит из трех этапов: ранжирования факторов загрязнения по степени их влияния на территорию; построение скалярной функции, являющейся своего рода интегральным показателем экологической ситуации; классификация городских территорий на основе убывающего ряда значений выбранной функции. Рассмотрено использование методов многомерной классификации в задачах по экологической оценке территории.

Экологическая экспертиза позволяет осуществить на практике два принципа природоохранного права: принцип предупреждения последствий мер и принцип комплексности, т.е. учитывать как прямые, так и косвенные последствия. Основу системы экономического стимулирования охраны и рационального использования ресурсов должно составлять: лимитное ресурсопотребление. В основу современных представлений о социально-экономическом развитии городов должен быть положен принцип приоритетности геоэкологическмх подходов

Таким образом, в городах большинства источников антропогенного воздействия на окружающую среду, проявление здесь глобальных, национальных проблем, наличие специфических локальных проблем,такие как городской шум, городские свалки, тепловое загрязнение среды скопление в них значительной части населения, стремительный территориальный рост и усиление процесса урбанизации (со всеми вытекающими социально-

экономическими последствиями) делают города ключевым объектом исследования взаимодействия природы и общества. С учетом актуальности и социальной значимости изучения городской среды многие научные дисциплины интенсивно разрабатывают «свои» концепции исследования и оптимизации среды обитания городского населения. На фоне такого расчленения городской среды все более отчетливо прослеживается потребность в синтезе геоэкологических знаний которые через призму функционирования территориальных комплексов преломляет разнородные данные об окружающей среде.

Литература.

1. Городская среда современного города для устойчивого развития - СПб, 2020. – 96 с.
3. 2.Кондратьев В.Я., Данилов-Данилян В.И. и др. Экология и политика.- С-Пб.: Прогресс, 1993.- 224 с.
4. 3.Попов А.В. Методические вопросы разработки мероприятий по охране и улучшению окружающей среды в составе генерального плана города // Оздоровление окружающей среды городов.- М.: Стройиздат.- 1987 С.99-107.
5. 4.Романкевич, Ю. А. Методические подходы к созданию единой классификации почв урбанизированных территорий с разной степенью антропогенной трансформации / Ю. А. Романкевич // Природопользование. – 2019. – № 2. – С. 108-124.
6. 5.Смирнов Г.М. Охрана окружающей среды при проектировании городов.-М.: Стройиздат, 1986.– С.148-150
7. 6.Третьякова, А. С. Урбанофлористика в России: современное состояние и перспективы / А. С. Третьякова,О. Г. Баранова, С. А. Сенатор, Н. Н. Панасенко, А. В. Суткин, М. Х. Алихаджиев // Turczaninowia. – 2021. – 24 (1). – С. 125-144
8. 7.Чистякова С.Б. Градостроительная экология, ее основные задачи и методы исследования // Оздоровление окружающей среды городов.- М.: Знание.- 1975.- С.14-20.

THE MAIN DIRECTIONS OF GEOECOLOGICAL RESEARCH IN URBANIZED TERRITORIES

L.A. Mezhova[1], R.A. Zaitsev[2], A.M. Lugovskoy [3]

Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia1

Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), Moscow, Russia[3]

mail: lidiya09mezhova@yandex.ru[1], zaizairoma@mail.ru[2]

Abstract. The current geo-ecological situation in cities depends on natural conditions and anthropogenic pressure, which requires a scientifically grounded and effective solution to economic and environmental problems within the framework of urban landscape studies. The development of methodological approaches to their classification, assessment, identification, mapping, and forecasting of geo-ecological problems and situations, as well as their spatio-temporal analysis, which can be considered as an independent scientific geo-ecological approach closely related to the regional and primarily anthropocentric nature of problem-solving, is of great importance. Analytical geo-ecological expert assessments and the method of formalized assessments are used to create single-scale geo-ecological maps. Against the backdrop of the fragmentation of the urban environment, there is a clear need to synthesize geo-ecological knowledge through the lens of heterogeneous environmental data and the functioning of territorial complexes.

Keywords: urbanized territories, geo-ecological situation, urban environment, urban landscape studies

СЕКЦИЯ 7
МОЛОДЫЕ В НАУКЕ (ДЛЯ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ)

УДК 633.85:665

РЫЖИК ПОСЕВНОЙ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ ПЕРСПЕКТИВНАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ КУЛЬТУРА ДЛЯ КРЫМА

Ю. А.Аюпова
Научный руководитель: Ножко Елена Семеновна
Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», г. Симферополь
e-mail: nozhko.helena@gmail.com

Аннотация. Рыжик посевной (лат. Camelina sativa L.) – травянистое растение семейства Капустные (Brassicaceae). Эта культура, незаслуженно забытая, в последнее десятилетие испытывает пристальное внимание во всем мире и со стороны ученых, и со стороны био-индустрии. Причина этого кроется в экологической адаптивности, стабильно высоким урожаям семян – источника уникального по составу масла. Рыжик может возделываться в экстремальных почвенно-климатических условиях благодаря своей устойчивости к засухе, отрицательной температуре, многочисленным болезням и вредителям. При этом культура представляет огромный интерес в качестве примера безотходного использования: трава может служить сидератом, улучшая структуру почвы и подавляя сорняки, семенной жмых после получения масла – ценная высокобелковая составляющая комбикормов для животных и птиц. В настоящей работе предложена технология безотходной переработки семян рыжика с получением пищевого масла и высокобелкового комбикорма, получаемого в процессе экструзии жмыха с бобовыми культурами.

Ключевые слова: рыжик посевной, экологическая адаптивность, рыжиковое масло, линоленовая кислота, экструзия, бобовые культуры, жмых, высокобелковый комбикорм.

В условиях глобального и локального изменения климата серьезную угрозу для решения мировой продовольственной проблемы представляет потеря разнообразия сельскохозяйственных культур. В XX веке по данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН было утрачено 75% мирового генетического разнообразия агропромышленных видов. Растениеводство сталкивается с проблемой интродукции в полеводство новых культур, одной из которых является рыжик посевной (Camelina sativa L.). Он представляет собой перспективную экологически чистую альтернативу традиционным масличным культурам, положительно влияя на состояние окружающей среды. Вот только основные экологические преимущества рыжика:

- Устойчивость к температурным колебаниям климата (засуха, заморозки). Для рыжика отмечена способность переносить заморозки до –(20-25ºС) без снежного покрова.
- Улучшение структуры почвы за счет очистки от вредителей и снижения количества почвенных патогенов при использовании зеленой массы в качестве сидерата.
- Созревание в ранние сроки способствует оптимизации использования уборочного и перерабатывающего оборудования. Малая осыпаемость при созревании дает возможность уборки прямым комбайнированием.
- Слабая подверженность вредителям и болезням, как следствие – снижение использования пестицидов.
- Высокая конкуренция с сорняками на начальной стадии вегетации.

- Возможность использования биомассы в качестве биотоплива второго поколения.
- Перспектива использования в качестве фиторемидиатора – растений, вырабатывающих различные механизмы детоксикации, для защиты от высоких концентраций цинка (Zn), кадмия (Cd), кобальта (Co) и свинца (Pb) и других металлов.
- Толерантность к засолонению почв. В Крыму это земли северного Присивашья.
- Рыжик считается хорошим предшественником для зерновых и зернобобовых культур, а его возделывание в севооборотах позволит увеличить биоразнообразие.

Таким образом, возрождение посевов рыжика в Крыму является актуальной задачей, так как по увлажненности полуостров относится к зоне рискованного земледелия: 44% территорий характеризуются очень засушливыми условиями, 33% — засушливыми. С 2015 года в НИИСХ Крыма активно ведут работы по изучению рыжика озимого, а с 2019 года – и ярового. Достоинства культуры заинтересовали сельскохозяйственных производителей Крыма, и с 2019 г. в Крыму выращивают рыжик в Красногвардейском, Раздольненском, Первомайском и Красноперекопском районах [1,].

От масел других видов семейства Капустных рыжиковое отличается высоким содержанием гондоиновой, линоленовой кислот и относительно низким содержанием эруковой кислоты. В таблице 1 представлен масложировой состав масла рыжика, культивируемого на территории различных областей РФ.

Таблица 1

Состав жирного масла семян рыжика озимого, культивируемого на территории различных областей РФ [1-3].

Жирные кислоты	Жирнокислотный состав по ГОСТ 30623–98 (массовая доля, %)	Жирнокислотный состав образца (массовая доля, %)		
		Самарская обл.	Пензенский НИИСХ	НИИСХ Крыма
Пальмитиновая С16:1	5,0–6,0	5,7	5,17	4,93
Пальмитолеиновая С16:1	2,0–3,0	0,2	–	–
Стеариновая С18:0	1,8–3,0	2,4	–	–
Олеиновая С18:1	9,0 – 27,0	17,6	15,70	14,84
Линолевая С18:2	15,0–45,0	20,6	17,98	16,12
Линоленовая С18:3	20,0–39,0	30,7	33,79	34,87
Арахиновая С20:0	1,2–2,0	0,2	–	–
Гондоиновая С20:1	12,0–22,0	15,4	15,84	15,46
Эйкозадиеновая С20:2	1,7	–	–	–
Бегеновая С22:0	0,6–1,0	0,6	–	–
Эруковая кислота С22:1	1,0–3,5	2,9	3,16	3,15
Докозадиеновая С22:2	0,4	–	–	–
Селахоевая С24:1	0,7	–	–	–

По содержанию эруковой кислоты масло рыжика отвечает требованиям ГОСТ 30623-98 «Масла растительные и маргариновая продукция» для пищевых растительных масел – не более 5 %. Гондоиновая или цис-11-эйкозеновая (мононенасыщенная омега-9 жирная) кислота, С20:1ω9 содержится преимущественно в рыбьем жире. Дефицитная для большинства растительных масел альфа-линоленовая кислота содержится в больших количествах, сопоставимых с ее содержанием в льняном масле и рыбьем жире. Представляют интерес сведения о присутствии в масле и гамма-линоленовой кислоты. Высокая стабильность рыжикового масла к окислению в процессе хранения связана со значительным количеством токоферолов, представленных, в основном, γ-токоферолом.

Самая ценная составляющая семян рыжика – белковые вещества. В семенах рыжика было выявлено 18 аминокислот, в том числе 9 незаменимых, содержание которых составило 7.28 и 8.53%. Белки рыжика содержат высокое количество лейцина (2.14–3.02%), валина (1.01–1.25%), лизина (1.07–1.28%), пролина (1.02–1.45%), глицина (1.13–1.46%), аланина (0.93–1.22%), серина (1.02–1.26%) и метионина (0.34–0.37%). По содержанию всех незаменимых кислот, кроме лизина, белок семян рыжика приближается к «идеальному», рекомендованному ФАО/ВОЗ [4.5].

Сырьем для производства рыжикового масла служат семена рыжика посевного (ярового) или рыжика лесного (озимого), содержащих в среднем 40% высыхающего масла и 25-30% белка. В зависимости от физико-механических свойств семена масличных культур подразделяют на кожурные и условно-бескожурные. Семена рыжика относятся к условно - бескожурным. Ввиду малого размера кожура перед переработкой не отделяется.

Как правило, рыжиковое масло производят методом «холодного» прессования, при котором сырье не подвергают специальной влаготепловой обработке (увлажнению паром и нагреву). Такое нерафинированное масло по органолептическим показателям характеризуется слегка резковатым вкусом с легкой горчинкой и запахом, напоминающим кунжутное. Оно обладает высокой антиоксидантной емкостью за счет каротиноидов и витамина Е и хранится дольше, чем рафинированное. Выход масла зависит от используемого оборудования. Качество сырья и готового масла нормируется ГОСТ 12097-76 «Рыжик для переработки. Технические условия» и ГОСТ Р 59148-2020 «Масло рыжиковое для пищевой и комбикормовой промышленности. Технические условия». Рыжиковое масло, прошедшее этапы рафинирования и дезодорации имеет менее выраженный вкус и запах, теряет свою устойчивостью к окислению, в результате срок хранения такого продукта снижается почти в 2 раза. Таким образом после рафинации для поддержания сроков хранения потребуется внесение антиоксидантов.

Для предприятий невысокой производительности оптимальным вариантом переработки семян рыжика является экструзионно-прессовый способ, предполагающий одновременную тепловую обработку, стерилизацию, стабилизацию и дегидрирование. Масса после экструдера легко отжимается на маслопрессе (до 70% от исходного содержания за один проход через пресс).

Жмых после экструзии рапса и рыжика являются ценным источником кормового белка (38–45%). Главная проблема непосредственного использования – высокое содержание жира в нем. Для его снижения предложено экструдировать жмых крестоцветных вместе с другим растительным компонентом, служащими в качестве наполнителя [6]. Для этой цели лучше всего подходят горох, кормовые бобы, вика. Содержащиеся в бобовых антипитательные факторы в процессе экструзии нейтрализуются за счет инактивации трипсина. Смесь жмыха рапса и (или) рыжика с бобовыми культурами обладает высокой энергетической ценностью для животных и птицы.

Анализ научно–технической литературы, описывающий современное состояние технологии получения растительного масла рыжика для пищевых и технических целей показал, что эффективную переработку рыжика можно осуществлять с применением технологии, предполагающей получение форпрессового масла и переработки жмыха совместно с бобовыми в соотношение 1:1 методом экструзии. Современные посевы рыжика в Крыму пока очень незначительны, это насколько сотен гектаров. Переработка небольших объемов семян требует использование инновационного оборудования, не требующего их предварительной обработки и исключающей процесс экстракции. Эту задачу можно решить с использованием шнековых прессов нового поколения и экструдеров. При этом, не требуется обрушивание зерен с удаление шелухи. В процессе двукратного отжима по технологии Пресс/ЭксПресс выход масла удается поднять до 90–94%.

На рисунке 1 представлена технологическая схема Пресс/ЭксПресс с материальным балансом в расчете на 100 кг семян рыжика.

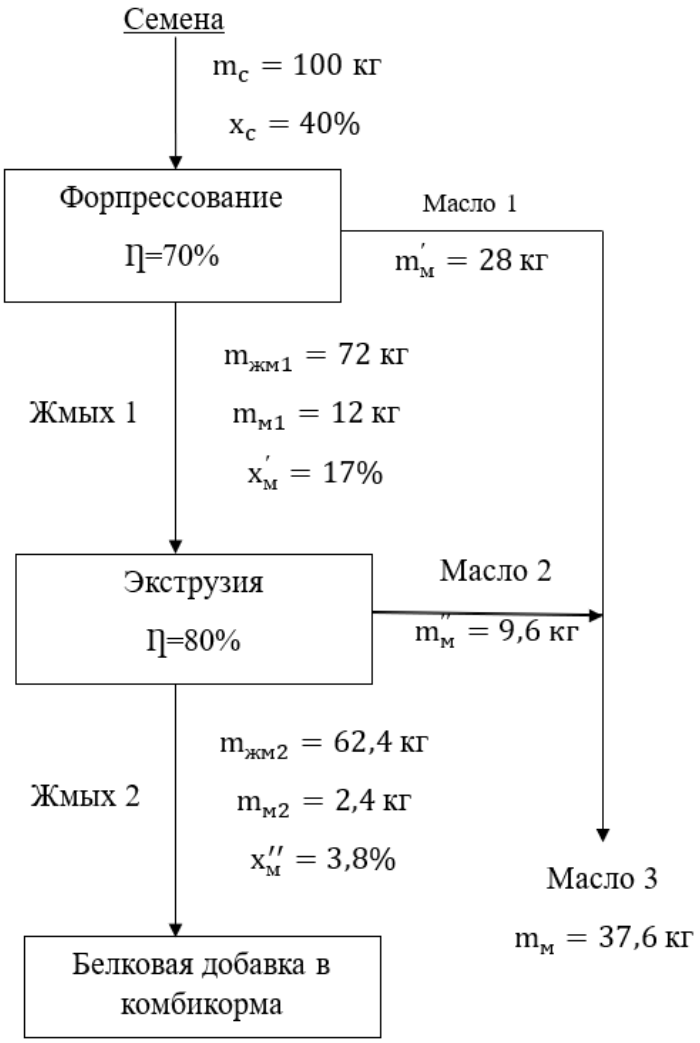


Рис. 1 – Технологическая схема получения масла рыжика с материальным балансом по технологии Пресс/ЭксПресс.

При комплексной переработке семян рыжика высокожирный жмых после форпрессования может использоваться вместе с бобовыми культурами для производства комбикормов методом экструзии. После сбора урожая травяная масса легко запахивается в почву и выполняет роль сидерата.

Предварительные экономические расчеты показали, что рентабельность переработки семян рыжика по технологии Пресс/ЭксПресс без реализации жмыха 12,2%. Переработка семян рыжика по безотходной технологии с реализацией высокобелкового жмыха 45,7%.

Таким образом, расширение посевных площадей рыжика в Крыму может решить одновременно несколько эколого-технологических и продовольственных проблем.

Литература.

1. Рыжик масличный (Camelina sp.) в Крыму / Е. Л. Турина [и др.]. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2022. – 96 с.
2. Т. Я. Прахова, О. Н. Зеленина. Качественная характеристика маслосемян озимого рыжика. - ГНУ Пензенский НИИ сельского хозяйства Россельхозакадемии. № 3 (12) август 2009 г. С. 84–87.
3. Т. В. Резняева, А. О. Резняев, А. А. Проскурин, И. В. Пикулева. Качества семян крестоцветных масличных культур Сибирского региона и продуктов их переработки. // Масложировая промышленность 2009, № 2, с 17–20.
4. [http://journal.asu.ru/cw/article/view/9292] (дата обращения 12.08.2025).

5. [https://sfera.fm/articles/mzhi/tonkosti-proizvodstva-ipolza-ryzhikovogo-masla] (дата обращения 12.08 2025).
6. Смольникова Я. В, Янова М. А., Бопп В. Л., Коломейцев А. В., Ханипова В. А. Изменение жирнокислотного состава рапсового и рыжикового жмыхов в процессе экструдирования и оценка их биологической эффективности // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. №4. С. 197–203. doi:10.20914/2310-1202-2021-4-197-20.

ECOLOGICAL PROMISE OF CAMELINA OILSEED CULTIVATION IN CRIMEA

Yu.A. Ayupova
Scientific supervisor: E.S. Nozhko
Institute "Agrotechnological Academy" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol
e-mail: nozhko.helena@gmail.com

Abstract. Camelina oilseed (Camelina sativa L.) is a herbaceous plant belonging to the Brassicaceae (Cabbage) family. Overlooked until recently, it has garnered significant global attention within the scientific community and bio-industry sectors during the past decade. Its prominence stems from exceptional ecological adaptability and consistent high yield production of seeds that are rich sources of uniquely composed oils. Notably, Camelina oilseed thrives under adverse environmental conditions, including droughts, low temperatures, various diseases, and pest infestations. Furthermore, the crop offers sustainable agricultural advantages: the entire plant serves dual purposes – as green manure enhancing soil quality while suppressing weed growth, and post-oil extraction meal serving as nutritious protein-rich animal or avian feed components. This paper proposes a technology for waste-free processing of camelina seeds to produce edible oil and high-protein compound feed obtained in the process of extrusion of millcake with bean cultures.

Keywords: Camelina sativa, camelina oilseed oil, ecological adaptability, linolenic acid, extrusion, bean cultures, millcake, high-protein compound feed.

УДК 504.45(470.324)

АНАЛИЗ МНЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ О КАЧЕСТВЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (ПО ДАННЫМ СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОСА)

А.А. Баранова, Э.Г. Потапова
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,г. Воронеж, Россия
e-mail: coriandre@rambler.ru

Аннотация. Обеспечение безопасности питьевой воды является актуальной задачей в связи имеющимися экологическими рисками, связанными с ухудшением качества воды под воздействием техногенных и природных факторов. Особенно остро эта проблема стоит в сельской местности при использовании для хозяйственно-питьевых нужд децентрализованных водоисточников, которые, как правило, не охвачены государственной системой мониторинга оценки качества воды.

В течение 2024 года и первое полугодие 2025 года был проведен социологический опрос, в котором приняло участие 1363 респондента. Среди опрошенных 38,3% считают употребляемую ими воду недоброкачественной и около 50% уже отмечают влияние питьевой воды на свое здоровье.

Ключевые слова: централизованное водоснабжение, децентрализованные источники, колодцы, скважины, родники, респонденты, социологический опрос.

Для обеспечения питьевых нужд на территории региона используют подземные источники пресной воды, эксплуатируемые посредством двух систем: *централизованной,* предполагающей распределение воды потребителям через сеть водопроводов, и *децентрализованной*, когда потребитель самостоятельно осуществляет забор воды

непосредственно из источника (скважина, родник, колодец или водоразборная колонка). В отличие от централизованного водоснабжения, децентрализованные источники представляют существенный риск для здоровья населения, так как вода не проходит необходимых стадий очистки и обеззараживания, сохраняя природные и антропогенные загрязнители [2]. При этом качество воды в местных источниках вызывает серьезное опасение, так как часто не соответствует действующим гигиеническим нормативам СанПиН 1.2.3685-21 [4] и может спровоцировать различные заболевания.

Роспотребнадзор по Воронежской области систематически отслеживает состояние объектов централизованного водопользования, включая подземные водоисточники и распределительные сети. Однако, мониторинг децентрализованных источников в его компетенцию не входит. Ответственность за контроль качества воды в этих источниках возложена на региональные и муниципальные органы власти.

Цель исследования заключается в проведении и анализе социологического опроса, отражающего мнение жителей Воронежской области о качестве питьевой воды.

Чтобы уточнить приоритетные источники вододоснабжения, которые население использует в питьевых целях, в течение 2024 года и первое полугодие 2025 года был проведен социологический опрос, в котором приняло участие 1363 респондента. На он-лайн платформе была размещена анкета, состоящая из 13 вопросов (табл.).

Большинство респондентов (72,8%) проживает в крупных городах области (Воронеж, Борисоглебск, Россошь, Лиски, Нововоронеж), которые практически полностью обеспечены централизованным водоснабжением, поэтому данная категория людей использует питьевую воду из разводящей сети.

На долю населения, проживающего в сельской местности муниципальных районов (24,1%) и на территории частного сектора (3,1%) приходится значительно меньшая часть опрошенных. Около 39% жителей области, преимущественно в сельской местности, лишены возможности пользоваться централизованным водопроводом, и поэтому вынуждены употреблять воду из местных источников: общая скважина (12,3%), индивидуальная скважина (9,8%), на родники, колодцы и колонки приходится 8,3%.

Среди респондентов 38,3% считают употребляемую ими воду недоброкачественной и 16,3% опрошенных не могут однозначно ответить на данный вопрос. В связи с этим 50% населения отдают предпочтение установке бытовых фильтров, однако 47% жителей уверены в качестве бутилированной воды, несмотря на высокую стоимость.

Однако, результаты анкетирования по вопросу знания о качестве воды из централизованной системы и способах ее очистки, показали слабую осведомленность населения. Так, например, почти 20% городских жителей не имеют представления об экологических проблемах в области водоснабжения, поэтому считают водопроводную воду безопасной для ежедневного употребления и не используют бытовые фильтры для доочистки воды, а 27,2% респондентов уверены, что обычным кипячением можно повысить качество воды.

На вопрос: «Какую воду вы считаете наиболее качественной?» почти 23% опрошенного населения отдают предпочтение местным источникам *(родникам, скважинам, колодцам*), т.е. воде, поступающей потребителю без какой-либо очистки. Однако, надо помнить, что употребление воды без предварительного лабораторного исследования ее химического состава может спровоцировать такие заболевания как мочекаменная болезнь, проблемы с печенью и почками, нарушение пищеварения, инфицирование вредными микроорганизмами и даже отравление [1,3].

Из 1363 анкетируемых, примерно 40% наблюдают сухость и шелушение кожи, 33,5% отмечают жесткость волос после мытья головы, также имеются жалобы (8,2%) на аллергические высыпания после принятия ванны или душа.

Таблица

Форма анкеты для оценки мнения населения о качестве питьевой воды

Вопрос	Варианты ответа
1. Укажите Ваш возраст?	18-30 лет / 31-50 лет / 51-70 лет / старше 70 лет
2. Укажите Ваш пол?	М / Ж
3. Ваш род занятий?	Студент / Работаю / Безработный /Пенсионер /Домохозяйка
4. В какой местности Вы проживаете?	Город Частный сектор (коттеджный поселок, садовое товарищество) Сельская местность (село, поселок, деревня)
5. Где Вы проживаете?	Частный дом / Квартира / Общежитие
6. Какую систему Вы используете?	*Централизованное:* водопровод *Децентрализованное:* колодец / родник / скважина /колонка
7. Какую воду Вы предпочитаете употреблять?	Водопроводная из-под крана Водопроводная после кипячения Водопроводная после очистки бытовыми фильтрами Покупная бутилированная из «Артезианский источник» Вода из колодца / родника / скважины / колонки
8. Считаете ли вы употребляемую Вами воду качественной?	Да Нет Не знаю
9. Какую воду Вы считаете наиболее качественной?	Водопроводная из-под крана Водопроводная после кипячения Водопроводная после очистки бытовыми фильтрами Покупная бутилированная из «Артезианский источник» Вода из колодца / родника / скважины / колонки
10. Что из перечисленного Вы можете отметить в используемой вами воде?	Изменение цвета воды / Накипь на посуде / Запах / Осадок / Мутность / Ничего из перечисленного
11. Отмечаете ли Вы влияние питьевой воды на своё здоровье?	Отмечаю Не отмечаю Затрудняюсь ответить
12. Отмечаете ли Вы после принятия душа (ванны)?	Сухость и шелушение кожи Жесткость волос после мытья Аллергические высыпания на коже Не отмечаю
13. Страдаете ли Вы какими-либо из перечисленных токсических синдромов?	Мочекаменная болезнь Заболевания мочеполовой системы (кроме мочекаменной болезни) Частый дискомфорт в желудке или понос (диарея) Заболевания желудочно-кишечного тракта Повышенная сухость кожи Болезни щитовидной железы Сердечно-сосудистые болезни Болезни опорно-двигательного аппарата Заболевания зубов и десен (кариес и др.) Не страдаю никаким из указанных токсических синдромов

Результаты опроса подтверждают, что примерно 50% опрошенных уже отмечает влияние неудовлетворительного качества питьевой воды на свое здоровье. Сложно утверждать, что качество употребляемой воды напрямую влияет на состояние здоровья, однако, невозможно опровергнуть мнение специалистов в области санитарной гигиены, что водный фактор может спровоцировать вышеперечисленные заболевания.

Итоги проведенных исследований могут послужить основой для корректировки и оптимизации мероприятий в рамках региональной водной политики, нацеленных на обеспечение населения Воронежской области качественной питьевой водой.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-17-00219, https://rscf.ru/project/25-17-00219/

Литература.

1. Боева А.С. Оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области, связанных с качеством питьевой воды в источниках децентрализованного водопользования / А.С. Боева // Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология, 2023.- № 3.- С.90-97.
2. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2024 году» – Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2025 – 196 с.
3. Механтьев И.И. Современные гигиенические проблемы питьевого водоснабжения населения Воронежской области / И.И. Механтьев, О.В. Клепиков , А.С. Куролап, Л.В. Попова // Тенденции развития науки и образования. - 2021. - № 79(1) - С. 28-32.
4. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" (Раздел III. Нормативы качества и безопасности воды). - 2021. - URL: https://tk-expert.ru/uploads/files/ntd/ntd-861-20210304-191207.pdf (дата обращения 10.07.2025).

ANALYSIS OF THE POPULATION OF THE VORONEZH REGION'S OPINION ON THE QUALITY OF DRINKING WATER (ACCORDING TO A SOCIOLOGICAL SURVEY)

A.A. Baranova, E.G.Potapova,
Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation
e-mail: coriandre@rambler.ru

Abstract: Ensuring the safety of drinking water is an urgent task due to the existing environmental risks associated with the deterioration of water quality caused by man-made and natural factors. This problem is particularly acute in rural areas, where decentralized water sources are used for domestic and drinking purposes, which are usually not covered by the state water quality monitoring system. During 2024 and the first half of 2025, a sociological survey was conducted, involving 1363 respondents. Among the respondents, 38,3% consider the water they drink to be of poor quality, and about 50% have already noticed the impact of drinking water on their health.

Key words: centralized water supply, decentralized sources, wells, springs, respondents, and sociological surveys.

УДК: 910.1

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ ХОПЕРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ

М.М. Дамбе, Л.А. Межова
ФГБОУ ВО Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж, Российская Федерация
e-mail: rybalova96@mail.ru

Аннотация. Исследование посвящено сбору и обобщению данных о формировании геоэкологических условий на территории Хоперского государственного природного заповедника в разные геологические эпохи и периоды. Определены геоэкологические условия

территории заповедника с начала палеогена по голоцен. Составлено краткое описание геоэкологических условий в кайнозое.

Ключевые слова: геоэкологичекие условия, палеоклиматические исследования, Хоперский государственный природный заповедник, геологический период.

Первые работы по определению событий геологических эпох с точностью до года смог осуществить шведский геолог и географ Герхард де Геер, открывший метод варвохронологии в конце XIX в. Н.М. Страхов Создателем сформулировал литологический метод – основной для палеографических исследований. Реконструкция палеоклиматических условий происходит на основе палеонтологических исследований, включающих споро-пыльцевой анализ (Н.Г. Лагерхейм, Л. ф. Пост), изотопно-кислородный метод (Г. Юри), изучение осадочных пород по виду и составу (В. Мейке), выявление минералогических компонентов-индикаторов (В.П. Батурин), реконструкция ландшафтных палеографических карт (Р. Гук, А. Вегенер, А.И. Воейков), теоретико-гипотетическое восстановление климатических условий по найденным континентальным отложениям (А. Вегенер), выявление реликтовых биоиндикаторов и изучение их параметров (Д. Мая, Дж. Вулф, А.Б. Герман, Р. Спайсер), стратиграфия отложений (М. Миланкович).

Сформулированы различные гипотезы, объясняющие преобразования климата в разные геологические эпохи: по причине движения континентов (А. Вегенер), по причине изменения ледникового покрова планеты (К. Брукс), по причине изменений циркуляции атмосферы из-за динамических процессов солнечной активности (П.П. Предтеченский), по причине изменения орбиты и угла наклона оси Земли (М. Миланкович).

Описание условий по всем геологическим эпохам на бывшей территории СССР представлены в трудах А.А. Борисова. В XXI в. М.А. Ахметьев собрал и обобщил планетарные данные по эпохе палеогена. В.В. Бутвиловский собрал материал для характеристики климата плейстоцена.

Подробных исследований или обобщений об истории формирования геоэкологических условий территории Хоперского государственного природного заповедника в разные геологические эпохи и периоды не проводилось. Хоперский государственный природный заповедник расположен в северо-восточной части Воронежской области. Геоэкологические условия на территории Хоперского государственного природного заповедника в настоящее время определяются пойменным рельефом реки Хопер с наличием большого количества небольших водоемов, равнинным низменным рельефом между Окско-Донской низменностью и Калачской возвышенностью, умеренно континентальным климатом с относительно мягкой снежной зимой ($t_{янв.}$-10°С), теплым летом ($t_{июль}$+21°С), со среднегодовой температурой +6-7°С, осадками свыше 450 мм в год, составом флоры, включающей в себя дубравы, черноольховые леса, осинники, степные луга [6].

До палеозоя территория заповедника представляла горный рельеф. До девонского периода территория опускалась и покрылась морем. После отступления моря остались псилофитные леса. В мезозойскую эру море снова затопило территорию заповедника. Северная часть рельефа сохранила породы мелового периода. Южная часть сформировалась в кайнозое.

Палеоклиматические характеристики палеогеновой эпохи выделены из работ В.Г. Шпуля, М.А. Ахметьевой, В.А. Крашенинникова, Ю.Г. Леонова на основе палеоботанических, литолого-стратиграфических и тектонических изучений отложений. В конце палеоцена на территории Воронежской области тропический климат сменился умеренным, уже были обособлены Среднерусская и Калачская возвышенности. Паратропический климат имел муссонные характеристики, сменой сухого и жаркого сезона влажным, иногда даже семиаридным. Среднегодовые температуры колебались в пределах +21-26°С, дневные колебания могли достигать 10°, никогда не опускаясь ниже 0°. ГКО в этот период составляло более 1000 мм. Минимальная влажность – 65% [2]. Растительный мир состоял из

вечнозеленых дубово-лавролистовых и смешанных лесов, по речным долинам преобладали каштаново-дубовые леса [7].

В эоцене море отошло до Борисоглебска, из чего следует, что в этот период на территории заповедника проходила береговая линия. Климатические условия характеризуются смягчением климата, снижением количества осадков и среднесуточных колебаний температур. Температурный режим практически не изменялся в течение года, среднегодовая температура около +24+25°С. В среднем эоцене климат характеризуется как переменно-влажный субтропический, близкий к современному средиземноморскому, в котором основная сумма осадков выпадала зимой [2]. В растительном мире преобладали каштаны и вечнозеленые дубы [7]. Переход к похолоданию начался 45 млн. лет назад.

Переход от эоцена к олигоцену характеризуется массовым вымиранием видов из-за похолодания, продолжившегося в олигоцене. Климат на исследуемой территории характеризуется как умеренный с элементами субтропического. Среднегодовые температуры снизились до 12°С, значительнее выразились различия между сезонами, годовые суммы осадков снизились до 550 мм в год. Зимой температуры опускались ниже 0°С, появился снежный покров. Летом температуры могли доходить до +30°С. Климат приблизился к современным условиям [5]. В растительном покрове произошли изменения в сторону увеличения доли хвойных, широколиственных пород. Снизилась влажность воздуха и почвы. Флора начала меняться на листопадную [7]. Земная кора продолжала подниматься, море отступало.

Считается, что море в последний раз покинуло территорию Воронежской области 25 млн. лет назад – в период перехода к эпохе миоцена неогенового периода, который длился 23-5 млн. лет назад. Данные о палеоклиматических условиях неогена определены из работ А.А. Борисова, А.А. Глотова, написанных на основе проведения комплексных палеонтологических исследований. В этот период повсеместно сократились осадки, природные зоны стали более сухими. Формируется Окско-Донская низменность. Климат был умеренно-теплым, в растительном мире преобладали хвойные и широколиственные леса. Температура зимой доходила до -12°С, среднегодовая температура немного повысилась до 14-15°С [4].

Плиоценовый период длился от 5 до 2,5 млн. лет назад. В этот период на территории Воронежской области сформировался лесостепной ландшафт с умеренным температурами и достаточным увлажнением. Климат стал более сухим и прохладным. Средняя годовая температура была на 1-3°С выше, чем в настоящее время, а осадков, наоборот было меньше. Появляется весеннее половодье, оформляется речная долина р. Хопер [4].

Плейстоценовый период четвертичного периода начался 2,5 млн. лет и закончился 11,7 тыс. лет назад. Климат менялся несколько раз за период, сменяя потепление похолоданием с образованием оледенений. Данные ритмы В.М. Синицын связывал с колебанием солнечной радиации. Климат изучаемой территории был умеренно-континентальный с теплым летом, холодной зимой, осадками в размере 600-700 мм, устойчивым снежным покровом. Средняя температура июля опустилась до +18°С. На территории заповедника произрастали хвойно-широколиственные леса, в долине реки появились ольховые. Наиболее теплолюбивые виды исчезли [3]. Облик флоры приблизился к современным условиям. Причиной стали оледенения, захватывающие территории Хоперского заповедника: Донское, Днепровское.

Донской язык оледенения на территории Прихоперья относился к периферии оледенения, климатические условия характеризовались температурами близкими к 0˚, осадки около 100 мм. Днепровское оледенение происходило 300-250 тыс. лет назад, предполагаемые климатические условия близки к температурам Донского, но с большим количеством осадков.

Голоцен начался примерно 11,7 тыс. лет назад. Характеристика климата четвертичного периода выделена на основе работ Л.М. Акимова. Климат менялся незначительно, тектонических сдвигов не было, но период характеризуется массовым вымиранием животных. В предбореальный этап температура и осадки были немного ниже. В бореальный этап климат был наиболее прохладным. В Атлантический – началось потепление, что стало фактором расширения площади дубовых лесов [1]. В суббореальный климат стал более влажным. В

субатлантический период климатические условия стали теплее, развивается степная растительность.

Проведенный анализ климатических характеристик выявил следующее. Среднегодовая температура воздуха снижалась до олигоцена – от 26° до 12°, повысилась в плиоцене до 17° и затем снизилась до 6-7°. Минимальная среднегодовая температура в голоцене. Средние температуры июля имеют такие же тенденции, колебания составляли от 1 до 6°. Летние температуры относительно стабилизировались с олигоцена. В голоцене показатель стал выше. Средние температуры января изменились от положительных к отрицательным, самые низкие были в миоцене, относительно стабилизировавшись в плиоцене. В голоцене температура стала немного теплее.

Сумма осадков по периодам значительно различалась: от субтропических характеристик к умеренным со сменой сезона максимума выпадения. Осадки постоянно снижались, но выросли в плейстоцене. В голоцене показатель снизился.

Современный умеренный климат испытывает колебания, которые отражаются на изменении уровня озер, интенсивности поверхностного стока. Климатические изменения умеренного климатического пояса всего четвертичного периода характеризуются резкими колебаниями характеристик.

Таблица 1.

Этапы трансформации геоэкологических условий на территории ХГПЗ в кайнозое

Эпоха	Период	Характеристика геоэкологических условий территории заповедника	Тип климата
Палеоген	палеоцен	Отступление моря, резкое значительное потепление климата, сформировались возвышенности, смешанные леса с преобладанием дубов	Тропический муссонный
	эоцен	Береговая линия моря, однородные условия климата в течение года, распространены каштаны и дубы	Переменно-влажный субтропический
	олигоцен	Похолодание, снижение ГКО, температуры опускаются ниже 0˚С, повышение территории, вымирание, появились хвойные	умеренно-теплый
Неоген	миоцен	Снижение среднегодовой температуры, снижение ГКО, окончательная регрессия моря, формирование низменности, широколиственные леса	умеренно-теплый
	плиоцен	Климат теплый, увеличивается засушливость, формирование речной долины, появляется весеннее половодье, появление лесостепных ландшафтов, два сезона – влажный и сухой	умеренный с достаточным увлажнением
Антропоген	плейстоцен	Чередование теплых и холодных периодов – оледенений, появились ольховые	умеренно-континентальный
	голоцен	Потепление температур, снижение осадков, развитие степных ландшафтов, появилась степная растительность	умеренно-континентальный

Таким образом, климатические условия менялись от жарких и влажных с отсутствием резких колебаний температуры в течении года к умеренному климату. Климат постоянно становился холоднее и суше. До палеозоя на современной территории заповедника были горы и отсутствовала биологическая жизнь. В палеозое появились споровые травянистые, вымершие на данный момент, горы разрушились и сформировался холмистый равнинный рельеф. В мезозое территория покрывалась морем. До кайнозоя геоэкологические условия полностью преобразовывались дважды. В кайнозое современные геоэкологические условия формировались следующим образом: в рельефе в палеогене сформировались возвышенности, в неогене – низменность и речная долина, в климате – умеренно-континентальный только в антропогене, во флоре – дубовые в палеогене, хвойные в олигоцене, ольховые и луга в антропогене, лесостепные ландшафты появились в плиоцене.

Литература.
1. Акимов Л.М. Пространственно-временные закономерности распределения климатических характеристик на территории Воронежской области / Л.М. Акимов // Вестник Воронежского государственного университета. – 2013. – № 1. – С. 192-198.
2. Ахметьев, М.А. Климат земного шара в палеоцена и эоцена по данным палеоботаники / М.А. Ахметьев. – М. : Наука, 2004. – С. 10-43.
3. Борисов А.А. Палеоклиматы территории СССР / А.А. Борисов. – Ленинград : Изд. Ленинградского ун., 1965. – 113 с.
4. Глотов А.А. Основные этапы формирования долинно-речных ландшафтов Воронежской области / А.А. Глотов, В.Б. Михно // Вестник Воронежского государственного университета. – 2013. – № 1. – С. 40-46.
5. Крашенинников В.А. Геологические и биотические события позднего эоцена – раннего олигоцена на территории бывшего СССР. Часть I: Региональная геология верхнего эоцена и нижнего олигоцена / В.А. Крашенинников, М.А. Ахметьев. – М. : ГЕОС, 1996. – 314 с.
6. Рыбалова М.М. Хоперский государственный природный заповедник как объект мониторинга климатических изменений / М.М. Рыбалова, Л.А. Межова // Климатическая повестка проблемы реализации и пути дальнейшего развития : Сборник материалов Международной научно-практической конференции (Грозный, 15–16 декабря 2023 года). – Грозный : Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, 2023. – С. 122-126.
7. Шпуль В.Г. Палеогеновые флоры Воронежской антеклизы (по данным палинологии) / В.Г. Шпуль // Вестник Воронежского государственного университета. – 2010. – № 2. – С. 100-107.

ANALYSIS OF THE FORMATION OF GEO-ECOLOGICAL CONDITIONS IN THE TERRITORY OF THE KHOPER STATE NATURE RESERVE IN GEOLOGICAL HISTORY

M.M. Dambe, L.A. Mezhova
Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russian Federation
e-mail: rybalova96@mail.ru

Abstract. The study is devoted to the collection and generalization of data on the formation of geo-ecological conditions in the territory of the Khoper State Nature Reserve in different geological epochs and periods. The geo-ecological conditions of the reserve territory from the beginning of the Paleogene to the Holocene are determined. A brief description of the geological conditions in the Cenozoic is given.

Keywords: geological conditions, paleoclimatic studies, Khoper State Nature Reserve, geological period.

УДК 664.38

БЕЗОТХОДНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНОГО МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ: ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕЛКОВЫХ КОМПОНЕНТОВ

О.А. Дербенёв[1]
Научный руководитель: Т.В. Калиновская[2],
Институт «Агротехнологическая академия»
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им.В.И.Вернадского»,
г. Симферополь, Россия
mail: wolfsave@rambler.ru[1], *kalinovskaya_88@mail.ru*[2]

Аннотация. Развитие молочной индустрии можно оценивать по степени и полноте переработки молочного сырья, что обеспечивает использование всех составляющих молока и получения на их основе высококачественных продуктов. За последние годы в Российской Федерации получили распространение технологии, позволяющие повысить эффективность переработки молочной сыворотки. В условиях роста цен на молочное сырье потребность полного использования ценного молочного сырья является экономически обоснованной. Необходимость переработки молочной сыворотки обусловлена также ухудшением экологической ситуации, так как при сбросах сыворотки в сточные воды, вместе с потерей ценных пищевых веществ, возникает проблема очистки сточных вод.

Ключевые слова: молочная сыворотка, сывороточные белки, безотходная переработка молочного сырья.

Молокоперерабатывающие предприятия производят значительное количество разнообразной продукции, основными и наиболее распространенными являются: молоко питьевое, кисломолочные продукты, сыры, мороженое, детское питание на молочной основе. Производство вышеуказанной продукции предусматривает ряд технологических процессов различной сложности, в результате которых кроме целевой продукции также получают ценные побочные продукты – молочную сыворотку.

Важнейшей и актуальной задачей пищевой промышленности являются рациональное использование вторичных сырьевых ресурсов молочной отрасли. Анализ статистических данных показывает, что в Российской Федерации, и в Республике Крым, в частности, наблюдается низкий процент использования вторичного молочного сырья.

Глубокая безотходная переработка, то есть максимальное использование вторичного сырья позволит решить следующие проблемы:

1. Экологические – попадание сыворотки в сточные воды наносит вред окружающей среде. Литературные данные [1] свидетельствуют, что одна тонна молочной сыворотки, слитая в сточные воды, загрязняет водоём так же, как 100 м^3 хозяйственно-бытовых стоков.
2. Социальные – высокая питательная и биологическая ценность вторичного молочного сырья обусловливает необходимость выпуска на ее основе пищевой продукции функционального назначения, которая при регулярном употреблении будет способствовать улучшения здоровья населения.
3. Экономические – в молочной сыворотке содержится большое количество ценных веществ молока, поэтому глубокая безотходная переработка позволит получить дополнительный положительный эффект для молокоперерабатывающих предприятий.

При переработке молока, в зависимости от вида основного продукта, получают сырную, творожную или казеиновую сыворотку.

Белковые компоненты представлены в сыворотке лактоальбумином (0,4 ... 0,5%), лактоглобулином (0,06 ... 0,08%), и протеоз-пептонной фракцией (0,06 ... 0,18%). Содержание белковых компонентов в сыворотке зависит от способа коагуляции белков [2,3].

Сывороточные белки считаются наиболее ценным белком молока, являются полноценными, имеют высокую скорость расщепления в пищеварительном тракте, усвояемость составляет 98 %.

Состав и свойства разных видов молочной сыворотки приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Состав и свойства молочной сыворотки

Показатели	Молочная сыворотка		
	сырная	творожная	казеиновая
Сухих веществ, %, в том числе:	4,5-7,2	4,2-7,4	4,5-7,5
молочный жир	0,05-0,5	0,05-0,4	0,02-0,1
белок	0,5-1,1	0,5-1,4	0,5-1,5
лактоза	3,9-4,9	3,2-5,1	3,5-5,2
минеральные соли	0,3-0,8	0,5-0,8	0,3-0,9
Кислотность, °Т	15-25	50-85	50-120
Плотность, кг/м^3	1018-1027	1019-1026	1020-1025

В таблице 1.2 приведено содержание незаменимых аминокислот белков в 100 граммах сухих веществ протеинов [5].

Таблица 1.2

Содержание незаменимых аминокислот протеинов

Аминокислоты	Массовая доля аминокислоты в белке, г/100 г		
	Эталон ФАО/ ВООЗ	Яичный протеин	Сывороточный протеин
Триптофан	1,0	1,5	2,2
Лизин	5,5	7,0	9,1
Треонин	4,0	4,3	5,2
Валин	5,0	7,2	5,7
Изолейцин	4,0	7,7	6,2
Лейцин	7,0	9,2	12,3
Фенилаланин +Тирозин	6,0	6,3	8,2
Метионин +Цистин	3,5	4,0	5,7
Сумма незаменимых аминокислот	36,0	47,2	54,6

Небелковые азотистые компоненты сыворотки представлены преимущественно мочевиной $CO(NH_2)_2$ (50% от общего их содержания в молоке) и свободными аминокислотами (20%). Небелковые азотистые соединения почти полностью переходят из молока в сыворотку.

Углеводный состав сыворотки аналогичный углеводному составу исходного молока, а его содержание зависит от вида сыворотки. В молочной сыворотке есть 0,05 ... 0,45% молочного жира, в сепарированной сыворотке остается 0,05 ... 0,10% жира, ценность в том, что он диспергирован до шариков размером в диаметре меньше 2 мкм [2, 3].

Молочная сыворотка является видом сырья с природным набором важных минеральных соединений. Однако, высокое содержание в сырной сыворотке хлористого натрия (4,0%) по сравнению с сывороткой творожной (0,3%) усложняет ее применение в технологиях пищевых продуктов. В связи с этим творожную сыворотку, как правило, деминерализуют, применяя для этого электродиализ [4].

В последнее время большое внимание производителей пищевых продуктов уделяется использованию молочных белков. Ежегодное мировое производство сывороточных белков составляет около 600 тысяч тонн, производство в России составляет около 3500 тонн – то есть

6,5% от потребления. Это создает угрозу продовольственной безопасности Российской Федерации, поэтому стоит обратить внимание на данный сектор пищевой промышленности и необходимость наращивания собственного производства молочных компонентов.

Традиционным способом получения сывороточных белков из молочной сыворотки является тепловая коагуляция с последующим ферментативным гидролизом и фракционированием гидролизатов. Благодаря промышленному внедрению мембранных технологий, включая ультра- и диафильтрацию, а также ионообменную адсорбцию (IEA), появились концентраты и изоляты сывороточных белков с высокими функциональными свойствами. В зависимости от применяемой технологии меняется фракция продукта, состав, степень очистки, аллергенность и цена [4].

Фракции сывороточных протеинов, выпускаемые в данный момент промышленностью представлены в таблице 1.3.

Таблицы 1.3

Фракции протеинов, выпускаемые промышленностью

Фракция протеинов	Белки (%)	Лактоза (%)	Жир (%)	Аллергенность (переносимость)	Цена
Концентрат (WPC)	25–89	4,5–55	1–10	возможны проблемы	доступная
Изолят (WPI)	90–97	0,5–10	0,5–8,0	хорошая	высокая
Гидролизат (WPH)	80–90	0,5–1,0	0,5–1,0	великолепная	очень высокая

Все формы сывороточного протеина легко и быстро усваиваются, поэтому сывороточные протеины (альбумины) называют быстрыми. Изоляты перевариваются быстрее концентратов, а гидролизаты – лучше изолятов.

В прошлом, чаще всего, сыворотка уходила в отходы, вызывая загрязнение окружающей среды, потерю ценных биологически-активных веществ, недополученной ежегодной прибыли молочных предприятий. В настоящее время разработаны экономически эффективные способы концентрирования или выделения сывороточных продуктов с высокими технологическими и функциональными свойствами.

Протеины сывороточных белков представляют большой интерес для использования в различных технологиях пищевой промышленности для создания ассортимента низкоаллергенных продуктов, обогащенных биологически активными пептидами. Большой потенциал у подобного рода ингредиентов наблюдается в технологиях производства продуктов специализированного питания, в том числе при производстве детских смесей и заменителей грудного молока, в лечебном (энтеральном и парентеральном) питании, геродиетическом питании, спортивном питании.

Функционально-технологические свойства белков, используемых в пищевой промышленности, можно рассматривать как проявление трех молекулярных аспектов: гидратации, поверхностных и гидродинамических (реологических) свойств. Функционально-технологические свойства белков представлены в таблице 1.4.

По структурной организации сывороточные белки относятся к глобулярным белкам, образованным наложением друг на друга полипептидных цепей. По биологическим функциям сывороточный альбумин является транспортным белком, в то время как яичный альбумин является резервным белком. Сывороточный белок является альбумином, следовательно, растворяется в воде при pH 6,6. Гидратационная способность концентратов сывороточного белка 0,45 – 0,52 г воды/г белка [2, 3].

Белки – это крупные молекулы, наделенные определенной, строго заданной, пространственной конфигурацией и обладающие рядом характерных физико-химических и биологических свойств при физиологических значениях температуры и pH среды.

Таблица 1.4

Функционально-технологические свойства белков

Функциональные свойства	Базовые свойства	Механизм действия
Растворимость	Гидратация	Гидрофильность
Влагоудерживающая способность	Гидратация	Водородное связывание, гидратация ионов
Вязкость	Гидродинамические (реологические)	Связывание воды, гидродинамические размер и форма молекул
Студнеобразование	Гидродинамические (реологические)	Увлечения и иммобилизация воды, образование сетевой структуры
Когезионно-адгезионные свойства	Гидродинамические (реологические)	Гидрофобность, водородное и ионное связывание
Эмульгирующие свойства	Поверхностная активность	Адсорбция и пленкообразование на границе раздела фаз
Пенообразующие свойства	Поверхностная активность	Адсорбция и пленкообразование на границе раздела фаз
Связывание жира и вкусоароматических соединений	Поверхностная активность	Гидрофобное связывание, захват молекул жира и вкусоароматических соединений

Одним их важных функционально-технологических свойств белков в пищевых технологиях является их пенообразующие свойства. Воздействие температуры на стойкость пен достаточно сложно и связано с протеканием многих конкурирующих процессов. При повышении температуры повышается давление внутри пузырьков, увеличивается растворимость поверхностно-активных веществ (ПАВ), уменьшается поверхностное натяжение – эти факторы способствуют повышению устойчивости пены. Однако, при повышении температуры усиливаются тепловые колебания адсорбированных молекул, и соответственно ослабляется механическая прочность поверхностного слоя, образованного молекулами ПАВ. Кроме того, вязкость пенообразующего раствора снижается, что увеличивает скорость истечения жидкости из пены, а также изменяются условия гидратации полярных групп ПАВ – это вызывает уменьшение устойчивости пены. Поэтому влияние температуры на стойкость пены необходимо анализировать в каждом частном случае.

Для изучения влияния температуры на изменения пенообразующей способности сывороточных белков провели соответствующие исследования, представленные на рис. 1.

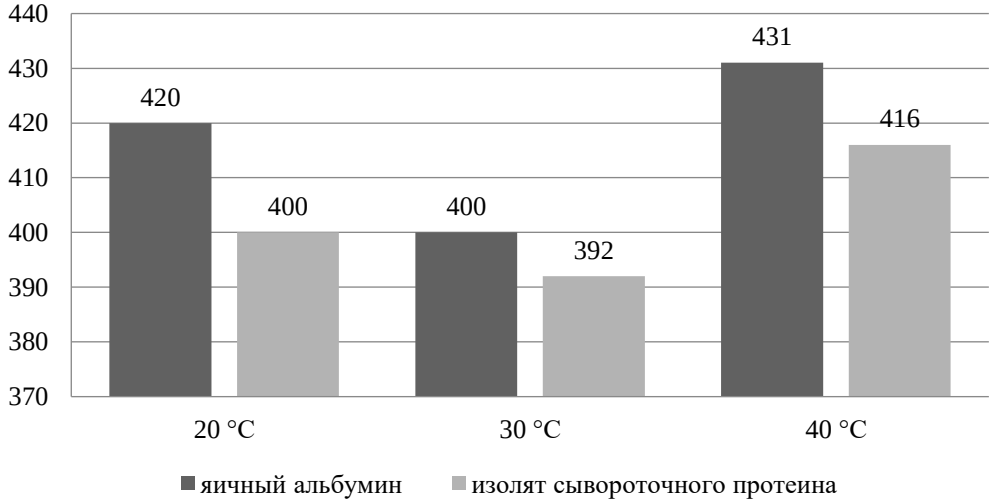


Рис. 1. Динамика изменения пенообразующей способности белков от температуры взбивания

С повышением температуры системы до 40 °С увеличивалась пенообразующая способность белков и для сывороточного составляла 416 %, дальнейшее увеличение температуры приводило к снижению данного показателя.

Стойкость пены при увеличении температуры до 30 °С не изменялась и составила 58 %, дальнейшее увеличение температуры системы приводило к повышению стабильности пены. Вероятно, с повышением температуры системы увеличивалась растворимость белка и уменьшалось поверхностное натяжение, что способствовало повышению пенообразующей способности. Вязкость дисперсной среды (в нашем случае – растворы яичного и сывороточного белков) повышается с повышением температуры. Получение дисперсной системы жидкость-газ (в нашем случае воздух) облегчается при повышении температуры дисперсной среды. Вязкость пенообразующего раствора сывороточного белка повышалась, изменялись условия гидратации полярных групп белка, поскольку сывороточные белки образуют при нагревании необратимые гели, что приводило к увеличению устойчивости пены.

Удельный вес пены характеризует количество газа (воздуха), включенного в систему и принявшего участие в образование пузырьков пены. Более низкий удельный вес пены из холодного белка (по сравнению с пеной из теплого белка) как раз свидетельствует о том, что пена получилась более "воздушная". Большая воздушность не уменьшила стойкость пены, получение которой являлось конечной целью производства дисперсионной системы белок-воздух. Экспериментальными исследованиями установлено, что рекомендованной температурой воды для восстановления белков является температура 40 °С.

Таким образом, безотходная переработка молочного сырья создаст условия для выпуска качественной продукции, а также поможет решить ряд экологических проблем, повысит экономическую эффективность, благоприятно отразится на важных социальных аспектах.

Литература.

1. Донских А.Н. Рациональная переработка вторичного молочного сырья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ratsionalnaya-pererabotka-vtorichnogo-molochnogo-syrya>.
2. Калиновская Т.В., Богодист-Тимофеева Е.Ю. Исследование функционально-технологических свойств концентрата сывороточных белков в технологиях сбивных конфетных масс // Вестник ВГУИТ. 2021. №2 (88). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-funktsionalno-tehnologicheskih-svoystv-kontsentrata-syvorotochnyh-belkov-v-tehnologiyah-sbivnyh-konfetnyh-mass
3. Калиновская Т.В., Омельчук В.И., Гаврилов А.В. Исследование влияния технологических факторов на изменение структурно-механических свойств затяжных аэрированных конфетных масс на основе сывороточных белков // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. №1. С. 1–6.
4. Кондратова, И. И. Оптимизация технологических режимов изготовления сбивных кондитерских масс / Кондратова И. И., Томашевич С. Е. // Пищевая промышленность: наука и технологи. — 2010. — №1 (7). — С. 38-45.
5. Феннема, О. Р. Химия пищевых продуктов / Ш. Дамодаран, К. Л. Паркин, О. Р. Феннема; пер. с англ. — СПб.: Профессия, 2012. — 1040 с.

WASTE-FREE PROCESSING OF SECONDARY DAIRY RAW MATERIALS: STUDY OF FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF PROTEIN COMPONENTS

O.A. Derbenev[1]
Scientific supervisor: T.V. Kalinovskaya[2]
Institute "Agrotechnological Academy" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol
mail: wolfsave@rambler.ru[1], kalinovskaya_88@mail.ru[2]

Abstract. The development of the dairy industry can be assessed by the degree and completeness of processing of raw milk, which ensures the use of all components of milk and the production of high-quality products based on them. In recent years, technologies have become widespread in the Russian Federation that improves the efficiency of whey processing. In the context of rising prices for raw milk, the need for full use of valuable raw milk is economically justified. The need to process whey

is also due to the deterioration of the environmental situation, since when whey is discharged into wastewater, along with the loss of valuable nutrients, the problem of wastewater treatment arises.
Keywords: whey, whey proteins, waste-free processing of raw milk

УДК 665.3

ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

В.В.Коротаева, Е.Н.Сыргий
Научный руководитель: Богодист-Тимофеева Е.Ю.
Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь, Россия
e-mail: bogodist_tim@mail.ru

Аннотация. В Республике Крым функционируют маслодобывающие производства разных форм собственности, позволяющие получать как традиционное подсолнечное масло, так и другие виды, главным образом из регионального сырья (лен масличный, расторопша лекарственная, семена винограда, плодовые косточки, орехоплодные и т.п.). Отходы производств относятся к IV и V классам опасности и несут определенную нагрузку на функционирование предприятий в плане контроля со стороны экологического надзора. Внедрение комплексных технологий позволит не только минимизировать потери производств, но и более органично интегрировать их в региональную экономику и снизить экологическую нагрузку, а значит, повысить экономическую эффективность.

Ключевые слова: отходы производства нерафинированных растительных масел, жмых, комплексная переработка, горчичное масло.

Производство растительных нерафинированных масел на территории Республики Крым представлено главным образом малыми предприятиями разных форм собственности (ИП, ЧП, ООО). Крупнейшим игроком данного сегмента можно считать лишь «Первый Крымский Маслозавод», мощность которого рассчитана на суточную переработку подсолнечных семян в количестве 100т [7]. Ассортимент прочих крымских производителей растительных масел включает не только «классическое» подсолнечное, но и другие виды, в большей степени полученные из сырья регионального происхождения. Климатические условия Крыма позволяют выращивать растительные культуры, потенциально пригодные для получения масел, среди которых: традиционно масличные/прядильно-масличные (подсолнечник, лен масличный, рыжик), лекарственные (расторопша, черный тмин), орехоплодные (грецкий орех, миндаль), плодовые (косточковое сырье - персик, абрикос, слива, вишня, сюда же можно отнести типично «крымское» растение - виноград, из семян которых также можно извлечь масло).

Основной способ производства нерафинированных растительных масел в регионе – механический отжим или прессование («горячее», «холодное»). Отходами, а также побочными продуктами производств, при этом являются жмыхи, лузга (и другие виды оболочки – скорлупа) и бытовые отходы. Согласно действующей классификации отходов ФККО, актуализированной в 2025г., практически всем видам отходов присвоен IV (малоопасные отходы) и V (безопасные отходы) классы опасности, см. таблицу 1. Известно, что обращение с отходами производства и потребления регулируется правовым полем Российской Федерации: ФЗ №899 «Об отходах производства и потребления». Соблюдением законодательства занимаются органы государственного экологического контроля (используя следующие методы контроля, например, проверки предприятий, осмотр территорий) и органы местного самоуправления.

Таблица 1

Перечень отходов по ФККО - 2025

Код отходов	Наименование	Агрегатное состояние, физическая форма (формулировка)
3 01 141 00 00 0 «Отходы производства растительных масел»		
3 01 141 10 00 0	«Отходы масличных семян»:	-
3 01 141 11 20 5	«Отходы семян подсолнечника»	Твердое
3 01 141 12 20 5	«Отходы льна масличного»	Твердое
3 01 141 19 42 4	«Отходы семян масличных в виде пыли»	Пыль
3 01 141 20 00 0	«Лузга масленичных культур»:	-
3 01 141 21 49 5	«лузга подсолнечная»	Прочие сыпучие материалы
3 01 141 30 00 0	«Отходы жмыха»:	-
3 01 141 31 29 5	«Жмых подсолнечный»	Прочие формы твердых веществ
3 01 141 32 29 5	«Жмых льняной»	Прочие формы твердых веществ
3 01 141 33 29 5	«Жмых горчичный»	Прочие формы твердых веществ
3 01 141 34 29 5	«Жмых рапсовый»	Прочие формы твердых веществ
3 01 141 35 49 5	«Жмых кукурузный»	Прочие сыпучие материалы
3 01 141 50 00 0	«Отходы очистки растительных масел»:	-
3 01 141 52 39 4	«Осадок при отстаивании растительных масел в их производстве»	Прочие дисперсные системы
3 01 141 53 39 4	«Осадок при хранении растительных масел»	Прочие дисперсные системы
3 01 141 80 00 0 «Отходы от мойки и зачистки оборудования при производстве растительных масел»		
3 01 141 81 31 4	«Масляные эмульсии от мойки оборудования производства растительных масел»	Жидкое в жидком / Эмульсия
3 01 141 82 39 4	«Отходы зачистки оборудования производства растительных масел»	Прочие дисперсные системы
3 01 141 83 33 4	«Отходы зачистки емкостей хранения соапстока и фуза»	Твердое в жидком / Паста

Производители, на которых образуются отходы 1-4-го классов опасности, обязаны отнести их к конкретной категории и соответственно разработать паспорт отходов – документ, отражающим информацию о классе опасности, составе, физико-химических свойствах, способе образования и нормах по обращению с ними. Отходы 5-го класса опасности не паспортизируются, но требуют подтверждения своей категории (на основании биотестирования) и ежегодного отчета по отходам для малого и среднего бизнеса [8].

Комплексная переработка является одним из рациональных выходов по минимизированию отходов производства, и параллельно, извлечению дополнительной выгоды. Лузга, шелуха – источники целлюлозы, могут эффективно использоваться в качестве топлива (что и реализуется на «Первом Крымском Маслозаводе» [7]), органического удобрения, в кормопроизводстве, и для более сложных химических процессов (в производстве фурфурола, кормовых дрожжей и этанола) [4]. Жмыхи - это ценный источник белка, и в самом простом варианте могут использоваться в кормовых целях (в производстве комбикормов домашним и сельскохозяйственным животным), что будет целесообразным в условиях малых сельскохозяйственных производств (особенно широкого ассортиментного профиля). Еще один распространенный вариант использования жмыхов – в косметическом производстве (как скрабирующий компонент в мыловарении и косметических изделиях) и пищевых целях

(жмыховая мука, пищевая добавка, пищевой ингредиент в ЗОЖ-продукции, спортивном и функциональном питании, кондитерских изделиях) [1,2]. В качестве скрабирующих агентов активно используется и скорлупа орехов и косточек (в тонкоизмельченном виде). Применение жмыхов и скорлупы в косметическом производстве актуально для Крыма как туристического региона и одного из флагманов натуральной косметики в Российской Федерации. Жмых как пищевая добавка и пищевой ингредиент, отвечающие современным тенденциям развития пищевой индустрии, может также успешно интегрироваться в региональное экономическое пространство как в рамках производства промышленной пищевой продукции и в общественном питании, так и в систему гастротуризма. Часть крымских производителей идет как раз по пути интеграции с туристической деятельностью полуострова, реализовываясь как ремесло и выпуская не только масло, но и жмыхи (в виде смесей, чаев и муки) [6].

Одним из вариантов комплексной технологии предлагается переработка семян горчицы («пищевых» безэруковых сортов), см. рис.1.

Рис. 1 Блок-схема комплексной переработки горчичного масла

Нерафинированное горчичное масло (из безэруковых сортов относится к олеиново-линолевому типу) обладает не только оригинальными вкусо-ароматическими свойствами, но и ценным составом (см. Таблицу 2): высокое содержание антиоксидантов (токоферолов), практически все жирорастворимые витамины, фитостеролы, хлорофилл, фитонциды [3,5].

Предлагаемая технология предусматривает получение пищевого нерафинированного горчичного масла (разных сортов в зависимости от применяемого прессового оборудования: от премиум-класса до первого сорта); гидролат (от которого можно отделить аллиловое горчичное эфирное масло, используемое в химической промышленности, медицине и пищевой промышленности в качестве натурального ароматизатора, антисептика и консерванта); обэзэфиренный высушенный жмых, т.е. практически не содержащий эфирное масло, который можно рекомендовать для использования в качестве наполнителя низкожирных эмульсионных пищевых и косметических продуктов (маски, кремы, твердое мыло) или в кормовом производстве.

Таблица 2

Химическая характеристика среднестатистических семян горчицы сарептской

Составные вещества	Содержание в подвидах сарептской горчицы,%	
	сизосеменная	желтосеменная
Жирное масло	32,0-49,0	35,0-49,4
Эфирное масло	0,8-0,9	0,6-1,18
Сырой протеин	26,4	26,2-30,5
Клетчатка	6,01	3,85-4,43
Беззазотистые экстрактивные вещества	20,51	18,07-20,97
Фосфор P2O5	1,87	1,77-2,16
Сера	2,36	2,09-2,58

Подобное технологическое решение имеет минимум отходов, главным образом, бытовых, и тем самым подтверждает целесообразность применения комплексных технологий, вне зависимости от формы организации бизнеса.

Литература.

1. Бабкин Д. В., Топурия Г. М. Эффективность использования жмыхов различных масличных культур для повышения биоресурсного потенциала коров // Известия ОГАУ. 2006. №11-1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-ispolzovaniya-zhmyhov-razlichnyh-maslichnyh-kultur-dlya-povysheniya-bioresursnogo-potentsiala-korov (дата обращения: 08.08.2025).
2. Бочкарев, М. С. Качество и потенциал пищевого использования жмыхов масличного сырья, перерабатываемого в Алтайском крае / М. С. Бочкарев, Е. Ю. Егорова // Ползуновский вестник. – 2015. – № 4-2. – С. 19-22. – EDN VMDLDJ.
3. ГОСТ 8807-2024 Масло горчичное. Технические условия. Национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 августа 2024 г. № 176-П : введен взамен ГОСТ 8807-94 : дата введения 01.05.2025 / разработан Некоммерческой организацией "Ассоциация производителей и потребителей масложировой продукции". – Москва : Стандартинформ, 2025. – 18 с. – Текст : непосредственный.
4. Как перерабатывают отходы после сепарации подсолнечника оф. сайт компании Smart. - URL https://www.smart174.ru/blog/kak-pererabatyvayut-otkhody-posle-separatsii-podsolnechnika/ (дата обращения 05.08.2025) — Текст : электронный.
5. Мхитарьянц, Л. А. Технология отрасли. Приемка, обработка и хранение масличных семян : учебник / Л. А. Мхитарьянц, Е. П. Корнена, Е. В. Мартовщук ; под редакцией Е. П. Корненой. — Санкт-Петербург : ГИОРД, 2012. — 248 с. — ISBN 978-5-98879-141-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/4893 (дата обращения: 08.08.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. оф. сайт «Масла Крыма». - URL http://maslo-crimea.tilda.ws/ (дата обращения 05.08.2025) — Текст : электронный.

7. оф. сайт «Первый Крымский Маслозавод». - URL https://maslo-krym.tilda.ws/ (дата обращения 05.08.2025) — Текст : электронный.
8. оф. сайт Росприроднадзора. - URL https://rpn.gov.ru/regions/77/gov-services/approve-hazard-class/ (дата обращения 05.08.2025) — Текст : электронный.

ENVIRONMENTAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF VEGETABLE OIL PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF CRIMEA

V.V.Korotaeva, E.N.Syrgy
Scientific supervisor: E.Y. Bogodist-Timofeeva
Institute "Agrotechnological Academy" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol
e-mail: bogodist_tim@mail.ru

Abstract. In the Republic of Crimea, there are oil-producing facilities of various forms of ownership that produce both traditional sunflower oil and other types of oil, mainly from regional raw materials (oilseed flax, milk thistle, grape seeds, fruit pits, nuts, etc.). The waste from these facilities belongs to the IV and V hazard classes and poses a certain burden on the functioning of these facilities in terms of environmental control. The implementation of integrated technologies will not only minimize the losses of these facilities, but also integrate them more organically into the regional economy and reduce the environmental impact, thereby increasing economic efficiency.

Keywords: waste from the production of unrefined vegetable oils, cake, complex processing, mustard oil.

УДК 550.34

ДИНАМИКА АКТИВИЗАЦИИ РОЕВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЗАДАЧАХ ИХ РАСПОЗНАВАНИЯ В КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

В.С. Лютикова[1], И.Н. Литовченко [2]
ТОО «Национальный научный центр сейсмологических наблюдений и исследований»
МЧС РК Алматы, Казахстан
Магистр техники и технологий, МНС[1]
Ведущий научный сотрудник [2]
e-mail: Nikki.valo16@gmail.com[1], litovira@rambler.ru[2]

Аннотация: В научной статье исследуется вопрос экологической геологии в динамике роев землетрясений и Искусственный Интеллект в задачах их распознавания. Приведены результаты применения Искусственного Интеллекта (ИИ) в задачах распознавания роев землетрясений. Предлагаются алгоритмы ИИ и методы распознавания образов роев (в сейсмичности Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий). Практически применяется алгоритм графической кластеризации сейсмических событий при распознавании роев землетрясений. Процедура распознавания, как этап реализации методов ИИ, происходит по алгоритму, который может быть использован для любого сейсмоактивного региона Земли.

Ключевые слова: Искусственный Интеллект (ИИ), сейсмичность, экологическая геология, распознавание образов, алгоритм графической кластеризации, рои землетрясений.

В настоящее время экологическая геология является новым научным направлением геологии, которое изучает взаимодействие геологического компонента окружающей среды и процессы в природе. Это научная дисциплина, изучающая экологические функции литосферы, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием природных и техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью биоты и, прежде всего, - человека. Процессы в литосфере неразрывно связаны с сейсмичностью. Поэтому, очень важно знать, как эти процессы влияют на окружающую среду. Главное, иметь методы

исследования, подходящие для изучения таких процессов. К ним относятся методы и алгоритмы Искусственного Интеллекта (ИИ), которые находят применение в различных отраслях науки и техники. Быстрое их внедрение во все сферы жизни показывает актуальность и своевременность такого применения. В современных условиях роста сейсмоактивности многих регионов Земли, где происходили и происходят сильные землетрясения, как никогда становятся активно применяемыми различные интеллектуальные технологии. Современные технические средства в вычислительных процессах и их моделирование, а также Искусственного Интеллекти (ИИ) в задачах сейсмологии, таких, как моделирование сейсмической ситуации, распознавание афтершоков, прогнозирование землетрясений и т.д. В контексте экологической геологии ИИ в задачах распознавания применяется все активнее. Сложность моделирования современной сейсмичности, распознавание сейсмических событий и их идентификация, визуализация, требуют все новых и новых алгоритмов и методов. К числу современных методов распознавания можно отнести алгоритм распознавания образов на основе графической кластеризации данных (на примере распознавания роев землетрясений). В таких исследованиях современная сейсмичность региона выступает в качестве данных для их кластеризации [1-21]. За последние десятилетия, распознавание образов стало одним из актуальных направлений ИИ, связанным с автоматизацией процессов обработки и использования информации. В этом направлении достигнуты определенные успехи в решении теоретических и практических задач. Технология распознавания образов остается актуальной и на сегодняшний день [5]. В настоящей работе излагаются основные теоретические и практические результаты применения алгоритма распознавания образов на основе метода графической кластеризации (МГКл) данных: на примере роев землетрясений в сейсмичности Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий.

Предпринята попытка оценить перспективы применения методов ИИ в решении задач распознавания, развития этого метода и его применения. Как известно, процесс распознавания образов (объектов, сигналов, ситуаций, явлений или процессов) состоит из идентификации объекта или определения каких-либо его свойств по его изображению или другим характеристикам. В этом случае данные в компьютере представляют множество объектов, которое является набором неповторяющихся однотипных элементов. Образ – это классификационная группировка, объединяющая (выделяющая) определенную группу объектов по некоторому признаку. Образы обладают характерными свойствами. Методика отнесения элемента к какому-либо образу называется решающим правилом. Метрика – это способ определения расстояния между элементами универсального множества. Чем меньше это расстояние, тем более похожими являются объекты, то, что мы распознаем.

На современном этапе активизации сейсмичности в регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий [6], весьма актуально распознвавние роев землетрясений. Рой землетрясекний представляет собой последовательность землетрясений, которые происходят в данном месте в течение нескольких дней, месяцев или лет. Термин «рой» связан с тем фактом, что, когда мы представляем различные сейсмические очаги на карте, в разрезе или, в 3-D, они производят впечатление, как пчелиный рой, что упрощает визуальное восприятие этого понятия. Поэтому, скопление роев землетрясений может интерпретироваться, как контур активизации в месте их расположения. Графическая кластеризация сейсмических событий при распознавании роев землетрясений реализует алгоритм распознавания образов в сейсмологических исследованиях. Позволяет наблюдать за динамикой активизации роев землетрясений в регионе исследования. Авторами ранее применялся алгоритм графической кластеризации для некоторых сейсмоактивных регионов. Алгоритм графической кластеризации ранее применялся в [7, 10-15, 17]. Как интеллектуальный этап применения методов ИИ в задаче распознавания роев, алгоритм и метод дает достаточную статистику для обоснования численных характеристик роев. За рой землетрясений принимают события, у которых выполняется следующее требование:

1. Число землетрясений в рое $N_{sw} \geq 3$.
2. Расстояние между эпицентрами $L_{sw} \leq 10'$.

3. Время между последующими землетрясениями $0 < T_{sw} \leq$ 15-26 суток.

4. Если эти условия выполнены, то данные землетрясения можно отнести к роям.

Практически установлено, что рой землетрясений имеет тенденцию формироваться вблизи тектонических неоднородностей. После возникновения в такой области роев землетрясений в течение 10-15 лет могут произойти сильные землетрясениях с M=6-7 [1,7-21].

Подобная особенность обнаружения роев землетрясений реализована для сейсмоактивного региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий. В динамике роев за 2017-2025 год наблюдается активизация. Отмечается, что рои землетрясений - это особый вид проявления сейсмической активности, когда за достаточно короткое время, в течение нескольких суток от 1 до 5-15-26суток (редко более длительное время), в одном и том же месте, на ограниченной площади, происходит большое количество землетрясений, как правило, малых энергетических классов, характерных для фоновой сейсмичности региона. Причем, в отличие от афтершоковой последовательности, роевые последовательности землетрясений не всегда имеют главное событие старшего энергетического класса, а также характерного затухания энергии событий во времени. Динамика активизации роев землетрясений показана на рисунке 1, 2, 3 за 2017-2025 гг, 2024-2025 гг и в текущем году 2025. Сильное событие произошло 23.01.2024 г. в Китае, округа Аксу M=7.1, очаг зафиксирован на глубине 65 км, в Алматинском сейсмоактивном регионе магнитуда составила 5 (см. рис. 1). В период с 2017 до 2024 года рои продолжались около 7 лет.

Анализ результатов распознавания дает качественный ответ о физической природе возникновения роев, которая еще не ясна, но исследования ведутся активно на сегодняшний день. Рои возникают, как в зонах континентальной сейсмичности (например, на Кавказе), так и в зонах субдукции (Курило-Камчатская зона) [8]. В результате проведенных исследований, применяя метод ИИ (распознавание образов), алгоритм МГКл, распознаны рои землетрясений за период наблюдений с 2017 по 2025 гг. в обширном сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий [9]. С помощью предложенного алгоритма исследованы особенности их распределения в пространстве и времени. Проанализирована динамика активизации роев землетрясений в регионе исследования.

Реализация процесса распознавания и результаты.

Из регионального каталога землетрясений за период 2017–2025 гг. [3], были распознаны и исследованы рои землетрясений, произошедшие в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий. Выборка из каталога осуществлялась для событий с K≥7.0, без ограничения по глубине. Роем считалась последовательность при числе событий N≥3, произошедших за 1-15-26 суток, достаточно компактно по площади. Длительность роевых последовательностей варьировала от 1 до 15-26 дней. Распознавание роев из каталога землетрясений осуществлялось по алгоритму [7]. Выделялся интервал времени, в течение которого происходило массовое «высыпание» землетрясений с близкими значениями координат эпицентров. Математические критерии при выборке из каталога роев по времени и координатам задавались в соответствии с приведенными в [1,2, 4-21].

Далее, для каждой роевой последовательности составлялся каталог с метками роев, у распознанных землетрясений, выносились на карту распределения этих событий совместно с другими (см. рис.1,2). Отдельно от афтершоковой последовательности событий, которые уже помечены в каталоге землетрясений, проверялась принадлежность событий к рою. В отличие от афтершоковой последовательности, рои землетрясений не имеют характерного затухания событий по энергии во времени, согласно формуле затухания энергии афтершоков во времени. Сильные события так же помечались в формируемом каталоге распознанных землетрясений. Составлялись каталоги роев землетрясений, сильных землетрясений их афтершоков, анализировались их пространственно-временные распределения.

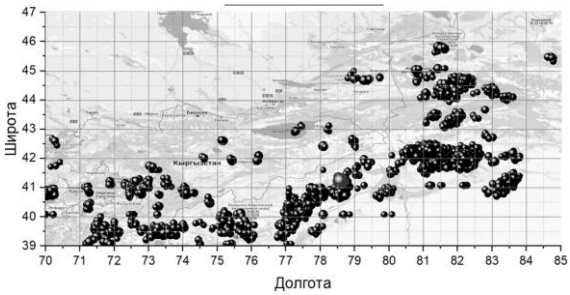


Рис.1 Карта–схема распознанных роев землетрясений сейсмоактивного региона исследования 39°-46°N, 70°-85°E за 2017-2025 г.г. (красным – сильное землетрясение, произошедшее 23.01.2024 г.)

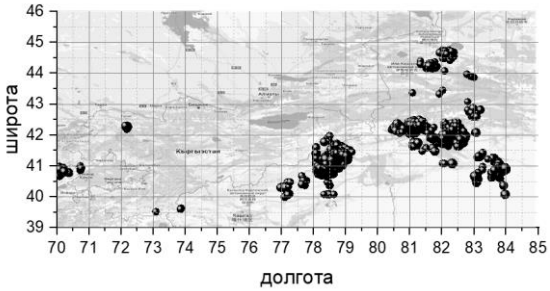


Рис. 2. Карта–схема распознанных роев землетрясений сейсмоактивного региона исследования 39°-46°N, 70°-85°E за 2024-2025 г.г

Результатами проведенных исследований стали: Каталог роев землетрясений, Карта-схема пространственно-временного распределения сейсмических событий - роев землетрясений, за указанный период времени 2017-2025 г.г. на территории исследования и сильное землетрясение, которое произошло 23.01.2024 г. (рис.1). Динамика активизации роев землетрясений показана за 2024-2025 гг на рис. 2. Практическое применение: методов ИИ в решении задач по распознаванию образов, алгоритмов и методов распознавания роев землетрясений в сейсмичности Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий, дает научно-практический результат для более ясного представления о процессе возникновения роев землетрясений и последующих за ними сильных землетрясениях, которые влияют на экологическую геологию. Данный алгоритм и метод ИИ по распознавания роев может быть применен для выявления и исследования пространственно-временного распределения роев в других сейсмоактивных регионах, что придает универсальность их применения и отслеживать динамику активизации роев землетрясений перед сильными событиями.

Работа выполнена в лаборатории геодинамических и сейсмических процессов в рамках ПЦФ BR24992763 «Оценка сейсмической опасности территорий областей и городов Казахстана на современной научно-методической основе». Источник финансирования Министерство образования и науки Казахстан.

Литература.

1. Казаков В.В., Литовченко И.Н., Паршуков М.Ю. Рои землетрясений на Северном Тянь-Шане // Прогноз землетрясений и глубинная геодинамика. Материалы международного симпозиума. Алматы, 1997. - СС.145-151.
2. Курскеев А.К. Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана. Алматы, 2004.-504с.
3. Каталог землетрясений /Сейсмическая опытно-методическая экспедиция (СОМЭ) МЧС РК [Электронный ресурс]: режим доступа - http://some.kz/index.php?p=card&outlang=1&oid=9.
4. Литовченко И.Н., Лютикова В.С. ВЫЯВЛЕНИЕ РОЕВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В СЕЙСМОАКТИВНОМ РЕГИОНЕ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ //Международная юбилейная научная конференция посвещенная 15-ти летию со дня образования Центрально-Азиатского института прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ) г.Бишкек, Кыргызская Республика, 2019.-С.35-38.
5. Лютикова В.С. Рои землетрясений как отклик энергонасыщенных структур земной коры на воздействие астрофизических факторов//Всемирный Конгресс инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации», WSEC-2017.-Астана, Казахстан,.-Т.Лютикова В.С., Литовченко И.Н. ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ

ОБРАЗОВ (В ВЫЯВЛЕНИИ РОЕВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ) // Материалы докладов XI международная Конференция молодых ученых и студентов.- Бишкек, 2019.-С.С 104-108.
6. Курскеев А.К., Колумбетова К.К., Литовченко И.Н., Амиров Н.Б., Лютикова В.С. О физической природе магнитуды землетрясений//Межд.науч.-практ.конф. «Современные методы оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений.-Алматы, 2022.-СС. 141-148.
7. Лютикова В.С., Литовченко И.Н, Роевая активность в сейсмичности Северного Тянь-Шаня и прилегающих территориях// Межд.науч.-практ.конф. «Современные методы оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений.-Алматы, 2022.- СС. 281- 287.
8. Литовченко И.Н., Лютикова В.С. Исследование связи между физическими параметрами очаговых зон роев землетрясений//14 Научно-практическая конференция молодых ученых.-Бишкек, 2022.-СС. .
9. Lyutikova V.S., Litovchenko I.N., Amirov N.B. Activation of Weak Seismicity as an indicator of the forvation of source zone of strong earthquekes in the earth’s crust Northern Tien Shan//Материалы Межд.науч.-метод.журнала «Global Science and innovations 2022: Central Asia».-Нур-Султан, 2022.-СС.3-7.
10. Литовченко И.Н., Амиров Н.Б., Лютикова В.С. Распознавание образов роев землетрясений и их численные характеристики//Инновационные технологии и геопространственное цифровой инженерии. Межд.науч.-практ. Конф.,Алматы, 2022.-СС.549-555.
11. Литовченко И.Н., Лютикова В.С. Применение искусственного интеллекта в сейсмологии и методы распознавания образов в современной сейсмичности//Робототехника и Искусственный интеллект. Матер. XV Всеросс. Науч.-тех. Конф. С межд. участ. МНВО РФ, Сиб.ФУ, Железногорс, 2023.-СС.241-246.
12. Litovchenko I.N., Lyutikova V.S. On the question of earthquake focus types, their models and formation//Сборник научных статей межд. науч.-метод. Журнала «Global Science and Innovations 2024: Central Asia».-Астана, 2024-№ 2.-СС.124-128.
13. ЛютиковаВ.С.,Литовченко И.Н. О количественных значениях реологических и термодинамических параметров в очагах землетрясений//Межд научпоп журнал «Endless Light in Science» , Астана, 2024.-СС. 87-94//DOI 10.24412/2709-1201-2024-23-87-94
14. Lyutikova V.S., Litovchenko I.N. To the question of earthquake swarms and their recognition in seismicity (using the example of the Northern Tien Shan region and adjacent territories)//Межд. науч. Журнал «Наука и образование: Новое время»ю- Астана, 2024.-ISSN 3005-4729/e-ISSN-3005-4737.-Vol. 2 ISSUE 8, 2024.-PP.9-12./http://doi.org/10.5281/zenodo.13925838
15. Лютикова В.С., Литовченко И.Н. Физико-математические параметры в очагах сильных землетрясений Турции, Марокко, Афганистата 2023 года//Межд. науч. Журн. «Наука и Образование: Новое время».-№4(4).2023.-СС. 222-228//https://doi.org/10.5281/zenodo.10448686
16. Litovchenko I.N., Lyutikova V.S. On the question of earthquake focus types, their models and formation//Сборник научных статей межд. науч.-метод. Журнала «Global Science and Innovations 2024: Central Asia».-Астана, 2024-№ 2.-СС.124-128.
17. Лютикова В.С.,Литовченко И.Н. О количественных значениях реологических и термодинамических параметров в очагах землетрясений//Межд научпоп журнал «Endless Light in Science» , Астана, 2024.-СС. 87-94//DOI 10.24412/2709-1201-2024-23-87-94.
18. Lyutikova V.S., Litovchenko I.N. To the question of earthquake swarms and their recognition in seismicity (using the example of the Northern Tien Shan region and adjacent territories)//Межд. науч. Журнал «Наука и образование: Новое время»- Астана, 2024.-ISSN 3005-4729/e-ISSN-3005-4737.-Vol. 2 ISSUE 8, 2024.-PP.9-12./http://doi.org/10.5281/zenodo.13925838
19. Лютикова В.С., Литовченко И.Н. Методика и технология расчета термодинамических и реологических параметров в очаговых зонах землетрясений//Матер. XVI Межд. конф. Молод. Учен. И студентоа «Современные техника и технологии в научных исследованиях», Бишкек, 2024.-СС. 351-358.

20. Литовченко И.Н., Лютикова В.С. Современный этап активизации роев землетрясений в регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий, и термодинамические параметры роев землетрясений//Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле.-Шестая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН.-Матер, докл, к 300-летию Российской Академии наук.(07-12. 10.2024), Москва, 2025.-СС.204-207.
21. Лютикова В.С., Литовченко И.Н. Современные методы исследования роевой активности региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий.-Межд,науч.конкурс «Лучшая научная работа».-2025. №1.-Межд.науч.-практ. журнал «Endless Light in Science» , Астана, 2025.-СС.226-229.//DOI 10.24412/3007-8946-2025-31-226-229.

DYNAMICS OF ACTIVATION OF EARTHQUAKE SWARMS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE PROBLEMS OF THEIR RECOGNITION IN THE CONTEXT OF ECOLOGICAL GEOLOGY

LYUTIKOVA VERONIKA SERGEEVNA[1]
LITOVCHENKO IRINA NIKOLAEVNA [2]
LLP "National Scientific Center for Seismological Observations and Research" of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan
Almaty, Kazakhstan
e-mail: Nikki.valo16@gmail.com[1]*, litovira@rambler.ru*[2]

Abstract: The scientific article examines the issue of ecological geology in the dynamics of earthquake swarms and Artificial Intelligence in the tasks of their recognition. the dynamics of earthquake swarms and Artificial Intelligence in the tasks of their recognition. The results of the application of Artificial Intelligence (AI) in the tasks of recognizing earthquake swarms are presented. AI algorithms and methods for recognizing swarm patterns (in the seismicity of the Northern Tien Shan and adjacent territories) are proposed. The algorithm of graphical clustering of seismic events is practically applied in recognizing earthquake swarms. The recognition procedure, as a stage of implementing AI methods, occurs according to an algorithm that can be used for any seismically active region of the Earth.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), seismicity, ecological geology pattern recognition, graphical clustering algorithm, earthquake swarms.

УДК 0.04; 550.34

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ РЕГИОНА СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

В.С. Лютикова, И.Н. Литовченко
Национальный научный центр сейсмологических наблюдений и исследований МЧС РК, Алматы, Казахстан
*e-mail:*nikki.valo16@gmail.com

Аннотация. На современном этапе активизации сейсмичности, экологические проблемы выходят на первый план. В сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территориях уделяется особое внимание экологическим проблемам. Такие проблемы могут возникнуть в любой момент в этом сейсмоактивном регионе в случае катастрофических землетрясений, которые имели место в историческом прошлом. На примере сейсмоактивного региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий, проводились сейсмоэкологические исследования, связанные с распознаванием и анализом контуров роев землетрясений. Разработаны способы распознавания роев землетрясений с последующим прогнозированием сильного сейсмического события, при мониторинге за сейсмичностью.

Ключевые слова: экологические аспекты, современная сейсмичность, рои землетрясений, прогноз сильных землетрясений.

На современном этапе сейсмической активности региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий, обостряются все экологические проблемы. Сейсмические процессы в регионе идут весьма активно за последние несколько лет. Регион испытывает воздействие новейшей геодинамики и современной сейсмичности. Сильные толчки опасны не только сами по себе, поскольку провоцируют массовые разрушения, но и являются причиной деградационных процессов в литосфере и подземной гидросфере [1-8]. Как известно [7]: «Во время землетрясения на земной поверхности происходят гравитационные склоновые процессы, такие как обвалы, оползни, сели, лавины, а также изменения в подземных водоносных горизонтах, такие как разжижение грунтов и изменение уровня и химического состава подземных вод». Все эти факты требуют усиленного контроля и исследования последствий таких экологических явлений.

Под понятием экологические последствия подразумеваются [8]: «показатели ущербов в окружающей среде, социальной и экономической сферах в результате обратимой и необратимой дестабилизации экологического равновесия в природе и обществе». Можно перечислить некоторые экологические последствия.

1. Ущербы возникают в результате нарушений комплекса специальных требований к качеству воды и воздуха, сырья, продукции, технологических процессов, составу технологических выбросов, загрязнителям и др.
2. Негативные экологические последствия возникают при нарушениях мер инженерной защиты населения, объектов экономики от воздействия опасных геологических процессов и явлений природного и антропогенного генезиса, приводящих к нарушениям устойчивости природной среды.

Они активно проявляются в результате стихийных природных процессов и явлений: (засухи, наводнения, задымления при пожарах, ураганы, землетрясения, сели, оползни и др.), а также техногенных (военные действия, загрязнения токсическими отходами при ядерных взрывах, авариях и др.).

Дополнительно ко всему перечисленному, сильные землетрясения вызывают трещины на поверхности земли и приводят к изменению ландшафта.

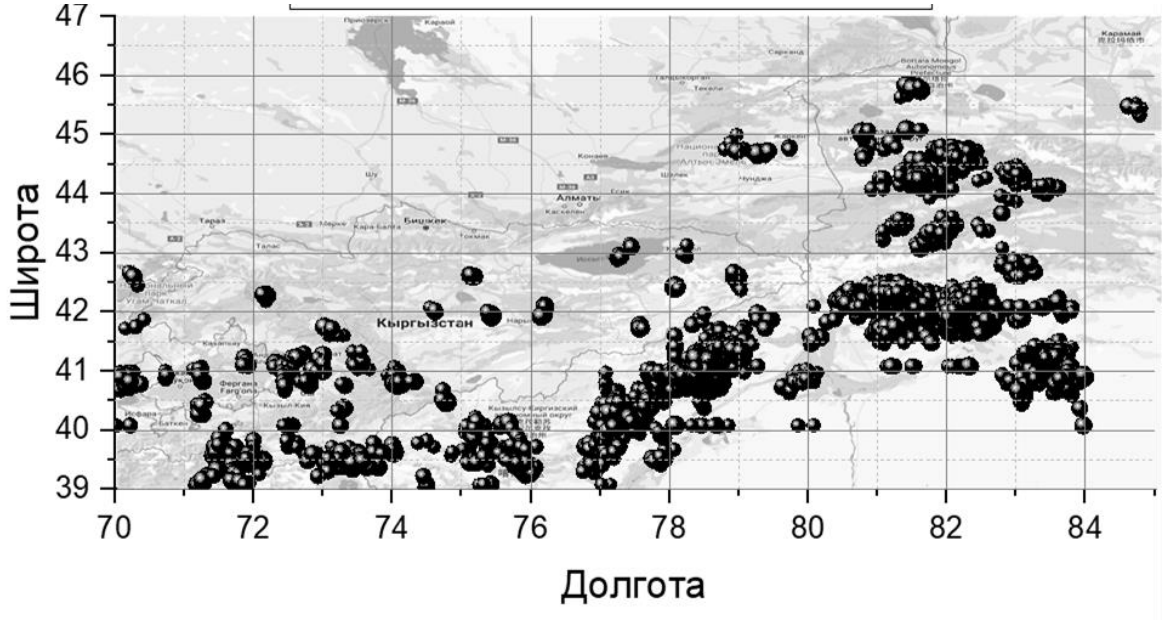


Рис. 1 Распознанные рои землетрясений в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий за 2017-2025гг [3-7]

Любое землетрясение, даже небольшой силы, может вызвать техногенные чрезвычайные ситуации. В этом аспекте разрушение зданий или их деформации могут привести к нарушению работы технологических процессов.

Наиболее опасным для экологии станет нарушение целостности нефте- и газопроводов, но особенно – продуктопроводов, через которые перекачиваются промежуточные продукты на химических заводах. Разрывы и трещины в этих сооружениях, как подземных, так и наземных, всегда приводят к выбросам вредных для природы веществ, что вызывает серьезное загрязнение окружающей среды и разрушение экосистем. Дополнительно ко всему, повреждение энергетических объектов, особенно АЭС, в результате землетрясений часто приводит к возникновению пожаров. Многие экологические аспекты требуют незамедлительного решения, отражают необходимость упреждать и предотвращать их последствия.

Литература

1. Курскеев А.К. Гравитационное взаимодействие планет Солнечной системы и сейсмичность Земли. - Эверо, Алматы-2021.-547с.ISBN 978-601-352-233-3
2. Лютикова В.С., Литовченко И.Н. Особенности распознавания роев, сильных землетрясений и их афтершоков в земной коре Северо-Тянь-Шанской орогенной системы//материалы XX-го инновационного проекта. Воронеж, 2023-СС.82-88.
3. Лютикова В.С., Литовченко И.Н. Физико-математические критерии распознавания роев землетрясений сейсмичности Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий//материалы сборника «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных»-XVII Международная сейсмологическая школа, Обнинск. 2023.-С.67.
4. Лютикова В.С. IT-технологии в распознавании образов роев землетрясений и их математические критерии//материалы международной научно-практической конференции «Трансформация механико-математического образования и IT-образования в условиях цифровизации», Минск 2023.-СС.177-181.
5. Лютикова В.С., Литовченко И.Н. Искусственный Интеллект в задачах сейсмологии, алгоритмы и методы распознавания образов роев (на примере сейсмичности Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий)//материалы научно-практического журнала «In the Worlds of Science and Education».-Алматы, 2025.-СС.21-25. Doi 10.24412/3007-8946-2025-15-21-25
6. Lyutikovs V.S., Litovchenko I.N. Analysys of physical nature of thermodynamic and rheological parameters in earthquake spots and the universality of their calculation methodology/Международный научный журнал «Endless Light in Sciense», Астанаю-2024-СС.3-7. Doi 10.24412/2709-1201-2024-3012-3-7
7. Экологические последствия землетрясений https://econews.kz/news/ekologicheskie-posledstviya-zemletryaseniy-d1556b
8. Экологические последствия//[Электронный ресурс]: режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/emergency/3329/%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5

ON ECOLOGICAL ASPECTS OF MODERN SEISMICITY OF THE REGION OF NORTHERN TIEN SHAN AND ADJACENT TERRITORIES

V.S. Lyutikova, I.N. Litovchenko nikki.valo16@gmail.com
National Scientific Center for Seismological Observations and Research of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan,
Almaty, Kazakhstan

Abstract. At the present stage of seismicity activation, environmental problems come to the fore. In the seismically active region of the Northern Tien Shan and adjacent territories, special attention is paid to environmental problems. Such problems can arise at any time in this seismically active region in the event of catastrophic earthquakes that occurred in the historical past. Using the example of the seismically active region of the Northern Tien Shan and adjacent territories, seismoecological studies related to the recognition and analysis of earthquake swarm contours were

carried out. Methods for recognizing earthquake swarms with subsequent forecasting of a strong seismic event have been developed, while monitoring seismicity.

Keywords: environmental aspects, modern seismicity, earthquake swarms, forecast of strong earthquakes.

УДК 551.24.02: 502.513: 553.3.071

ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ И ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ КУРАНАХСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

М.П. Закусилова, И.И. Косинова
ФГ БОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия
e-mail: mzakusil@mail.ru, kosinova777@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена эколого-гидрогеохимической и гидрологической оценке территории Куранахского рудного поля в Республике Саха (Якутия). Рассматриваются основные виды негативного воздействия на окружающую среду, включая разрушение почвенного покрова, загрязнение воздуха и воды, изменение уровня подземных вод и физическое воздействие на экосистемы. Изучены данные о составе и свойствах подземных и поверхностных вод, а также о воздействии золото-извлекательной фабрики на природные водные объекты, проведена аналитическая оценка состояния поверхностный и подземных вод исходя из полученных результатов химического анализа. Обсуждаются проблемы экологической безопасности и необходимость контроля за соблюдением природоохранных норм.

Ключевые слова: Куранахское рудное поле, Республика Саха (Якутия), негативное воздействие, окружающая среда, гидрогеохимическая оценка, гидрологическая оценка, гидрологический мониторинг, загрязнение, экологически безопасное производство.

Введение. Проблема негативного влияния на окружающую среду всегда является актуальной и одной из главных, несомненно требующей особого внимания и применения действий, направленных на уменьшение негативного воздействия. Рассмотрим это на примере Куранахского рудного поля, находящегося в Республике Саха (Якутия), которая является одним из главных субъектов России по запасам и добыче золота, занимающая 2–3 места по запасам и прогнозным ресурсам золота. Её недра уникальны по количеству полезных ископаемых и их разнообразию. В настоящее время г. Алдан, находящийся в 30 км на юго-запад от Куранахского рудного поля, является центром золотой промышленности Якутии.

Куранахское рудное поле (КРП)(Республики Саха (Якутия) включает 11 золоторудных месторождений: Северное, Порфировое, Центральное, Новое, Канавное, Дэлбэ, Боковое, Якокутское, Первухинское, Дорожное, Южное и занимает площадь около 1500 км2. Разработка указанных месторождений ведется с 1957 г. открытым способом с применением буровзрывных работ. Эксплуатацией затронуты все месторождения КРП.[5]

Целью данной работы является гидрогеохимическая и гидрологическая оценка Куранахского рудного поля, для этого в первую очередь нужно рассмотреть существующие виды негативного воздействия, а также компоненты, на которые это воздействие оказывается, чтобы в дальнейшем провести его оценку. К основным объектам окружающей среды, испытывающим техногенное воздействие, относятся воздух, вода, почва, недра, животный и растительный мир, ландшафт, особо охраняемые территории и объекты, другие материальные объекты и взаимосвязь между этими компонентами (объектами).

К видам негативного воздействия на окружающую среду: механическое, газо-аэрозольное и пылевое, гидродинамическое, гидрохимическое, химическое, шумовое, отчуждение земель, нарушение природного ландшафта. Основные вредные химические вещества, выделяющиеся при проведении работ в карьерах – пыль, газообразные окислы азота и серы при проведении буровзрывных работ и при работе транспорта.

Длительная техногенная эксплуатация рудного поля уже сформировала постоянное негативное воздействия на компоненты окружающей среды, таким образом, можно выделить основные виды негативного воздействия при эксплуатации золоторудного поля:

• Разрушение почвенного покрова; изменение/уничтожение естественных ландшафтов, уничтожение мест обитаний природной фауны;

• Запыленность и загазованность атмосферы при работе техники с двигателями внутреннего сгорания;

• Негативное влияние на гидросферу в связи с забором воды из водоемов, сбросом в них сточных вод, выпадением загрязненных осадков и пыли из атмосферы; изменение уровня подземных вод в результате осушения горных выработок;

• Загрязнение земель, почв, недр и т.п., в том числе из-за образования и размещения отходов вскрышных и вмещающих пород, отходов обогащения;

• Физическое воздействие - шум и вибрация при эксплуатации техники и ведении буровзрывных работ.[6]

В связи с этим, к основным объектам окружающей среды, испытывающим техногенное воздействие, относятся воздух, вода, почва, недра, животный и растительный мир, ландшафт, особо охраняемые территории и объекты, другие материальные объекты и взаимосвязь между этими компонентами (объектами).

Эколого-геологические особенности. Климат территории резко-континентальный, что обусловлено удаленностью от Атлантики и изолированностью горных барьеров от Тихого океана. Наивысшей степень континетальности достигает в центральной Якутии. Годовые амплитуды средних температур около 60˚С (экстремальность почти 100˚С). Осадков мало, зима очень холодная.

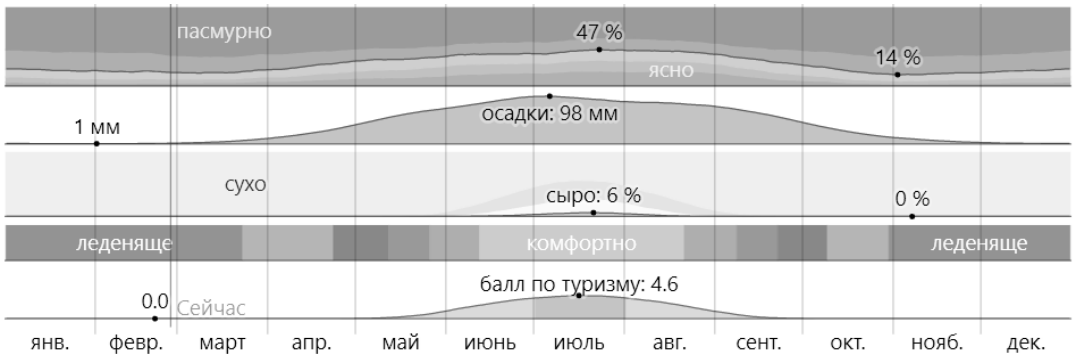


Рис.1. Погодные условия исследуемой территории

Район работ находится на границе двух геоморфологических провинций (областей): Лено-Алданского плато и Алданского плоскогорья. Гидросеть района рудного поля представлена речками Якокут, Большой Куранах, Селигдар и их многочисленными притоками, среди которых наиболее крупными являются ключи Латышский, Корчажный, Глубокий, Сухой, Дэлбе, Усман и др. Реки имеют хорошо разработанные долины с крутыми (до 35о) и высокими (до 150-200 м) склонами, покрытыми глыбовыми осыпями и широкими террасированными днищами.

В гидрогеологическом отношении данный комплекс почти не изучен. Практического значения воды данного комплекса, в связи с ограниченностью распространения, слабой защищенностью, существенно глинистым составом отложений и соответственно низкими фильтрационными характеристиками, не имеют.

Грунтовые воды четвертичных и неоген-палеогеновых отложений, питаясь за счет атмосферных осадков, в то же время играют регулирующую роль при инфильтрации в нижележащие комплексы и компенсируют, в той или иной степени, неравномерность питания подземных вод во времени. По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатным магниево-кальциевым с минерализацией до 0,16-0,28 г/дм3.

Куранахские месторождения являются типичными представителями месторождений с рассредоточенным оруденением. В геологическом строении Центрально – Алданского золотоносного района принимают участие различные по составу, возрасту, происхождению и условиям залегания формации горных пород.[3]

Наиболее древними отложениями, залегающими в основании, являются породы архейского метаморфического комплекса, слагающие нижний структурный ярус. Отложения кембрия и юры, формирующие нижний и верхний структурные этажи платформенного чехла, практически лишены складчатых форм, если не считать общих с фундаментом пологих прогибов и поднятий[7].

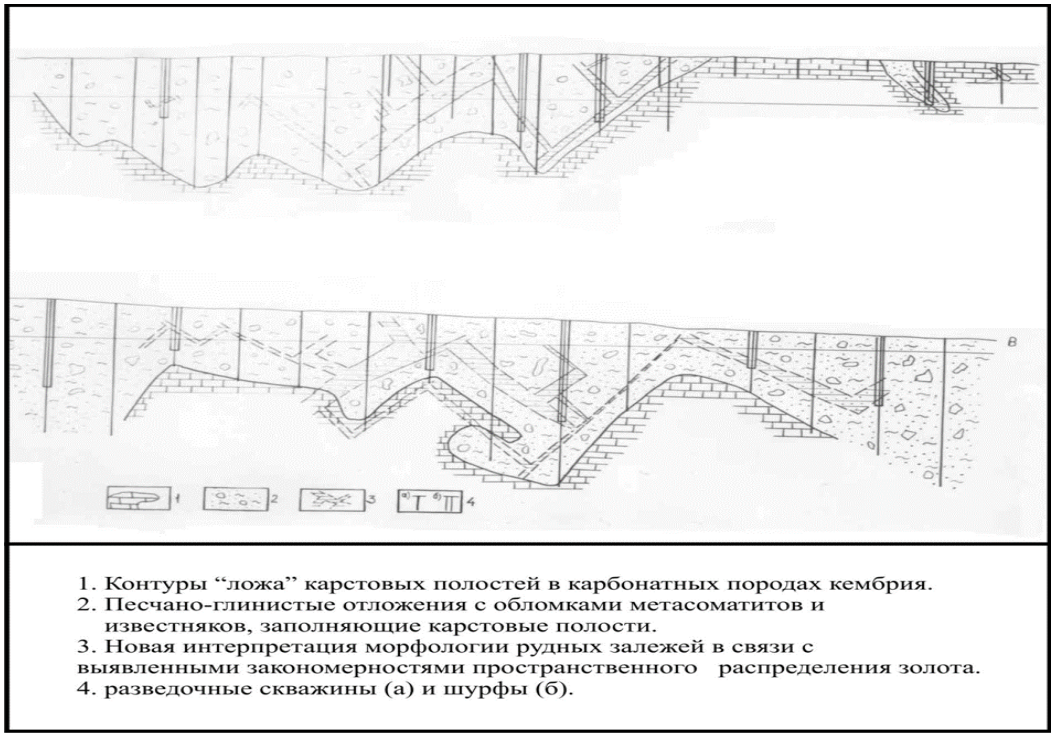


Рис.2. Геологический разрез Куранахского рудного поля Масштаб 1:300000

Почвы развиты преимущественно на элювии коренных пород, поэтому они каменисты и щебнисты. Почвы формируются на многолетней мерзлоте. В лесной зоне образуются таежно-мерзлотные почвы, в которых отсутствует почвенный профиль. Из-за мерзлоты режим почв непромывной, что препятствует выносу химических элементов за пределы почвенного профиля. Для таежно-мерзлотных почв характерно оголение, слабая аэрация, и отсутствие четких генетических горизонтов. Из растений преобладают мхи и лишайники, дриада (куропаточья трава), пушица, осоки. К югу распространены типичные тундры, а еще южнее кустарниковые. В отличие от тундр Западной Сибири здесь меньше болот, а климат более континентальный. Фауна характеризуется большей древностью, чем фауна Западной Сибири. Здесь широко представлен комплекс таежных животных, но отсутствует при этом ряд европейско-сибирских видов (куница, норка, заяц-русак, еж, крот и др.).

Методика исследований.Выбор параметров экологического контроля определен исходя из перечисленных выше выделений вредных веществ в окружающую среду от промышленных объектов горно-перерабатывающего комплекса [9]. Ниже приведены параметры экологического контроля природных объектов.

Таблица 1.
План-график отбора проб

Наименование отбираемых проб, вид анализа	Периодичность
Атмосферный воздух на синильную кислоту	ежемесячно в летний период
Атмосферный воздух на пыль	ежемесячно в летний период
Вода природных поверхностных водоисточников на полный анализ	ежемесячно в летний период
Вода природных подземных вод на полный анализ	ежеквартально в зимний период, ежемесячно в летний период
Почва на металлы	1 раз в год в конце теплого периода (сентябрь-октябрь)
Снеговой покров на полный анализ	1 раз в год в феврале - марте

Подземные воды анализировались на полный химический анализ проб воды (pH, кальций, магний, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, цианиды, тиоцианаты, нитраты, нитриты, азот аммонийный, медь, цинк, железо, мышьяк, свинец).

Поверхностные воды – полный химический анализ проб воды (pH, кальций, магний, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, цианиды, тиоцианаты, нитраты, нитриты, азот аммонийный, медь, цинк, железо, мышьяк, свинец).

Схема расположения точек представлена на рис. 4.

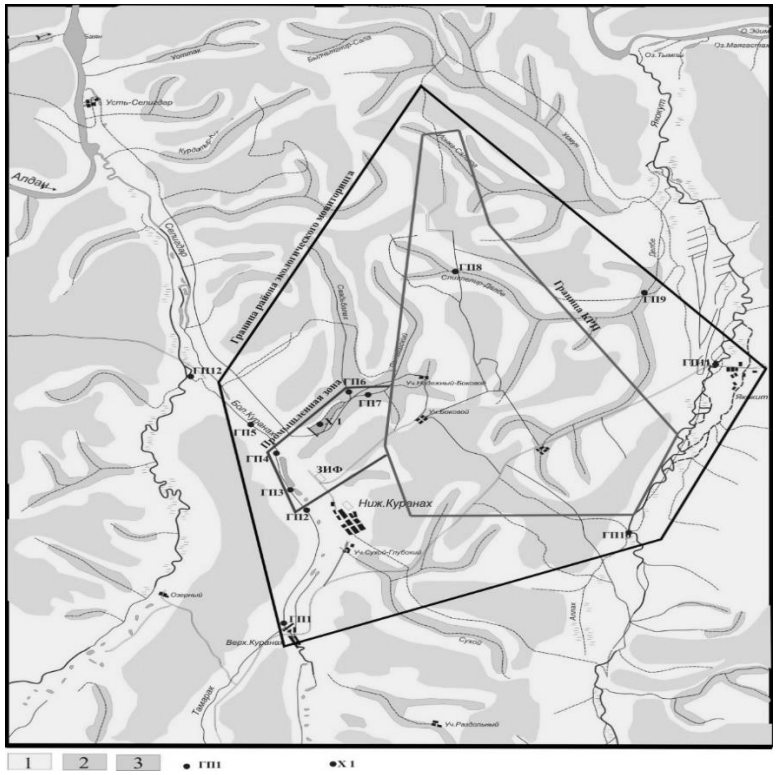


Рис. 4. Схема эколого-гидрологического мониторинга Масштаб: 1:300000

Условные обозначения

1 – участки преимущественно сплошного распространения многолетнемерзлых пород мощностью от 45 до 100 метров с температурой от -0,5 до $-1,6^0$С, глубиной сезонного протаивания от 0,4 до 3 метров;

2 – участки прерывистого распространения многолетнемерзлых пород с мощностью от первых до 60 метров, температурой от +0,7 до $+2,5^0$С, глубиной сезонного протаивания от 2 до 5,0 метров, сезонного промерзания – от 2 до 6 метров.

Контроль состава подземных вод осуществляется в наблюдательных скважинах, контрольных скважинах, в скважинах питьевого водоснабжения и в скважинах технического водоснабжения. Схема расположения скважин представлена на рис. 5.

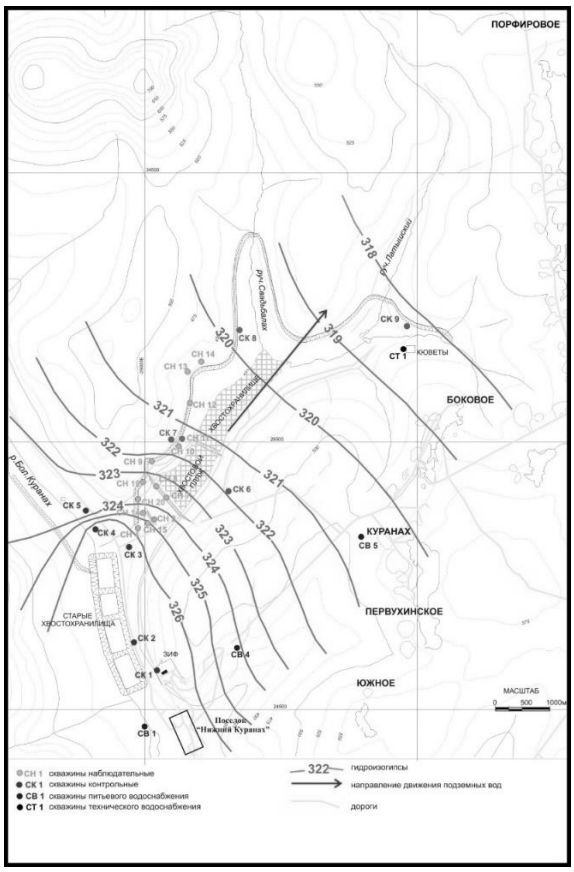


Рис.5. Схема эколого-гидрогеохимического мониторинга
Условные обозначения к рисунку 4. Масштаб: 1:300000

Мониторинг проводится для оценки соблюдения действующих природоохранных нормативов по предельно-допустимой концентрации вредных химических веществ в водах поверхностных водоемов и подземных водах

Жидкие отходы – хвостовая пульпа, сбрасываются в хвостохранилище. Методические подходы при оценке состояния отдельных компонентов окуружающей средвы приведены в таблицах 2-4.

Таблица 2.

Экологическое состояние компонентов гидросферы (поверхностных вод)[1]

Природная среда	Компоненты среды, принятые в качестве оценочных параметров		Оценка состояния ПС
Гидросфера (поверхностные воды)	Токсичные химические элементы, макрокомпоненты, органические соединения, ПДК		
	1-2 класса опасности	3-4 класса опасности	
	<1	<1	Допустимое
	1-2,5	янв.25	Умеренно опасное
	2,5-5	25-50	Опасное
	05.окт	50-100	Высоко опасное
	>10	>100	Чрезвычайно опасное

Таблица 3.

Классификация загрязняющих веществ

№	Наименование	Класс опасности	С1/ПДК
1	Pb	2	2,3
2	V	3	1,3
3	Sb	2	4,4
4	As	2	10
5	Zn	3	2,3
6	Cr	3	11,7
7	Cu	3	3,8
8	Co	2	3
9	Ni	3	0,4

Таблица 4.

Оценка состояния природной среды исходя из суммарного показателя загрязнения

СПЗ 1-2 класс опасности	Оценка состояния ПС	СПЗ 3-4 класс опасности	Оценка состояния ПС
19,7	Чрезвычайно опасное	19,5	Умеренно опасное

Полученные результаты: По заключению экологического мониторинга после проведения химического анализа поверхностных и подземных вод была проведена геохимическая оценка водных ресурсов Куранахского рудного поля, которая заключается в исследовании результатов химического анализа проб поверхностных и подземных вод, построении карт загрязняющих веществ и выводах о состоянии водных ресурсов исследуемого района.

Состояние поверхностных вод. За фоновые концентрации приняты результаты водных проб, отобранных на реках Большой Куранах и Якокит на гидропостах, расположенных по течению выше зон возможного техногенного воздействия.

Полученные в результате анализов водных проб данные свидетельствуют о следующем:

– цианиды и тиоцианаты не обнаружены;

– концентрация кальция, магния, сульфатов в контрольных точках стабильна, практически не отличается от фоновых и по величине ниже норм ПДК;

– хлориды в поверхностных водах не обнаружены, менее 10 мг/л;

– нитраты обнаружены в незначительных концентрациях от 0 до 2,42 мг/л при ПДК 40 мг/л;

– нитриты обнаружены в пределах от 0,02 до 0,05 мг/л (ГП 4, ГП 5). В этих точках возможно влияние по нитритам поселковой свалки и поселковых канализационных стоков. Максимальная концентрация отмечена в контрольной точке на реке Большой Куранах ниже нового хвостохранилища – 0,123 мг/л. Превышение зафиксировано в ГП 2, где значение содержания нитритов равно 0,123 мг/л. По проведенным исследованиям построена карта экологического состояния поверхностных вод по нитритам. Согласно данным таблицы (табл. 2.3) на карте были обозначены два вида состояния природной среды – допустимое, где значения содержания загрязняющих веществ не превышают значений ПДК и умеренно-опасное, так как нитриты относятся к 1 и 2 классу опасности, то в данную категорию выделены значения от 1 до 2,5 значений кратных ПДК (рис. 3.1);

– ионы аммония, относящиеся к 4 классу опасности, при ПДК равном 0,5 мг/л обнаружены во всех точках гидропостов с концентрациями ниже предельно допустимых значений, в единичных пробах присутствуют в концентрациях при от 0,05 до 0,33 мг/л (рис. 3.2). По полученным результатам можно сделать вывод о том, что состояние природной среды

является допустимым. Появление ионов аммония в поверхностных водах может быть приурочено к паводкам;

– мышьяк в поверхностных водах отсутствует;

– растворенная медь, относящаяся к 3 классу опасности и имеющая ПДК 0,1 выявлена в фоновой точке на реке Большой Куранах. ГП № 2 – содержание меди незначительно отличается от фоновой точки. В остальных точках концентрации от 0,004 до 0,008 мг/л. Превышение ПДК обусловлено природным фоном. Согласно классификации экологических компонентов гидросферы, выявлена одна классификация состояния природной среды – допустимая;

– растворенное железо, имеющее ПДК 0,3 мг/л, присутствует без превышения норм ПДК в концентрациях от 0,009 до 0,072 мг/л;

– цинк, относящийся к 3 классу опасности и имеющий ПДК 1 мг/л фиксировался во всех наблюдательных точках в концентрациях от ниже предела обнаружения до 0,031 мг/л. Превышения предельно допустимой концентрации не выявлено, все содержания относятся к категории допустимого состояния природной среды. Присутствие цинка в поверхностных водах обусловлено паводками.

По заключению экологического мониторинга после проведения химического анализа поверхностных и подземных вод была проведена геохимическая оценка водных ресурсов Куранахского рудного поля, которая заключается в исследовании результатов химического анализа проб поверхностных и подземных вод, построении карт загрязняющих веществ и выводах о состоянии водных ресурсов исследуемого района.

Результаты аналитических исследований воды из скважин хозяйственно-питьевого водоснабжения по гидрохимическим показателям вполне укладываются в нормативы ПДК для централизованного водоснабжения (СанПин 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода»). Химический состав исследованных подземных вод характерен для вод Южно-Якутского региона, для ультрапресных и пресных вод с минерализацией, не превышающей 500 мг/дм^3. В течение всего времени наблюдений вода имеет стабильный состав, по гидрохимическим показателям вода из данных скважин не требует дополнительной водоподготовки.[4]

Аналитическая оценка Куранахского рудного поля показала, что ни по одному из существующих категорий загрязнения не выявлено превышений, однако, согласно статье И.И. Ковлякова и А.А. Дмитриева «Анализ и оценка химического состава лежалых хвостов Лебединской ЗИФ», которые полученные по аналогичному объекту, расположенному в 49 км на юг, можно увидеть, что экологическая ситуация на данном участке не является благоприятной. При рассмотрении содержания опасных загрязняющих компонентов в хвостохранилище выясняется, что свинец (Pb) превышает по содержанию показатель ПДК в 2,3 раза, ванадий (V) превышает ПДК в 1,3 раза, сурьма (Sb) превышает ПДК в 4,4 раза, мышьяк (As) превышает ПДК в 10,0 раз, цинк (Zn) превышает ПДК в 2,3 раза, хром (Cr) превышает ПДК в 11,7 раз, медь (Cu) превышает ПДК в 3,8 раз, кобальт (Co) превышает ПДК в 3,0 раз, никель (Ni) превышает в ПДК в 0,4 раза. Таким образом, хвосты обогащения, накопленные в хвостохранилище, представляют собой опасные токсичные химические элементы, относящиеся к II классу опасности – «высоко опасные» и III классу опасности – “умеренно опасные”. Благодаря данным исследованиям можно сделать выводы и о состоянии подземных и поверхностных водах. Поверхностные воды расположены вокруг золото-извлекательной фабрики, это крупная река Большой Куранах, проходящая вдоль старого хвостохранилища, а так же ручей Свадьбалах, которых проходит по всей территории промышленной площадки и практически вплотную проходит возле действующего хвостохранилища. Подземные же проходят с юго-запада на северо-восток по всей исследуемой территории, и проходя под действующим и старым хвостохранилищам, загрязняющие элементы из хвостохранилища инфильтруются через почву и проникают в воды.

Выводы. В результате проведенных исследований выявлено противоречие между существующими схемами отработки месторождения, плотностью техногенной нагрузки и результатами существующего мониторинга, которые фиксируют исключительно благоприятные состояния всех исследуемых компонентов окружающей среды.

Изучение результатов аналогичного объекта, расположенного в 49 км на юг от исследуемой территории, для материалов хвостохранилища характерны превышения элементов ведущих классов опасности, в частности мышьяка, до 10 величин ПДК, следовательно влияние данного объекта на компоненты окружающей среды прогнозируется как абсолютно неблагоприятный.

Исходя из результатов мониторинга в связи с благоприятной экологической обстановкой, допустимым состоянием природной среды и своевременным устранением загрязнений в виде проведения экологических мер по снижению негативного воздействия, рекомендацией является продолжение регулярного мониторинга всех компонентов окружающей среды и своевременное устранение выявленных нарушений. Однако, исходя из результатов изучения аналогичного объекта с выводом о неблагоприятной экологической обстановке, следует соблюдать данные рекомендации по сохранению благоприятной экологической ситуации:

– обязательная установка и использование современных очистных сооружений и установок для обработки производственных и сточных вод перед их сбросом в хвостохранилище;

– внедрение в технологию золотозвлекательной фабрики замкнутых циклов водоснабжения с качественной фильтрацией использованных вод для повторного использования;

– внедрение технологии безопасного хранения отходов, которая включает в себя разработку и использование специализированных хвостохранилищ для токсичных отходов, с учетом требований безопасности;

– использование технологий рециклинга для переработки отходов и минимизации их объема;

– создание укрепленных водохранилищ и укрепление уже существующих для снижения вероятности попадания загрязняющих и в особенности опасных токсических веществ в водные ресурсы и почву;

– внедрение технологий системы сбора утечек, которая заключается в установке дренажных систем и резервуаров для сбора возможных утечек и предотвращения загрязнения;

– проведение ландшафтных работ по укреплению склонов и берегов водоемов для избежания эрозии и загрязнения водных ресурсов из-за сточных вод;

– сооружение зеленых насаждений в виде зеленых полос вокруг фабрики, которые в свою очередь могут поглощать и фильтровать стоковые воды/, а также выступать в роли барьера между золотоизвлекательной фабрикой и остальными компонентами природной среды.

Считаем целесообразным проведение контрольного опробования системы мониторинга с выполнением анализов сторонней аккредитованной организацией.

Литература

1. Косинова И. И. Методы эколого-геологических исследований и рациональное недропользование : учебник / О. М. Гуман, В. А. Бударина, В. В. Ильяш. // Москва : Издательство «Научная книга», 2022 /// 348 с.
2. Ковляков И. И. Анализ и оценка химического состава лежалых хвостов Лебединской ЗИФ : научная статья /, А. А. Дмитриев. // Москва : 2012 /// 2 с.
3. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Золото рудное. Утверждены распоряжением МПР России № 37-р от 5.06.2007 г.
4. Требования к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов твердых полезных ископаемых. Утверждено Приказом Минприроды России от 23 мая 2011 г. N 378
5. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. МПР РФ, Москва, 2006г.
6. Геолого-ревизионное исследование дальнейшей перспективы промышленной золотоносности на Куранахском рудном поле. Фонды комбината "Алданзолото", 1979г.

7. Прогнозная оценка перспективных площадей золотого оруденения в Центрально-Алданском золоторудном районе. Фонды ТУКГРЭ, 1978г
8. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. N 3 "Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 "Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий"
9. СП 2.1.5.1059-01 "Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения" (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ 25 июля 2001 г.)
10. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 25 сентября 2007 г. N 74)

ECOLOGICAL-HYDROGEOCHEMICAL AND HYDROLOGICAL ASSESSMENT OF THE TERRITORY OF THE KURANAKH ORE FIELD

M.P. Zakusilova, I.I. Kosinova
Voronezh State University, Russia
e-mail: mzakusil@mail.ru, kosinova777@yandex.ru

Abstract: The article is devoted to the ecological-hydrogeochemical and hydrological assessment of the territory of the Kuranakh ore field in the Republic of Sakha (Yakutia). The main types of negative environmental impacts are considered, including soil destruction, air and water pollution, changes in groundwater levels and physical impact on ecosystems. Data on the composition and properties of groundwater and surface water, as well as on the impact of the gold mining factory on natural water bodies were studied, an analytical assessment of the state of surface and groundwater was carried out based on the results of chemical analysis. The problems of environmental safety and the need to monitor compliance with environmental standards are discussed.

Keywords: Kuranakh ore field, Republic of Sakha (Yakutia), negative impact, environment, hydrogeochemical assessment, hydrological assessment, hydrological monitoring, pollution, environmentally safe production.

УДК 614.8

ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОНАХ СЕВАСТОПОЛЯ

Т.А. Иванченко[1], Д.М. Скворцова[2], М.А. Токарев[3], Е.Ф.Бариева[4]
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия
mail: tanusaivancenko170@gmail.com[1], krasnaiamakovka@gmail.com[2] ,
Maxtokarev10@mail.ru[3] , elena_gens@mail.ru4

Аннотация. В статье рассмотрены основные законодательные акты Российской Федерации и города Севастополя, обеспечивающие пожарную безопасность на территории города. Проведен анализ статистики количества пожаров в Севастополе за последние пять лет, выявлены тенденции и динамика изменения пожарной активности. На основе метода линейного тренда выполнено прогнозирование числа пожаров на 2025 год. По результатам исследования сделаны выводы о текущем состоянии пожарной безопасности в городе и предложены рекомендации по повышению эффективности профилактических и оперативных мер, направленных на снижение риска возникновения и распространения пожаров.

Ключевые слова: пожарная безопасность, жилая зона, промышленная зона, анализ пожаров, прогнозирование пожаров, законодательство о пожарной безопасности, линейный

тренд.

Соблюдение пожарной безопасности входит в число одних из критически важных компонентов для поддержания благополучной жизни населения, а также для надёжной и эффективной работы предприятий. Город федерального значения Севастополь – активно развивающийся город, идут стройки новых объектов, предприятий, реконструкции старых домов и т.д. Поэтому вопрос оценки и повышения пожарной безопасности становится особенно важным. Игнорирование и нарушение норм по пожарной безопасности могут привести к плохим последствиям, таким как, ухудшение экологической обстановки, материальные убытки и самое страшное – к человеческим потерям.

В целях обеспечения защиты от пожаров в Севастополе используются следующие законы федерального и регионального уровня:

1) Федеральный закон от 21.12.1994 №69-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «О пожарной безопасности».

2) Федеральный закон от 21.12.1994 №68-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

3) Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 №794 (в редакции от 29.05.2025) «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

4) Закон города Севастополя от 23.01.2015 №108-ЗС «О пожарной безопасности в городе Севастополе».

Это не полный перечень законов, региональных постановлений и инструкций, способствующих предотвращению пожаров в городе, но основные из них [1].

Город представляет собой незамерзающий морской торговый и рыбный порт, в котором развита промышленная инфраструктура, плотная застройка. Жилые территории представлены смешанной застройкой с преобладанием панельных и кирпичных домов. Промышленная же зона включает объекты с повышенной пожароопасностью, что предполагает особый контроль за системами пожарной безопасности и условиями хранения горючих веществ.

За последние 5 лет зарегистрировано около 4632 пожаров как в жилых помещениях, промышленных предприятиях так и на открытом воздухе. К основным причинам неконтролируемого горения относится: неисправность электроники, неаккуратность обращение со всем, что горит, поджоги, нарушение требований пожарной безопасности на предприятиях [2].

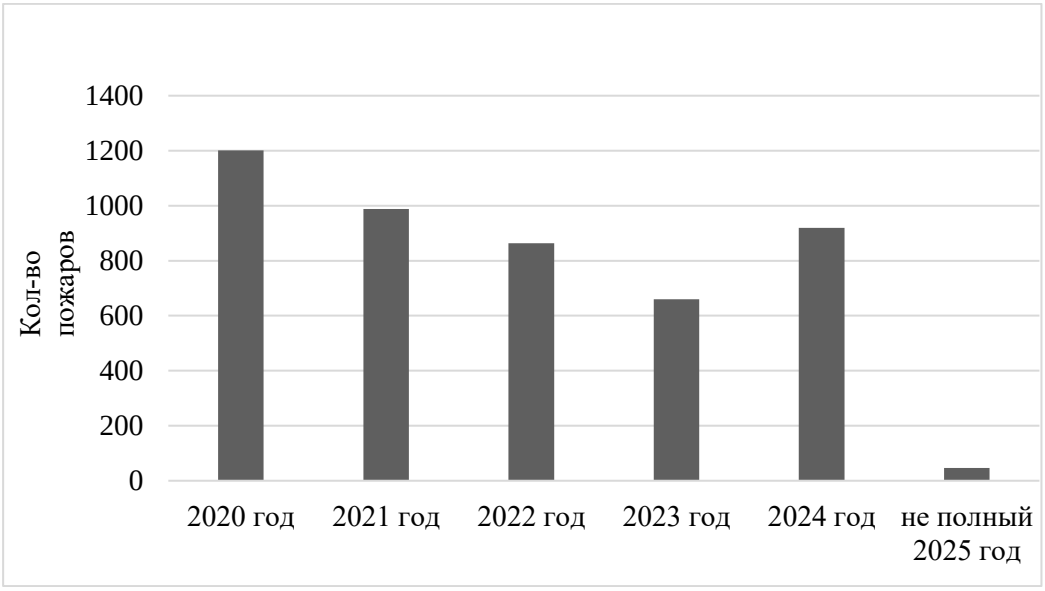


Рис. 1. Количество пожаров в городе Севастополе за 2020-2025 годы

На графике (рисунок 1) показано количество пожаров по годам [3,4]. Невозможно сделать какие-то выводы так как сначала наблюдается снижение возгораний с 2020 по 2023 год, но в 2024 году объём пожаров вновь вырос. 2025 год ещё не подошёл к концу, на данный период за первое полугодие известно о 46 пожарах.

Оценка пожарной безопасности включает в себя: анализ состояния пожаротушения, оповещения, времени реагирования, подготовку людей и соблюдение норм хранения опасных веществ.

В жилых домах Севастополя огнетушители есть, но их мало и они часто неисправны; автоматических систем нет. Оповещение и эвакуация в старых зданиях устарели, выходы часто заблокированы. На предприятиях системы есть, но требуют обслуживания. Пожарные посты и тренировки организованы, но есть нарушения и слабая координация с властями.

Для прогнозирования числа пожаров на текущий год по известным данным можно построить тренд с помощью простого линейного моделирования:

1) Для этого первым шагом мы обозначаем порядковыми номера годов как x, например 2020 год = 1, 2021 = 2 и т.д. Y – Число пожаров.

2) Вторым шагом мы рассчитываем необходимые суммы:

$$\sum \mathrm{X} = 1+2+3+4+5 = 15$$

$$\sum \mathrm{Y} = 1201+988+864+660+919 = 4632$$

$$\sum \mathrm{X}^2 = 1^2+2^2+3^2+4^2+5^2 = 55$$

$$\sum \mathrm{XY} = 1\times 1201+2\times 988+3\times 864+4\times 660+5\times 919 = 13004$$

3) Третьим шагом находим коэффициенты нашей прямой $y = ax + b$

$$a = \frac{n\sum XY - \sum X \times \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{5\times 13004 - 15\times 4632}{5\times 55 - 15^2} = -89{,}2$$

$$b = \frac{\sum Y - a\times \sum X}{n} = \frac{4632 - (-89{,}2)\times 15}{5} = 1194$$

Где n – количество годов = 5

4) Четвертым шагом мы получаем уравнение тренда:

$$Y_X = -89{,}2_X + 1194$$

5) Пятым шагом делаем прогноз на 2025 год (x=6)

$$Y_6 = -89{,}2\times 6 + 1194 = 658{,}8 \approx 659 пожаров$$

По линейному тренду прогнозируется около 659 пожаров в 2025 году. Если за полгода 2025 — 46 пожаров, это существенно меньше, чем прогнозы, что может означать либо резкое снижение в связи с соблюдением норм пожарной безопасности, либо из-за сезонности.

Но даже несмотря на такую картину необходимо на постоянной основе повышать пожарную безопасность путем внедрения технических мер, включающих в себя модернизацию систем автоматического пожаротушения, увеличение плотности пожарных гидрантов в промышленных зонах, а также обновление и обслуживание противопожарного оборудования. Организационные мероприятия предполагают разработку и внедрение планов эвакуации с регулярными тренировками, улучшение координации между предприятиями и пожарными службами, а также контроль за соблюдением требований хранения пожароопасных веществ. Обучение и информирование населения осуществляются через проведение регулярных обучающих программ и практических занятий, информационные кампании по правилам пожарной безопасности и вовлечение общественности в мероприятия по профилактике пожаров.

В заключении отметим следующее, что пожарная безопасность в городе Севастополе находится на среднем уровне, существует ряд причин, которые влияют на количество пожаров, но всех их можно устранить. Обзор источников открытой информации показал, что необходимо модернизировать оборудование и увеличить контроль за соблюдением норм.

Литература.
1. Официальный портал Правительства Севастополя. - 2015-2025 [Электронный ресурс]. – URL: https://sev.gov.ru/docs/253/258678/ (дата обращения: 08.07.2025).
2. Форпост Севастополя [Официальный ресурс]. – URL: https://sevastopol.su/news/sevastopol-stal-chasche-goret (дата обращения: 08.07.2025).
3. РИА новости Крым, 2025 [Официальный ресурс]. – URL: https://crimea.ria.ru/20250319/v-sevastopole-rastet-chislo-prirodnykh-pozharov-1145066530.html (дата обращения: 08.07.2025).
4. Оценка пожарной опасности Республики Крым и города Севастополь [Электронный ресурс] // CyberLeninka. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-pozharnoy-opasnosti-respubliki-krym-i-goroda-sevastopol (дата обращения: 08.07.2025).

EVALUATION OF FIRE SAFETY IN RESIDENTIAL AND INDUSTRIAL AREAS *OF SEVASTOPOL*

T.A. Ivanchenko[1], D.M. Skvortsova[2], M.A. Tokarev[3], E.F. Barieva[4]
Sevastopol State University, Sevastopol, 299029, Russia,
mail: tanusaivancenko170@gmail.com[1], krasnaiamakovka@gmail.com[2], Maxtokarev10@mail.ru[3], elena_gens@mail.ru[4]

Abstract. This article reviews the main legislative acts of the Russian Federation and the city of Sevastopol that ensure fire safety within the city. An analysis of fire statistics in Sevastopol over the past five years was conducted, revealing trends and dynamics in fire activity. Based on the linear trend method, a forecast of the number of fires for 2025 was made. The study results include conclusions on the current state of fire safety in the city and recommendations to improve the effectiveness of preventive and operational measures aimed at reducing the risk of fire occurrence and spread.

Keywords: fire safety, residential area, industrial area, fire analysis, fire forecasting, fire safety legislation, linear trend.

УДК 504.54

ВЛИЯНИЕ СОЗДАНИЯ ПРУДОВ НА СТРУКТУРУ ЛАНДШАФТОВ

С.В. Калаев, Е.В. Жигулина
Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия
e-mail: kalaevsemen@gmail.com

Аннотация. Проведено сравнение структуры ландшафтов, формируемых балками и запрудными прудами. Выявлены изменения, возникающие при образовании прудов путем перегораживания балок, на уровне фаций. Установлено негативное влияние устраивания прудов на фациальное разнообразие территории. Сделан вывод о необходимости учёта возможного вреда, наносимого редким и типичным растительным сообществам при запруживании балок.

Ключевые слова: пруд, балка, урочище, фация, ландшафтное разнообразие, фациальное разнообразие, Воронежская область.

Воронежская область является одним из крупнейших аграрных регионов России. По данным Единого государственного реестра недвижимости, общая площадь земель в административных границах Воронежской области составляет 5221,6 тыс. гектаров, из них 80 % (4175,6 тыс. га) приходится на категорию земель сельскохозяйственного назначения [4]. Таким образом, на территории региона практически не осталось непреобразованных лесостепных ландшафтов, что, в свою очередь, приводит к снижению ландшафтного и биологического разнообразия. Одновременно наблюдается сокращение длин малых рек [1],

что приводит к необходимости поиска других источников орошения для сельскохозяйственных угодий и созданию прудов.

Большинство прудов устраиваются путем перегораживания балок или рек плотинами из разных материалов и различных конструкций. На территории Центрального Черноземья запрудные пруды составляют основную часть (около 98%) всего прудового фонда [3].

В связи с изложенным выше целью работы была оценка влияния создания прудов путем запруживания балок на ландшафтное разнообразие территории.

Нами был обследован каскад прудов на территории сельского поселения Новая Жизнь Аннинского района Воронежской области и балка «Голая» близ села Дивногорье Лискинского района Воронежской области. Были построены ландшафтные профили прудов и балки, а также заложены геоботанические площадки для определения доминантных видов растений.

При анализе структуры ландшафтных профилей прудов на территории сельского поселения Новая Жизнь было установлено, что из четырех прудов (Второй, Третий, Степановский и Четвертый) Степановский пруд в наибольшей степени сохранил характерную для балки форму. Поэтому дальнейший сравнительный анализ изменений ландшафтных профилей, вызванных преобразованием балки в пруд, проводили на его примере. Степановскому пруду соответствуют следующие урочища и фации (рис. 1):

I) Урочище структурной террасы крутизной до 3° с кострецовым лугом на черноземах типичных.

1. Фация структурной террасы крутизной до 3° с чертополохово-полынно-кострецовой ассоциацией на черноземах типичных слабосмытых.

II) Урочище левого прибалочного склона южной экспозиции крутизной до 5° с кострецовым лугом на черноземах типичных слабосмытых.

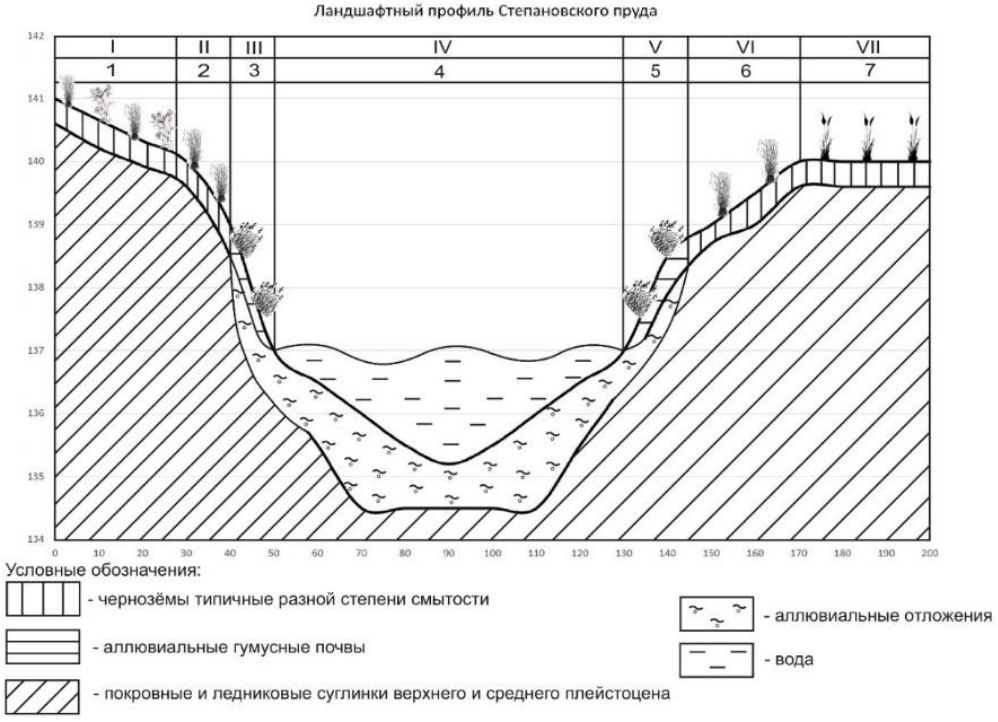


Рис. 1. Ландшафтный профиль Степановского пруда

2. Фация левого прибалочного склона южной экспозиции крутизной до 5° с полынно-кострецовой ассоциацией на черноземах типичных слабосмытых

III) Урочище левого балочного склона южной экспозиции крутизной до 20° с тростниковым болотом на аллювиальных гумусовых почвах.

3. Фация левого балочного склона южной экспозиции крутизной до 20° с кострецово-тростниковой ассоциацией на аллювиальных гумусовых почвах.

IV) Урочище слабозаросшего среднеглубокого пруда с аквальной растительностью.

4. Фация слабозаросшего среднеглубокого пруда с тростниковой ассоциацией.

V) Урочище правого балочного склона северной экспозиции крутизной до 45° с тростниковым болотом на аллювиальных гумусных почвах.

5. Фация правого балочного склона северной экспозиции крутизной до 45° с разнотравно-тростниковой ассоциацией на аллювиальных гумусных почвах.

VI) Урочище правого прибалочного склона северной экспозиции крутизной до 4° с кострецовым лугом на черноземах типичных слабосмытых.

6. Фация правого прибалочного склона северной экспозиции крутизной до 4° с разнотравно-кострецовой ассоциацией на черноземах типичных слабосмытых.

VII) Урочище структурной террасы крутизной до 3° с вейниковым лугом на черноземах типичных.

7. Фация структурной террасы крутизной до 3° с разнотравно-вейниковойассоциацией на черноземах типичных.

Балке «Голая» соответствуют следующие урочища и фации (рис. 2):

I) Урочище прибалочного склона северной экспозиции крутизной 6° с типчаковыми степями на черноземах типичных среднесмытых.

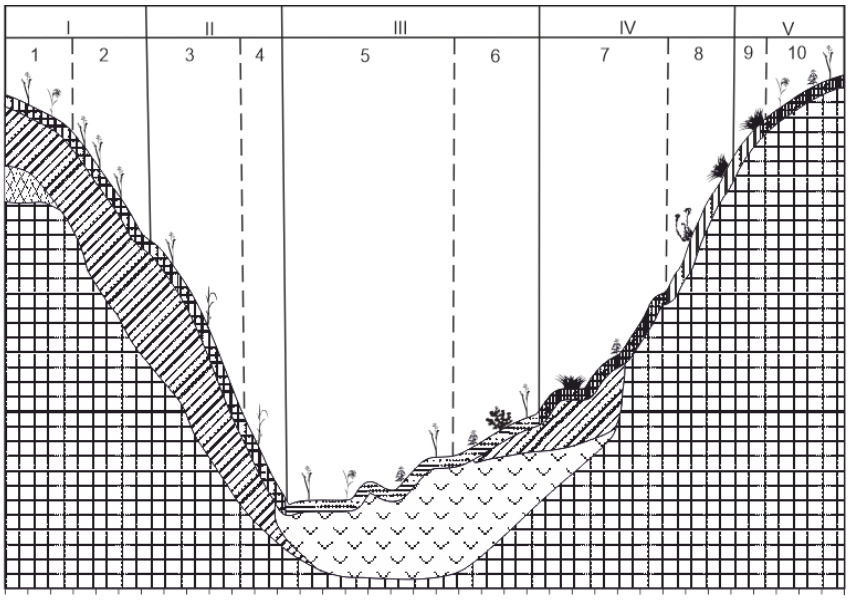
1. Фация верхней части левого прибалочного склона с ковыльно-типчаковой ассоциацией на черноземах типичных среднесмытых.

2. Фация нижней части левого прибалочного склона с ковыльно-типчаковой ассоциацией на черноземах типичных среднесмытых.

II) Урочище балочного склона северной экспозиции крутизной 19° с пырейными степями на черноземах типичных среднесмытых.

3. Фация левого балочного склона с типчаково-пырейным сообществом на черноземах типичных среднесмытых.

4. Фация левого балочного склона с молочайно-пырейным сообществом на черноземах типичных среднесмытых.



Литология

делювиальные отложения

моренные отложения

меловые отложения

аллювиальные отложения

Почвы

черноземы типичные среднесмытые

черноземы типичные остаточно-карбонатные сильносмытые

делювиальные карбонатные

субгумидные литосоли

Рис. 2. Ландшафтный профиль балки «Голая»

III) Урочище днища балки с ковыльно-молочайно-типчаковым сообществом на делювиально-карбонатных намытых породах.

5. Фация днища балки с ковыльно-молочайно-типчаковым сообществом на делювиальных карбонатных почвах.

6. Фация днища балки с молочайно-типчаковым сообществом на делювиально-карбонатных почвах.

IV) Урочище балочного склона южной экспозиции крутизной до 8° с оносмово-низкоосоковым сообществом.

7. Фация правого балочного склона с молочайно-низкоосоковым сообществом на остаточных карбонатных почвах.

8. Фация правого балочного склона с оносмово-низкоосоковым сообществом на остаточных карбонатных почвах и субгумидных литосолях.

V) Урочище правого прибалочного склона южной экспозиции крутизной до 5° с сочетанием низкоосоково-проломникового сообщества в нижней части и молочайно-типчаково-ковыльного – в верхней части, на остаточных карбонатных почвах.

9. Фация нижней части правого прибалочного склона с низкоосоково-проломниковым сообществом на остаточных карбонатных почвах.

10. Фация верхней части правого прибалочного склона с молочайно-типчаково-ковыльным сообществом на черноземах остаточно-карбонатных сильносмытых.

При сравнении ландшафтного разнообразия заметно, что все урочища обследованного пруда являются монофациальными, в то время как урочища балки насчитывают по 2 фации. Это свидетельствует о снижении ландшафтного разнообразия на уровне фаций при устройстве пруда на месте балки.

Затопление балки приводит к тому, что растения, занимавшие её днище, вынуждены перемещаться выше по гипсометрическому уровню на бывшие склоны, ставшие берегами пруда. При этом условия на склонах (увлажненность и освещенность) зачастую не соответствуют таковым на днище балки, из-за чего далеко не все виды способны освоить новое место обитания. Растения, находившие на склонах балки, полностью пропадают, так как исчезает экологическая ниша, занимаемая ими. Относительно сохранными остаются фации, занимающие прибалочные склоны и структурные террасы, т.к. влияние запруживания меньше распространяется на данные урочища.

С учётом того, что большинство прудов устраивается вблизи населённых пунктов или пашен, урочища прибалочных склонов и структурных террас подвергаются сильному антропогенному прессингу, что также приводит к снижению их фациального разнообразия.

Большинство прудов на территории Воронежской области создавались в период с 1965 по 1985 г. и в настоящее время переживают конечную стадию своего существования [5]. Большая часть прудов находится в запущенном состоянии, регулярный уход за ними отсутствует, необходимое обслуживание не проводится. Это приводит к загрязнению воды, избыточному образованию водорослей, деградации и сокращению площади водного зеркала [2], что, в свою очередь, порождает необходимость устройства новых прудов, для чего продолжают использовать существующие балки.

Таким образом, создание запрудных прудов может привести к значительному снижению фациального разнообразия территории, уничтожению мест обитания некоторых видов растений, произрастающих, в частности, на днищах и склонах балок. Снижение биоразнообразия и, как следствие, устойчивости растительных сообществ в условиях возрастающего антропогенного прессинга представляют угрозу для стабильного существования и развития уникальных и типичных ландшафтов Воронежской области.

Литература.

1. Жигулина Е. В. Прогнозирование изменений ландшафтов бассейнов малых рек Воронежской области [Текст] / Е.В. Жигулина, В.Б. Михно // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2013. – № 1. – С. 172-178.

2. Жигулина Е. В. Физико-географические особенности формирования прудов Аннинского района Воронежской области [Текст] / Е.В. Жигулина, С.В. Калаев // Журналистика и география : Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Воронеж, 22–23 марта 2024 года. – Воронеж: Издательский дом "Кварта", 2024. – С. 22-26.
3. Мишон В. М. Функционально-генетическая классификация прудов Центрального Черноземья [Текст] / В. М. Мишон // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2003. – № 2. – С. 23-32.
4. Отчет № 1.8–2020 о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Мониторинг совершенствования механизмов государственного землепользования»: утверждён решением коллегии Контрольно-счетной палаты Воронежской области от 23.06.2020 № 12(318) [Электронный ресурс]. – URL: https://ksp-vrn.ru/upload/iblock/a44/d2uy31xmrkjym9p06h8c3sp7q4h8xgkh/04_Otchet1.8_2022_isp_TFOMS_9m_26_35.pdf
5. Сухарев И.П. Пруды – важный источник орошения. [Текст] / Сухарев И.П., Пашнев Г.С., Сухарева Е.М. – Воронеж: Центр. – Чернозем. кн. изд-во, 1976. – 120 с.

THE INFLUENCE OF POND CREATION ON LANDSCAPES STRUCTURE

S.V. Kalaev, E.V. Zhigulina,
Voronezh State University, Voronezh, Russia
e-mail: kalaevsemen@gmail.com

Abstract. The structure of landscapes formed by gullies and dammed ponds is compared. Changes that occur during the formation of ponds by damming gullies at the facies level are revealed. The negative impact of pond construction on the facies diversity of the territory is established. A conclusion is made about the need to take into account the possible harm caused to rare and typical plant communities when damming gullies.

Keywords: pond, gulley, natural boundary, facies, landscape diversity, facies diversity, Voronezh Region.

УДК 504.064.2

ОСОБЕННОСТИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ КРУПНОЙ НЕФТЕБАЗЫ

А.В. Корнев., Е.А Самодуров., А.С. Агафонов
Научный руководитель: д. г.-м. наук, проф. Косинова И.И.
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия
e-mail: kornev@geol.vsu.ru

Аннотация. длительное существование объектов логистики нефтепродуктов ведёт к накоплению загрязняющих веществ в компонентах окружающей среды. Особенно это хорошо заметно при мониторинге подземных вод, при наличие регулярно подпитываемого загрязнения, образуется линза, которая будет иметь динамику на увеличение своей площади. При выявление серьёзного долгосрочного загрязнения, проводятся меры по извлечению нефтепродуктов и очистки подземных вод. Для контроля эффективности методов очистки подземных вод на объекте логистики нефтепродуктов, а также для выявления пространственно-временных закономерностей загрязнения подземных вод нефтепродуктами было проведено сравнение результатов исследований за 2019-2024 гг. На этом объекте загрязнение располагается в неоген-четвертичном водоносном комплексе. Замеры проводились на наблюдательных и реабилитационных скважинах, по средством измерения

уровня подземных вод и толщины нефтяной линзы, а также по результатам химического анализа. По результатам этой работы были выявлены пространственно-временные закономерности загрязнения подземных вод нефтепродуктами.

Ключевые слова: нефтепродукты, логистика, опасность, окружающая среда, загрязнение, подземные воды, откачка, выжигание.

Введение. С ростом городов растёт и потребность в нефтепродуктах. Для удовлетворения этих потребностей на территориях городов строятся объекты логистики различного назначения, такого как: хранение, приём и перегрузка нефтепродуктов. Каждый из этих объектов имеет стратегическое значение, как для отдельного города, так и для страны в целом, являясь винтиком в сложной логистической цепи. Нефтепродукты несут потенциальную опасность для человека из-за своего сложного состава и свойств. Объекты логистики в свою очередь несут потенциальную экологическую опасность для компонентов окружающей среды, опасность возрастает оттого что эти объекты зачастую расположены в черте города. Наиболее серьёзное воздействие испытывают подземные воды. Такое воздействие хорошо проявлено на длительно существующих объектах логистики. Нефтепродукты попадая на почву постепенно инфильтруются, достигая уровня подземных вод. Примером такого объекта является объект логистики I уровня расположенный в пределах города Воронежа. Объект существует с 1947 года.

В гидрогеологическом отношении в пределах участка повсеместно распространен водоносный неоген-четвертичный комплекс. Представлен средне- и крупнозернистыми песками. Мощность водовмещающих пород 12-20м, воды безнапорные. Питание комплекса осуществляется за счет атмосферных осадков и талых вод. Поток грунтовых вод имеет направление с северо-востока на юго-запад, к долине реки Воронеж. Подошвой неоген-четвертичного комплекса являются верхнедевонские глины. С поверхности комплекс не защищен и подвержен загрязнению. Ранее этот водоносный комплекс активно использовался для хозяйственно-питьевого водоснабжения, однако в связи с тем, что на территории Левобережья города Воронежа располагается целый ряд экологически опасных объектов, данный водоносный комплекс был загрязнён. В настоящий момент используется только один водозабор расположенный в верховьях на левом берегу, остальные водозаборы не используются в связи с их значительным уровнем загрязнения.

Целью работы является определение пространственно-временных закономерностей загрязнения подземных вод, в районе длительно существующего объекта логистики нефтепродуктов. Для достижения поставленной цели исследовалось эколого-гидрогеохимическая ситуация в пределах крупного объекта логистики нефтепродуктов за период 2019-2024 года.

Объект логистики нефтепродуктов I уровня включает следующие технологические циклы: собственно резервуарные парки, системы перекачки нефти, системы налива и слива нефти, а также системы контроля и учета нефти. Также сюда можно отнести объекты инфраструктуры, обеспечивающие функционирование нефтехранилища, такие как насосные станции, системы электроснабжения и противопожарной защиты (рис.1).

Объект логистики I уровня включает следующие операции:

- Приемка нефти: Входной поток, связанный с поступлением нефти на нефтехранилище.
- Хранение нефти: Обеспечение безопасного и эффективного хранения нефти в резервуарных парках.
- Перекачка нефти: Внутренний поток, связанный с перемещением нефти между резервуарами и другими объектами нефтехранилища.
- Отгрузка нефти: Выходной поток, связанный с выдачей нефти для дальнейшей транспортировки или переработки.

Основными источниками, к которым приурочено загрязнение, являются станции перелива нефтепродуктов из железнодорожных цистерн или в них, так как именно в этих

местах происходят наибольшее количество протечек. Такая ситуация характерна и для объекта логистики нефтепродуктов расположенного на территории города Воронежа. Центр загрязнения находится рядом с железнодорожными путями под станцией перелива нефтепродуктов.

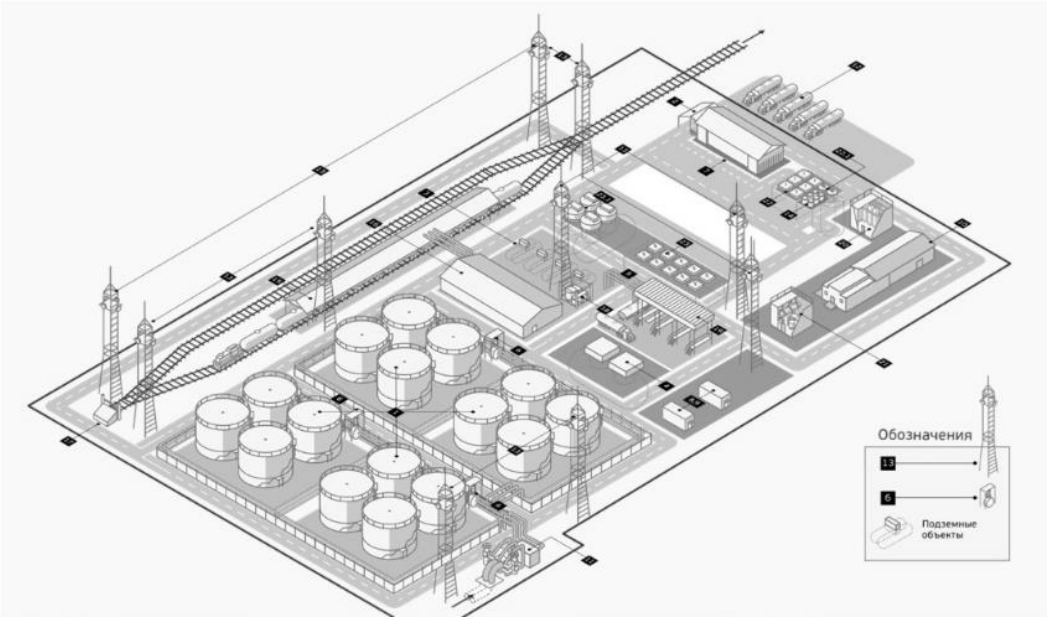


Рис. 1. План типовой нефтебазы

Исследования проводятся по 14 скважинам, пробуренным до глубины подземных вод. 11 скважин являются наблюдательными и 3 реабилитационными, через которые происходит откачка нефтепродуктов. В скважинах проводятся замеры уровня подземных вод (УПВ), уровня нефтяного продукта (УНП) и уровня водно-нефтяного контакта (УВНК), таким образом определяется мощность линзы нефтепродуктов. Также происходит отбор проб воды, для контроля концентрации нефтепродуктов. Исследования проводились в период с марта по ноябрь в течение 5 лет. Пробы на химический анализ отбирались раз в три месяца, таким образом, замеры содержания нефтепродуктов в воде осуществлялись три раза в год. Для устранения загрязнения производится откачка нефтепродуктов из 3 реабилитационных скважин.

Линза нефтепродуктов выявлена в 6 скважинах, расположенных в центральной части нефтебазы. Они показывают примерный контур площади, загрязнённой нефтепродуктами.

По результатам произведённых замеров в период с 2019 по 2024 год площадь линзы не увеличивалась, она была сконцентрирована в центральной части. В 2019 и 2020 году мощность линзы была невелика менее 0,5 м в своём центре, и уменьшалась к краям (рисунок 2). Мониторинг в 2020 году был проведён не должным образом, сроки были сильно сокращены, потому получить наиболее полную картину по состоянию подземных вод не представляется возможным. В 2021 году происходит резкий скачок мощности линзы в среднем до 0,9 м, максимальное зафиксировано осенью вплоть до 1,5 м в своём центре. Данная ситуация может быть связана с крупной протечкой, в результате которой в ходе инфильтрации нефтепродукты попали в подземные воды. В 2022 году мощность линзы в течение года постепенно уменьшалась, по состоянию на март линза нефтепродуктов имела мощность до 1 м, к концу года мощность снизилась до 0,6 м. Такое уменьшение в 2022 году можно связать с проведением мероприятий по очистке, то есть с откачкой нефтепродуктов из скважины. Наибольшая мощность фиксировалась в апреле и сентябре, это связано с весенней оттепелью и осенним сезоном дождей, обильное поступление влаги в почву ускоряет инфильтрацию загрязняющих веществ в подземные воды.

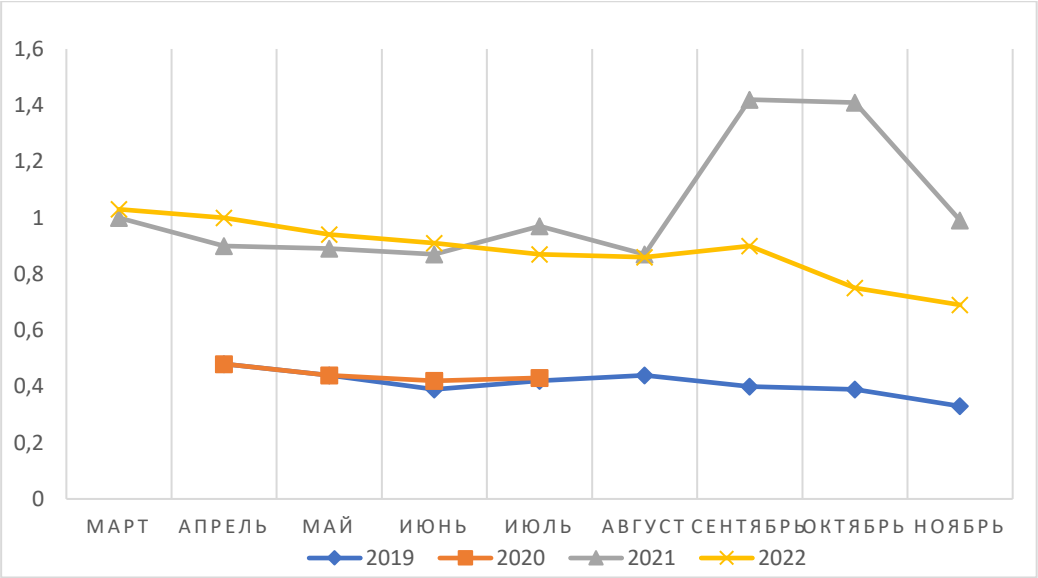


Рис. 2. Динамика изменения мощности линзы нефтепродуктов на примере реабилитационной скважины №III

В 2023 году произошёл инцидент, в ходе которого большая часть линзы выгорела, размеры линзы сократились, а мощность сильно уменьшилась, в периоды во время пожара мощность линзы была менее 0,1 м (рисунок 3). В 2024 мощность линзы составляла менее 0,01 м, такая ситуация сохранялась вплоть до сентября, в сентября мощность линзы значительно увеличилась, её мощность составляла в среднем 0,2 м. Такая ситуация произошла по причине сезона дождей, который ускорил инфильтрацию имеющегося загрязнения. Таким образом можно сказать, что в результате инцидента произошло непреднамеренное выжигание загрязнения, но также подтвердило, и то что нефтепродукты регулярно поступают в подземные воды, что является следствием протечек.

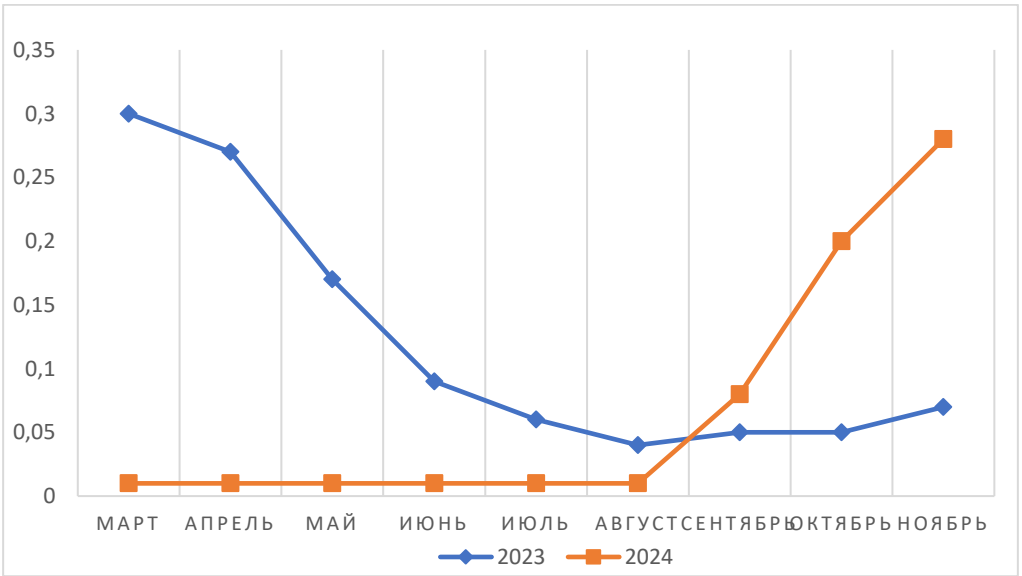


Рис. 3. Динамика изменения мощности линзы нефтепродуктов на примере реабилитационной скважины №III

В заключение можно сказать, что на протяжении 5 лет в течение которых проводился мониторинг площадь линзы не менялась, изменялась только мощность. На основании данных об изменении мощности нефтепродуктов, можно сказать что мероприятия по очистке используемые на этом объекте логистики нефтепродуктов I класса, эффективны только при небольшом загрязнении, позволяя удерживать, а в определённые периоды и незначительно

снижать мощность линзы нефтепродуктов. Инцидент, в ходе которого произошло выжигание нефтепродуктов показал эффективность такого метода, значительно снизив мощность линзы. Но по данным за последние месяцы 2024 года, загрязнение возвращается, что свидетельствует о регулярном характере загрязнения, при таких условия выжигания не будет столь же эффективно. Для полного устранения загрязнения в первую очередь требуется устранить причину поступления нефтепродуктов в почву, а затем в подземные воды, а уже после при помощи метода откачки нефтепродуктов можно убрать оставшееся загрязнение.

Литература.

1. Банников А.Г., Рустамов А.К., Вакулин А.А. Охрана природы. – М., 1987 г. – 287с.
2. Гаврилов В.П. Чёрное золото планеты. – М.: Недра, 1990 г.
3. Дурнев Ю.Ф. Отчёт по теме: «Ведение мониторинга содержания нефтепродуктов в геологической среде на территории комбината «Красное Знамя в г. Воронеж», Воронеж, 1998 г.
4. Шевцов А.Я., Осьмушкин В.С. Отчёт по теме: Мониторинг загрязнения нефтепродуктами природной среды Барнаульской нефтебазы» Барнаул, ОАО «АлтайТИСИз», 2005 г.

FEATURES OF OIL POLLUTION OF GROUNDWATER IN THE AREA OF A LARGE OIL DEPOT

Kornev A.V., Samodurov E.A., Agafonov A.S.,
Scientific supervisor: D. G-M. Sc., Prof. Kosinova I.I.
Voronezh State University, Voronezh, Russia
e-mail: kornev@geol.vsu.ru

Annotation. The long-term existence of petroleum products logistics facilities leads to the accumulation of pollutants in environmental components. This is especially noticeable when monitoring groundwater, in the presence of regularly replenished pollution, a lens is formed that will have dynamics to increase its area. If serious long-term contamination is detected, measures are taken to extract petroleum products and purify groundwater. To monitor the effectiveness of groundwater purification methods at the petroleum products logistics facility, as well as to identify spatiotemporal patterns of groundwater contamination with petroleum products, a comparison of research results for 2019-2024 was conducted. At this facility, the pollution is located in a Neogene-quaternary aquifer complex. Measurements were carried out at observation and rehabilitation wells, by measuring the groundwater level and the thickness of the oil lens, as well as by chemical analysis. Based on the results of this work, the spatial and temporal patterns of groundwater contamination with petroleum products were revealed.

Keywords. Petroleum products, logistics, danger, environment, pollution, groundwater, pumping, burning.

УДК: 502.05:550.42

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭНСКОГО УЧАСТКА МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Р.Р.Мансурова, А.А.Курышев
ФГ БОУ ВО «Воронежский государственный университет, г.Воронеж, Россия
e-mail: redjina.000@gmail.com

Аннотация: Эколого геохимическая оценка почвенных отложений энского участка Магаданской области является целью данной работы, в связи с возможностью разработки данного месторождения и возникновения проблем экологического характера. Геохимическими поиском пройдены маршруты с отбором проб, проведены лабораторные

исследования по результатам которых произведены расчеты по элементу сурьма (Sb), зафиксировавшие превышения от трех до одиннадцати раз по Кк. А так же предлагаются рекомендации по объективной оценке экологической ситуацию.

Ключевые слова: почвенные отложения, эколого-геохимическая оценка, месторождение, отбор проб, лабораторные исследования, элементы спутники, сурьма, геохимический фон, геохимические аномалии, экологические проблемы, природоохранные мероприятия.

Непосредственная значимость эколого-геохимической оценки участка Магаданской области обусловлена несколькими ключевыми факторами:

Магаданская область является слабо освоенной территорией причины этого заключаются в суровом климате – среднегодовая температура составляет 5 °С, отдаленности цивилизации – в связи с отсутствием железнодорожного сообщения и малым количеством для данной территории асфальтированных дорог, а так же низкой численностью населения, по официальным данным Росстата на январь, 2025 года число жителей составило 132 202 человека. Но в тоже время область является одной из крупнейших золотодобывающих регионов, где наряду с отработкой золотоносных россыпей, начатой ещё в XIX в., большая роль отводится и добыче коренного золота. Это относится и к территории, где расположена площадь исследуемого участка, которая частично находится в пределах Среднекано-Штурмовского золоторудно-россыпного района Иньяли-Дебинской минерагенической зоны[1].

Изучаемая площадь расположена в Ягоднинском и Среднеканском районах Магаданской области, в районе горной цепи Немичан (Нэмичэн), которая граничит на востоке с равниной неотектонической Сеймчано-Буюндинской впадины. Максимальные отметки высот в пределах горной цепи достигают 1093 м. Относительные превышения в пределах горных сооружений составляют в основном от 400 до 6 600 м. Территория представляется перспективной на выявление золоторудных объектов.

Очевидно, что активная разработка подобных месторождений приведет к существенному изменению эколого-геологических условий района и, в частности, эколого-геохимической обстановки. В следствии этого экологическое изучение и оценку объекта необходимо производить до начала освоения территории для оценки степени воздействия в будущем [2].

Целью работы является эколого-геохимическая оценка энского участка Магаданской области в связи с возможностью разработки месторождения. Проблемы экологического характера возникают на стадии разведки территории, по мере увеличения детальности изучения увеличиваются и риски, так как растет техногенная нагрузка.

Эколого геологические особенности территории

Климат характеризуется как суровый и резко континентальный, с морозной зимой и коротким жарким летом. Среднегодовая температура воздуха составляет примерно минус 11–13 °С. Согласно данным Сеймчанской метеостанции, самая низкая зафиксированная температура достигает минус 62 °С. Максимальная температура наблюдается в июле и может достигать плюс 30 °С.

Рельеф района сформировался под влиянием внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) сил, воздействовавших на протяжении длительного времени на различные тектонические структуры и горные породы. В зависимости от высоты и степени изрезанности местности, выделяют четыре типа рельефа: среднегорный сильно расчлененный, низкогорный (как расчлененный, так и слабо расчлененный) и равнинный.

Гидрологические условия территории сложились под влиянием ряда геологических и природно-климатических факторов. Речная сеть Магаданской области принадлежит к бассейнам рек Восточно-Сибирского и Охотского морей . Главная река – Колыма, наиболее крупными левыми притоками которой являются реки: Таскан, Лыглыхтах, Эльген и многочисленные более мелкие водотоки, берущие начало (рис.1) с горных массивов.

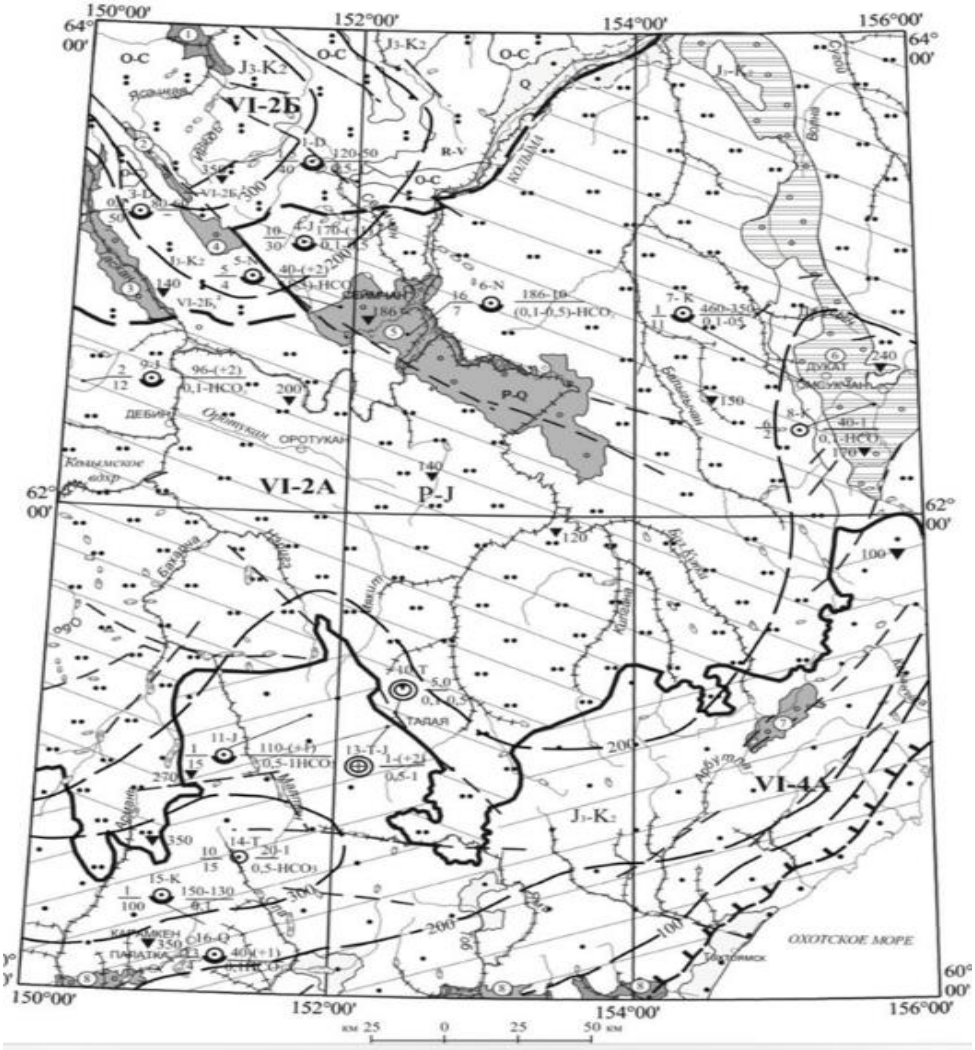


Рис. 1. Гидрогеологическая схема

Гидрографическая сеть характеризуется рядом специфических особенностей. Водные потоки демонстрируют высокую скорость течения, значительный уклон продольного профиля и наличие многочисленных порогов. В руслах водотоков часто встречаются крупные валуны, образовавшиеся в результате эрозии ледниковых морен. При удалении от горных массивов отмечается существенное замедление скорости течения. В расширенных участках долин происходит разветвление русел и формирование меандр.

Исследуемая территория характеризуется довольно сложной геологией, которая определяется участием в его сложении разновозрастных магматических и стратифицированных образований, рыхлых четвертичных отложений, а также широким развитием разрывных нарушений различного порядка[1]. Стратифицированные и рыхлые четвертичные отложения занимают ≈ 90% территории. Интрузивные породы занимают ≈ 10% площади и выделяются в составе басугуньинского диорит-гранодиоритового плутонического, вернинского субвулканического и немичанского вулканического комплексов (рис.2).

Площадь входит в зону лесотундры, где преобладает лиственничное редколесье с кустарниковым подлеском. В долинах рек древесная растительность представлена в основном даурской лиственницей, реже произрастают тополь, ива-чозения и кустарники (рис.3). Выше границы лиственничного редколесья, располагающейся на высотах 600-800 м, лежит пояс кедрового стланика. На гольцовых вершинах выше 1000 м отмечаются лишь полярные мхи. Животный мир достаточно многообразен: в лесах обитает медведь, встречаются лось и олень,

в высокогорных массивах – горный баран. В реках и ручьях водится хариус. В районе обитает множество видов птиц. Залесенность площади участка в среднем составляет 60%. Растительный и животный мир довольно беден, но отличается повышенной уязвимостью.

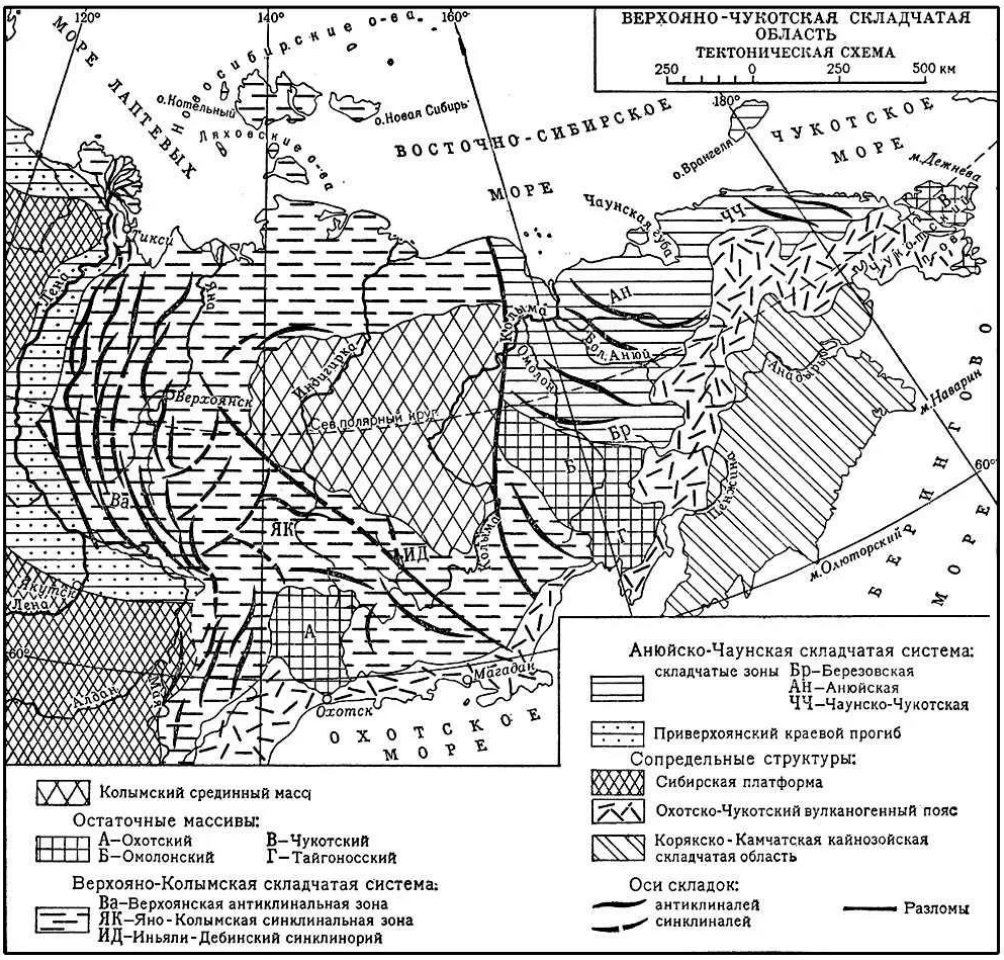


Рис. 2. Тектоническая схема изучаемой площади

Геохимическим поиском пройдены маршруты профильном варианте по сети 250 х 40 м. Специальной подготовки топографо-геодезической сети для проведения площадных геохимических поисков не предусматривается. Работы проводятся с использованием спутниковых навигаторов GPS. Применение глобальных спутниковых навигационных систем позволяет отказаться от трудоемкой и затратной рубки профилей [4].

Отбор геохимических проб по опыту работ в аналогичных условиях осуществлялся из копуши глубиной до 0,6 м и сечением 0,16 м2. При отборе проб исключаться гумусовый материал. При документировании особое внимание уделялось смене почвенного покрова и его мощности. Места отбора проб по профилям привязываются приборами GPS. В пробу берется только глинистый или суглинистый материал массой 300 г. После просушки в лагере проба дезинтегрируется с помощью ступы и песта, просеиваться на сите - 0,5 мм. Масса просеянного материала 150-200 г. Далее пробы были направлены в лабораторию.

Камеральные работы включают в себя обработку данных и построение карт. Построена карта фактов с отбором 1450 проб(рис.3-4).

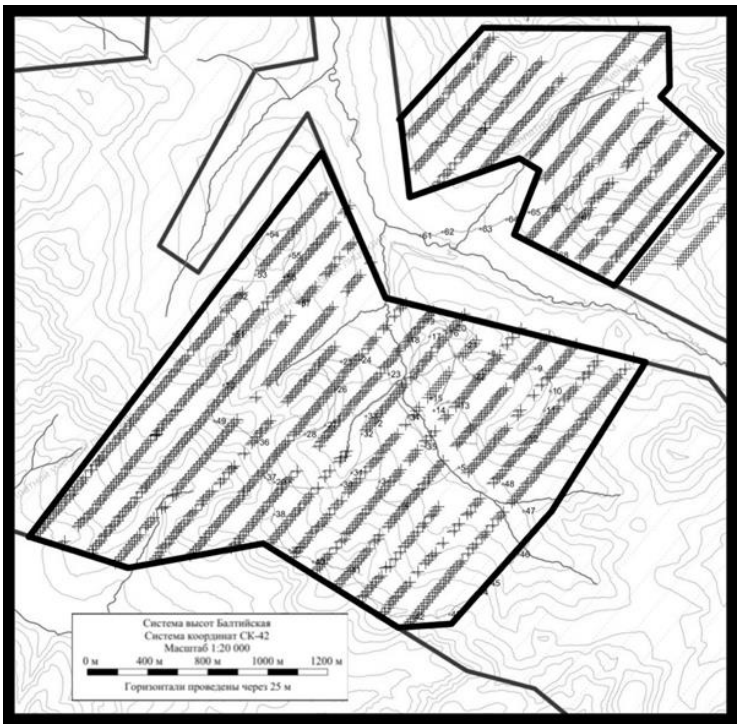


Рис. 3. Карта фактического материала

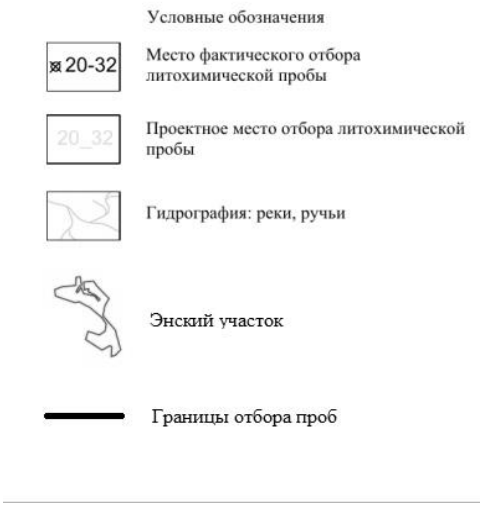


Рис. 4. Условные обозначения

К исследуемым компонентам относятся: золото, мышьяк, свинец, сурьма, хром[5]. Но рассмотрим один из наиболее опасных, в частности сурьма второго класса опасности. Был посчитан Кпдк – коэффициент концентрации, вычисляемый при нормировании фактической концентрации на предельно допустимые значения (Ci/Спдк) (рис.5-6).

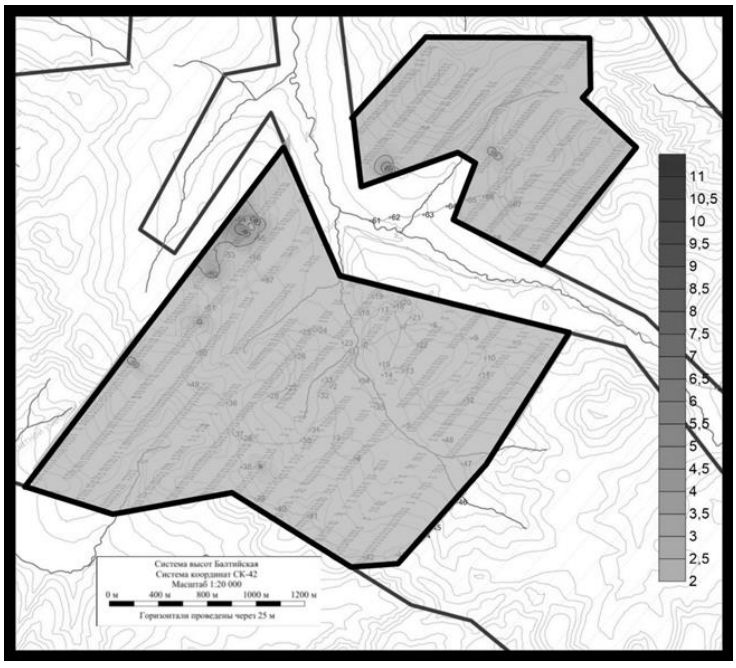


Рис. 5. Карта превышений Кпдк по сурьме (Sb)

Рис. 6. Условные обозначения

Значения для расчета Кпдк для микрокомпонентов в почвах и были взяты из нормативных документов, а именно «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям,

эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий" (с изменениями и дополнениями)» (СанПиН 2.1.3684-21). Оценка степени химического загрязнения почв проводилась в соответствии с таблицей приведённой ниже (таб.1).

Таблица 1.

Оценка степени загрязнения почв неорганическими веществами

Содержание в почве (мг/кг)	Категория загрязнения почвы		
Класс опасности вещества	1 класс	2 класс	3 класс
> Kmax	Очень сильная	Очень сильная	Сильная
От ПДК до Kmax	Очень сильная	Сильная	Средняя
От 2 фоновых значений до ПДК	Слабая	Слабая	Слабая

По проведенном исследованиям можно сделать следующие выводы: На всей исследуемой площади по сурьме Кпдк превышают от трех до одиннадцати раз, так же мы можем говорить об увеличение концентраций по ряду других сопутствующих элементов, так как выделяется антимонитовая геохимическая ассоциация, она связана с комплексом золоторудных (сурьмусодержащих) и золото-сурьмяных месторождений. Вся исследуемая территория имеет слабую степень загрязнения, но в отдельных участках, в частности на северо-западе территории была выявлена высокая степень загрязнения, которая согласно таблице1. «Оценка степени загрязнения почв неорганическими веществами» относится к сильной категории загрязнения, составляющая 5% от всей исследуемой территории.

Полученные результаты однозначно указали на аномальные содержания элемента в почве. Поэтому на основе выявленных загрязнений и их распределению, для уменьшения экологических рисков и эффективной охране окружающей среды предложены следующие рекомендации:

1. Проведение научно обоснованной оценки степени миграции по ведущим загрязняющим элементам, проведение химического анализа на содержание в поверхностных и подземных водах, растительности.

2. Регулярный мониторинг за состоянием почвенного покрова. С оборудованными наблюдательными станциями в количестве не меньше 3 площадок, в разных зонах влияния разработки месторождения на компоненты окружающей среды не менее 1 раза в год.

3. Выбор безопасных реагентов – альтернативы для кучного выщелачивания золота: нетоксичные выщелачивающие агенты, способные снизить количество токсических веществ.

Литература.

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист – P – 56 – Сеймчан. Объяснительная записка /Кузнецов В.М., Жигалов С.В., и др./– СПб: Картфабрика ВСЕГЕИ (Минприроды России, Роснедра, ФГУП «ВСЕГЕИ», ОАО «Магадангеология»), 2008.

2. Косинова И. И. Методы эколого-геологических исследований и рациональное недропользование : учебник / О. М. Гуман, В. А. Бударина, В. В. Ильяш. // Москва : Издательство «Научная книга», 2022 /// 348 с.

3. Валяльщиков А.А., Ильяш В. В., Косинова И.И , Силкин К. Ю., Стародубцев В. С. Курс лекций для подготовки к государственному экзамену по экологической геологии: учебное пособие/ Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета.

4. Проектная документация на проведение работ по геологическому изучению, включающему поиски и оценку месторождений рудного золота на участке недр.

УДК 624

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПУЧИНИСТОСТИ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКА «МОКУЛАЕВСКОЕ»(КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

М.Н. Мохна

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

e-mail: margarita.mokhna@gmail.com

Аннотация. Приведены результаты расчетов степени морозного пучения грунтов на территории месторождения известняка «Мокулаевское». Рассмотрены факторы, способствующие развитию пучинистых процессов. Предложены меры борьбы с пучинистостью.

Ключевые слова: пучинистость, грунты, влажность, пористость, полная влагоемкость.

В условиях горнодобывающей промышленности, и в частности при разработке известняковых карьеров, проблема морозного пучения приобретает особую значимость. Это обусловлено тем, что процессы промерзания существенно влияют на устойчивость откосов, безопасность горных работ и эффективность производственных процессов.

Пучение (морозное или криогенное) грунтов представляет собой неравномерное увеличение их объема при промерзании, которое происходит как при переходе части содержащейся в них воды в лед, так и вследствие поступления воды к фронту промерзания извне и ее кристаллизации [1]. Данное явление особенно актуально для территорий с сезонным промерзанием грунтов, к которым относится значительная часть территории России. В данной статье автор рассматривает влияние морозного пучения на условия отработки месторождения известняка «Мокулаевское».

Месторождение известняка «Мокулаевское» примыкает к северным границам г. Талнах, расположенного в Таймырском Долгано-Ненецком районе Красноярского края (рис.1). Отработка ведется обособленными карьерами на 2 участках: Северо-Мокулаевский и Мокулаевский.

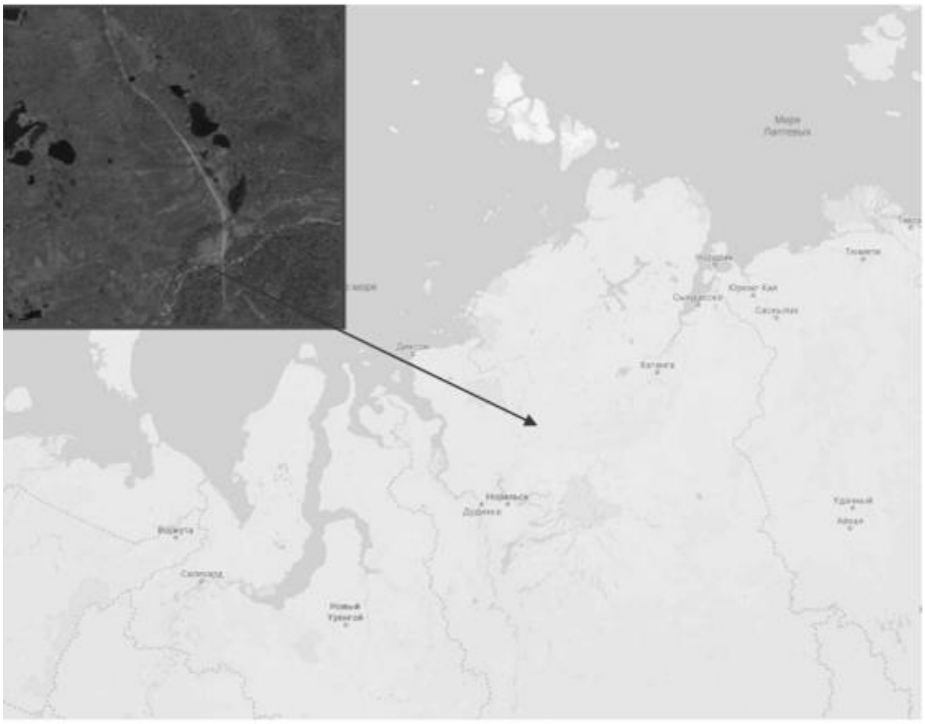


Рис.1. Местоположение участка исследований

Территория отличается крайне суровым климатом субарктического типа. Район изысканий приурочен к климатическому подрайону I Б (согласно СП131.13330.2012, рис. А.1).

По схематической карте районирования северной строительно-климатической зоны участок изысканий относится к району 3 (с наиболее суровыми условиями (согласно СП131.13330.2012, рис. А.2). Главными климатообразующими факторами являются характер общей циркуляции воздушных масс и физико-географическое положение территории. Климат территории исследований отличается резкой континентальностью, зимы здесь суровы, а летние сезоны непродолжительны.

В части геокриологических условий район работ имеет сложное строение, поскольку на территории можно выделить многолетнемерзлые породы. Мощность криолитозоны изменяется в диапазоне 90-150 м. Среднегодовые температуры пород изменяются в диапазоне от -5,0°С до 0,5°С. Многолетнемерзлые породы относятся в основном к эпикриогенному типу и имеют небольшую льдистость, массивную криотекстуру. Все эти факторы могут привести к развитию процессов морозного пучения грунтов.

Актуальность исследования морозного пучения в условиях карьера обусловлена несколькими факторами. Во-первых, деформация грунта при промерзании может приводить к нарушению целостности откосов и образованию опасных зон. Во-вторых, изменение физико-механических характеристик пород в результате пучинистых процессов влияет на технологические параметры добычи. В-третьих, экономические потери, связанные с необходимостью дополнительных укрепительных работ и простоем оборудования, делают данную проблему особенно значимой.

Отбор проб для оценки степени пучинистости грунтов проводился со всех участков территории месторождения известняка «Мокулаевское». Автор рассчитал пучинистость грунтов используя СП 22.13330.2016 п 6.8 Пучинистые грунты.

Расчеты проводились по каждому выделенному инженерно-геологическому элементу с использованием следующих лабораторных показателей: плотности сухого грунта (pd), влажности (w), влажности на границе раскатывания (wp), влажности на границе текучести (wL), пористости (n). Значения показателей физических свойств грунтов приведены в таблице 1приведены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные значения характеристик грунтов

№ ИГЭ	Наименование инженерно-геологического элемента	Природная влажность (w), %	Влажность на границе раскатывания (w_p), %	Влажность на границе текучести (W_L), %	Плотность сухого грунта (p_d), т/м^3	Пористость (n), %
1	Супесь пластичная, песчанистая	19,90	18,00	21,60	1,55	45,30
2	Суглинок мягкопластичный, легкий пылеватый	26,10	20,40	29,80	1,40	50,30
3	Супесь щебенистая пластичная	19,40	17,30	22,90	1,75	39,00
4	Суглинок щебенистый полутвердый	19,60	19,30	27,80	1,95	40,90
5	Супесь галечниковая текучая, с линзами песка средней крупности и гравелистого	30,50	14,10	18,90	1,70	37,80
6	Супесь текучая, пылеватая	26,80	16,70	21,80	1,46	46,10

7	Суглинок галечниковый, текучепластичный	17,80	12,20	19,40	1,72	37,20
8	Супесь щебенистая пластичная	15,20	14,20	18,90	1,82	34,60
9	Суглинок щебенистый полутвердый	12,00	10,80	19,40	1,97	30,00
10	Глина текучая, легкая пылеватая	42,10	13,60	37,00	1,19	57,00

Расчет пучинистости грунтов выполнен по следующей формуле:

$$R_f = 0{,}67 p_d \left[0{,}012 \left(w - 0{,}1 \right) + \frac{w(w - w_{cr})^2}{w_{sat} w_p \sqrt{M_0}} \right]$$

Где:

W, W_p - влажность в пределах слоя промерзающего грунта соответственно природная и на границе раскатывания, доли единицы;

W_{cr} -критическая влажность, доли единицы, ниже значения которой в промерзающем пучинистом грунте прекращается перераспределение влаги, вызывающей морозное пучение; определяется по графику (рис.2);

W_{sat} - полная влагоемкость грунта, доли единицы;

P_d - - плотность сухого грунта, т/м ;

M_0 - безразмерный коэффициент, численно равный абсолютному значению средней многолетней температуры воздуха за зимний период, определяемый в соответствии с СП 131.13330.2020.

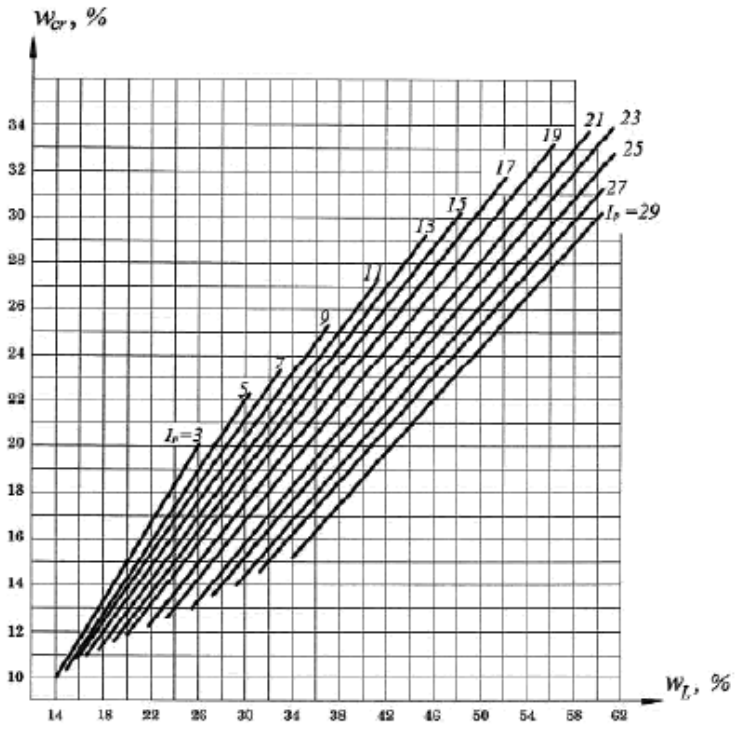


Рис. 2. Зависимость критической влажности w_{cr} от числа пластичности J_P и предела текучести грунта w_L(рисунок 6.12 СП 22.13330.2016)

По степени пучинистости грунты подразделяют в зависимости от ε_{fh} на пять групп. Принадлежность глинистого грунта к одной из групп оценена по параметру R_f (рис.3).

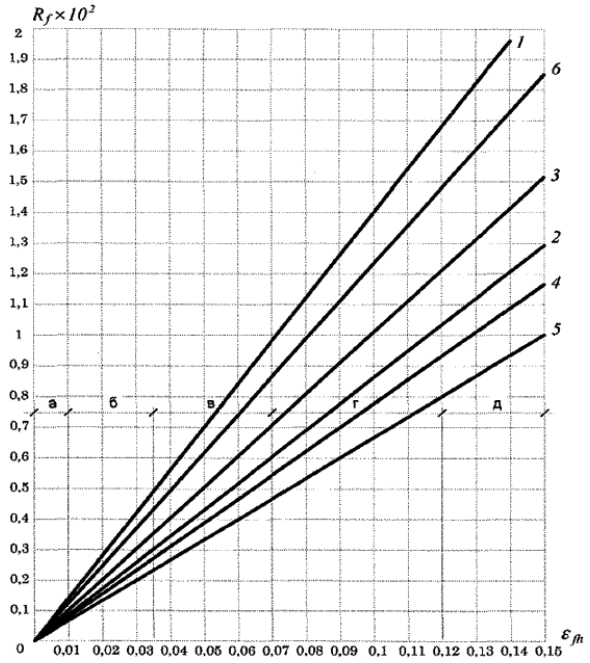


Рис.3. Взаимосвязь параметра R_f и относительной деформации пучения ε_{fh} (рисунок 6.11 СП 22.13330.2016).

1, 2 - супеси; 3 - суглинки; 4 - суглинки с 0,07 $< I_P \leq$ 0,13; 5 - суглинки с 0,13 $< I_P \leq$ 0,17; 6 - глины (в грунтах 2, 4 и 5 содержание пылеватых частиц 0,05-0,005 мм составляет более 50% по массе); а - практически непучинистый; б - слабопучинистый; в - среднепучинистый; г - сильнопучинистый; д - чрезмернопучинистый

В результате анализа произведенных расчетов было установлено, что грунты ИГЭ 8,9 относятся к непучинистым, ИГЭ 1, 3, 4 - к слабопучинистым, ИГЭ 2, 7 - к среднепучинистым, ИГЭ 5, 10 - к чрезмернопучинистым (таблица 2).

Таблица 2

Результаты расчета пучинистости грунтов

№ ИГЭ	Наименование инженерно-геологического элемента	Результаты расчетов по СП 22.13330.2016
1	Супесь пластичная, песчанистая	слабопучинистый
2	Суглинок мягкопластичный, легкий пылеватый	среднепучинистый
3	Супесь щебенистая пластичная	слабопучинистый
4	Суглинок щебенистый полутвердый	слабопучинистый
5	Супесь галечниковая текучая, с линзами песка средней крупности и гравелистого	чрезмернопучинистый
6	Супесь текучая, пылеватая	сильнопучинистый
7	Суглинок галечниковый, текучепластичный	среднепучинистый
8	Супесь щебенистая пластичная	непучинистый
9	Суглинок щебенистый полутвердый	непучинистый
10	Глина текучая, легкая пылеватая	чрезмернопучинистый

В данном случае особое беспокойство вызывает присутствие сильнопучинистых и чрезмернопучинистых грунтов.

В качестве основных методов борьбы с пучинистостью при разработке месторождения можно рекомендовать организацию своевременного обрушения пород кровли для снижения горного давления на пучащие породы, а также применение анкерной крепи и других укрепляющих конструкций для стабилизации массива. При этом необходимо регулярно проводить наблюдения за сезонными колебаниями уровня грунтовых вод и организовать их отвод от разрабатываемых участков.

Литература.
1. Брушков А.В., Жданеев О.В., Фролов К.Н. Основы мерзлотоведения. М., Академический проект, 2024- 190 с.
2. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF SOIL HEAVINGON THE TERRITORY OF THE MOKULAEVSKOYE LIMESTONE DEPOSIT(KRASNOYARSK TERRITORY)

M.N. Mokhna
Voronezh State University, Voronezh, Russia
e-mail: margarita.mokhna@gmail.com

Abstract. The article presents the results of calculations of the degree of frost heaving of soils in the territory of the Mokulaevskoye limestone deposit. The factors contributing to the development of heaving processes are considered. Measures to combat heaving are proposed.

Keywords: heaving, soils, humidity, porosity, total moisture capacity.

УДК 628.472.35

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНОГРУНТОВ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. С. Соломатина[1], Т. В. Маликова[2]
[1,2] Москва, Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН
[2]Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова
e-mail: malikovatv@my.msu.ru

Аннотация. В работе представлены результаты исследований грунтов, полученных при компостировании отходов на полигоне твердых коммунальных отходов в Московской области (техногрунтов). В лабораторных условиях проведено изучение частиц грунта под бинокуляром, определение естественной влажности грунта, плотности твердых частиц, содержания органических веществ, компрессионные испытания. Для изучения физико-механических свойств техногрунтов были проведены компрессионные испытания. Также, для моделирования фактического процесса пересыпки отходов, проводились компрессионные испытания для модельных грунтов, полученных путем смешивания грунтов полигона с песками и суглинками в различных соотношениях.

Ключевые слова: полигон ТКО, компостирование, техногрунт, физические свойства органических отходов, деформационные свойства органических отходов.

В настоящее время проблема с накопленными в течение десятилетий отходами, представляющими собой серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья населения, продолжает быть актуальной [2]. Для разработки оптимальной технологии устройства полигона, позволяющей максимально сократить необходимое для складирования отходов пространство, обеспечить устойчивость в долгосрочной перспективе и защиту подземных вод с подстилающими грунтами от загрязнения опасными химическими соединениями, необходима полноценная оценка свойств грунтов полигона. Оценка физических свойств необходима для получения представлений об исходных характеристиках грунта, физико-механических – для оценки поведения грунтов полигона при их уплотнении под весом вышележащих отходов.

В настоящей работе исследуются две валовые пробы грунта, отобранные на комплексе по переработке твердых коммунальных отходов в Московской области в мае 2024 г. Первая проба прошла этап компостирования зимой и пролежала в отвале до мая. Вторая проба

отобрана непосредственно после этапа компостирования и грохочения. Наименование и характеристика отобранных проб приведено в табл. 1.

Таблица 1.
Характеристика отобранных проб грунта

Наименование пробы	Характеристика пробы
Проба №1	Этап компостирования пройден зимой, проба отобрана до процесса грохочения
Проба №2	Этап компостирования пройден весной, проба отобрана после процесса грохочения

В лабораторных условиях была определена естественная влажность грунтов полигона, плотность твердых частиц, измерено содержание органических веществ, содержание крупнообломочной фракции, а также проведено изучение частиц под бинокуляром.

Результаты лабораторных исследований грунтов приведены в табл. 2. Согласно результатам определения содержания крупнообломочной фракции, в пробе №1 преобладают фракции размером <1,0 мм. В пробе №2 более половины частиц имеют размер от 2,0 до 5,0 мм. В пробе №2 также закономерно выше содержание органических веществ, которые снижают показатели плотности частиц грунта.

Таблица 2.
Результаты лабораторных исследований грунтов

Наименование пробы	Содержание частиц различного размера, %					Естественная влажность грунта, %	Плотность частиц грунта, г/см^3	Потери при прокаливании, %
	>10.0 мм	10.0-5.0 мм	5.0-2.0 мм	2.0-1.0 мм	<1.0 мм			
проба №1	1.2	15.8	15.3	13.6	54.1	74	2.15	27.5
проба №2	0.0	10.6	53.3	17.1	18.9	38	1.91	41.1

В пробе №1 крупная фракция представлена осколками стекла, обломками пластика, щебнем, кусками строительного мусора, остатками древесины и перегноя. В пробе № 2 крупная фракция более однородная, в основном представлена остатками древесины и перегноя, а остальные компоненты содержатся в значительно меньшем количестве. Для лучшего визуального наблюдения морфологии частиц при дальнейшем исследовании использовались грунты без учета частиц диаметром >2 мм при увеличении х10.

По результатам морфологического анализа установлено, что частицы грунта до процесса грохочения характеризуются более шарообразной формой, после процесса грохочения – более пластинчатой. Сходство грунтов обоих типов заключается в том, что все частицы достаточно неоднородны по своему составу и морфологии. При этом средние размеры частиц близки (от 0,05 до 2 см). Основное различие между пробами заключается в процентном содержании частиц различной формы и размера, что связано с разрушением крупных микроагрегатов в результате процесса грохочения (рис. 1, 2).

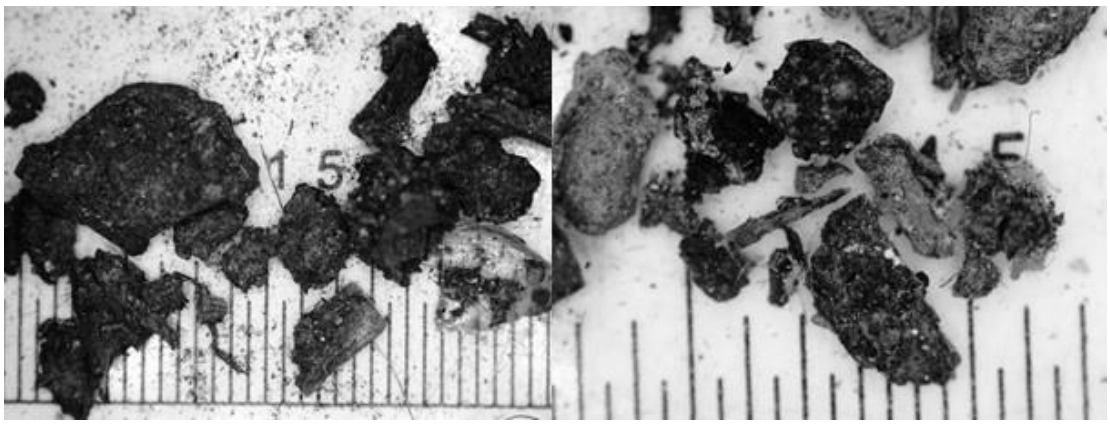


Рис. 1. Проба №1 (слева) и №2 (справа) под бинокуляром (цена деления – 0,05 см).

Компрессионные испытания для определения одометрического модуля деформации грунтов E_{oed} проводились в соответствии с ГОСТ 12248.4-2020 для образцов, как при естественной влажности, так и в водонасыщенном состоянии. Компрессионные испытания всех образцов проводились путем ступенчатого нагружения грунтов статической нагрузкой, начиная со ступени давления 0,025 МПа, до достижения условной стабилизации деформации образца. Для исключения влияния на сжимаемость грунтов частиц диаметром >2 мм (представленных преимущественно осколками стекла), затрудняющих деформируемость образцов, испытания проводились на грунтах после просеивания. Для этого образцы грунта в воздушно-сухом состоянии просеивались через сито диаметром 2 мм. Просеянные воздушно-сухие образцы увлажнялись до состояния естественной влажности грунтов (74% для пробы №1, 38% для пробы №2). Образец для проведения компрессионных испытаний изготовлялся путем уплотнения грунта до достижения плотности при естественной влажности ρ, равной 1 г/см^3.

Для изготовления образцов в водонасыщенном состоянии проводилось предварительное увлажнение массы воздушно-сухого грунта до заданного состояния способом, аналогичным способу для компрессионных испытаний грунтов с диаметром частиц <2 мм при естественной влажности. Масса воздушно-сухого грунта и необходимое количество воды рассчитывались таким образом, чтобы степень водонасыщения грунта Sr была близка или равнялась 1. В результате в испытаниях участвовала проба №1 с плотностью ρ 1,35 г/см^3 и влажностью W 100%, а также проба №2 с плотностью ρ 1,35 г/см^3 и влажностью W 80%.

В связи с высокой степенью неоднородности грунтов полигона, интерпретация полученных результатов представляется достаточно сложной задачей. Полученные значения одометрического модуля деформации для грунта при естественной влажности, в зависимости от рассматриваемого интервала нагрузки, варьируют от 1,5 до 14,4 МПа в пробе №1 и от 3,0 до 833,3 МПа в пробе №2. По полученным коэффициентам сжимаемости грунт пробы №1 характеризуется как средне- и сильносжимаемый, грунт пробы №2 – от мало- до сильносжимаемого. Зависимости между полученными значениями не наблюдается. Значительное увеличение модуля деформации до 833,3 МПа на ступени нагрузки 1,5 МПа у пробы №2 объясняется началом сжатия прочных стеклянных осколков, присутствующих в испытуемом образце грунта.

Значения одометрического модуля деформации для грунта в водонасыщенном состоянии, в зависимости от рассматриваемого интервала нагрузки, варьируют от 4,3 до 14,4 МПа в пробе №1 и от 5,1 до 833,3 МПа в пробе №2. По полученным коэффициентам сжимаемости грунт пробы №1 характеризуется как средне- и сильносжимаемый, грунт пробы №2 – от мало- до сильносжимаемого. Зависимости между полученными значениями также не наблюдается. Значительное увеличение модуля деформации до 833,3 МПа на ступени нагрузки 1,5 МПа у грунта после грохота также связано с присутствующими в образце стеклянными включениями.

В таблице 3 приведены полученные величины одометрических модулей деформации E_{oed} для исследуемых образцов при начальной ступени вертикального давления – 0,025 МПа.

Таблица 3.

Величины E_{oed} для исследуемых проб грунта, содержащих частицы <2 мм

Наименование пробы		W, %	ρ, г/см^3	Одометрический модуль деформации E_{oed}, МПа (при вертикальном давлении 0,025 МПа)
проба №1	природная влажность	74	1,00	1,5
	водонасыщенное состояние	100	1,35	4,3
проба №2	природная влажность	38	1,00	3,0
	водонасыщенное состояние	80	1,35	5,1

Согласно СП 320.1325800.2017 захоронение ТКО следует проводить послойным чередованием ТКО и инертных материалов [1]. В качестве инертных материалов могут использоваться инертные природные материалы. В рамках настоящей работы проводилось изучение деформационных свойств грунтов для отсыпки при их смешивании с техногрунтом в объемном соотношении 2:1 (2/3 техногрунт + 1/3 грунта), 1:2 (1/3 техногрунт + 2/3 грунта) и 1:1 (1/2 техногрунта + 1/2 грунта). В качестве грунта использовались песок и суглинок при естественной влажности. Компрессионные испытания полученных путем смешивания модельных грунтов проводились аналогично испытаниям «чистого» грунта ТКО (пробы №1 и №2, содержащие только частицы <2 мм). Образцы модельных грунтов для проведения компрессионных испытаний подготавливались путем их уплотнения до достижения максимальной плотности сложения. Полученные величины одометрических модулей деформации E_{oed} для исследуемых образцов при начальной ступени вертикального давления 0,025 МПа приведены в табл. 4.

Таблица 4.

Величины E_{oed} для модельных образцов грунта

Наименование пробы		W, %	ρ, г/см^3	Одометрический модуль деформации E_{oed}, МПа (при вертикальном давлении 0,025 МПа)
проба №1	2/3 техногрунт + 1/3 песок	3	1,35	0,7
	1/3 техногрунт + 2/3 песок	2	1,43	0,6
	1/2 техногрунт + 1/2 песок	3	1,42	0,8
	2/3 техногрунт + 1/3 суглинок	10	1,44	0,9
	1/3 техногрунт + 2/3 суглинок	12	1,87	4,8
	1/2 техногрунт + 1/2 суглинок	18	1,77	1,9
проба №2	2/3 техногрунт + 1/3 песок	8	1,22	2,9
	1/3 техногрунт + 2/3 песок	4	1,38	1,0
	1/2 техногрунт + 1/2 песок	3	1,36	0,5
	2/3 техногрунт + 1/3 суглинок	9	1,45	0,5
	1/3 техногрунт + 2/3 суглинок	13	1,82	1,9
	1/2 техногрунт + 1/2 суглинок	20	1,31	0,5

Полученные величины одометрических модулей деформации небольшие, максимальное значение 4,8 МПа наблюдается в пробе №1 при соотношении техногрунта к глинистому грунту (суглинку) 1:2. Значение в пробе №2 при том же соотношении равняется 1,9 МПа, что также является одним из максимальных полученных значений. В связи с высокой неоднородностью техногрунтов, тенденция к изменению величины одометрического модуля деформации модельного грунта в зависимости от содержания грунта явно не выражается. Для

предварительной оценки степени уплотнения можно ориентироваться на значение плотности модельного грунта после проведения испытания по компрессионному сжатию (табл. 5). Длительность всех испытаний модельных грунтов составляла около 5 месяцев (апрель-август 2025).

Таблица 5. Плотность модельных образцов грунта после проведения испытаний

Наименование пробы		W, %	ρ, г/см^3	ρ после опыта, г/см^3
проба №1	2/3 техногрунт + 1/3 песок	3	1,35	1,43
	1/3 техногрунт + 2/3 песок	2	1,43	1,51
	1/2 техногрунт + 1/2 песок	3	1,42	1,50
	2/3 техногрунт + 1/3 суглинок	10	1,44	1,50
	1/3 техногрунт + 2/3 суглинок	12	1,87	1,88
	1/2 техногрунт + 1/2 суглинок	18	1,77	1,81
проба №2	2/3 техногрунт + 1/3 песок	8	1,22	1,26
	1/3 техногрунт + 2/3 песок	4	1,38	1,45
	1/2 техногрунт + 1/2 песок	3	1,36	1,48
	2/3 техногрунт + 1/3 суглинок	9	1,45	1,54
	1/3 техногрунт + 2/3 суглинок	13	1,82	2,05
	1/2 техногрунт + 1/2 суглинок	20	1,31	1,38

В результате компрессионного сжатия максимальное значение плотности после завершения испытания составляет 2,05 г/см^3 у пробы №2 при соотношении техногрунта к глинистому грунту (суглинку) 1:2. Начальное значение составляло 1,82 г/см^3 , т.е. плотность увеличилась в 1,13 раз в результате сжатия. В остальных соотношениях увеличение плотности происходит в меньшее количество раз (от 1,05 до 1,09), однако глобально во всех исследуемых модельных образцах увеличение плотности после испытания происходит с одинаковой тенденцией.

Таким образом, на данном этапе исследования, глинистый грунт при соотношении техногрунта к как 1:2 достигает наибольших значений плотности. Для дальнейшего расчета плотности пересыпки полигона и подбора оптимальных требований к технологии пересыпки будут проведены дополнительные исследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-27-00364.

Литература.

1. СП 320.1325800.2017. Полигоны для твердых коммунальных отходов. Правила проектирования, эксплуатации, реконструкции и ликвидации (Изм. №1).

2. Laner D. et al. A review of approaches for the long -term management of municipal solid waste landfills // Waste Management. 2012. N 32. C. 498-512. https:// doi.org/10.1016/j.wasman.2011.11.010

FEATURES OF THE PHYSICAL AND PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF THE SOILS AT THE MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL IN THE MOSCOW REGION

E. S. Solomatina[1], T. V. Malikova[2]

[1,2] Moscow, E. M. Sergeev Institute of Geoecology of the Russian Academy of Sciences

[2]Moscow, Lomonosov Moscow State University

e-mail: malikovatv@my.msu.ru

Abstract. The paper presents the results of studies of soils obtained by composting waste at a solid municipal waste landfill in the Moscow region (technological soils). In laboratory conditions, the study of soil particles under a binocular microscope, determination of the natural moisture content of the soil, density of solid particles, content of organic substances, compression tests were carried out. Compression tests were carried out to study the physical and mechanical properties of technological soils. In addition, compression tests were conducted on model soils obtained by mixing landfill soils with sands and loams in various ratios to simulate the actual process of waste transfer.

Keywords: municipal solid waste landfill, composting, technogenic soil, physical properties of organic waste, deformation properties of organic waste.

УДК 556.3 (571.56)

ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ СЕТИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО УЛИЦЕ ХАДЫЖЕНСКОЙ, СТАНЦИИ ВЕСЕЛОЕ, Г. СОЧИ, КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Л.Н. Строгонова, М.П. Тореева

ФГ БОУ ВО Воронежский государственный университет, г. Воронеж,. Россия

Аннотация. В районе сети инженерно-технического обеспечения по улице Хадыженской, станции веселое, г. Сочи проведено изучение инженерно-геологических и гидрогеологических условий с оценкой физико-механических свойств грунтов участка изысканий для возможности использования материалов при осуществлении градостроительной деятельности.

Ключевые слова: свойства грунтов, инженерно-геологический элемент, влажность на границе текучести, влажность на границе раскатывания, нормативные и расчетные значения.

Оценка инженерно-геологических условий (ИГУ) в районе ул. Хадыженской (ст. Весёлое, г. Сочи, Краснодарский край) проводилась с учётом региональных особенностей и изучения данных изысканий. Для анализа инженерно-геологических условий участка были изучены его климат, геоморфологическое положение, гидрографические и техногенные условия, выполнены необходимые расчеты и получены следующие выводы.

Изучаемый участок находится на территории субъекта Российской Федерации, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Хадыженская и расположен в северо-западной части Имеретинской низменности, на побережье черного моря в междуречье рек Мзымта и Псоу. В районе проектируемого строительства поверхность низменности спокойная, ровная, спланированная насыпными грунтами, слабонаклоненная к морю.

Участок расположен в предгорной зоне Кавказа, в зоне влажного субтропического климата. Рельеф – холмистый, возможны перепады высот. На склонах – элювиально-делювиальные отложения (глины, суглинки с включением щебня). В долинах – аллювиальные пески, галечники, возможны слабые водонасыщенные грунты. Встречаются коры выветривания скальных пород (глинистые сланцы, песчаники).

В геологическом строении района работ принимают участие дочетвертичные плиоценовые отложения, перекрытые чехлом четвертичных отложений. В геологическом строении площадки изысканий до разведанной глубины 15,0 м прослеживаются отложения четвертичной (Q) системы. Современные техногенные образования (tQ_{IV}) подстилаются современными пролювиально-делювиальными образованиями ($pd\ Q_{IV}$), залегающими на лагунных (lgQ_{IV}) отложениях.

С учётом генезиса, физико-механических свойств, в соответствии с требованиями в инженерно-геологическом разрезе до глубины 15,0м выделено 5 инженерно-геологических элементов (ИГЭ) и 1 слой (б/н) в стратиграфической последовательности (сверху вниз).

Слой-б/н. Техногенный грунт. Грунты земляного полотна существующих дорог. Асфальт, щебень, песок. Вскрытая мощность от 0,3 до 0,7 м. Грунты слоя б/н не являются грунтами основания проектируемых сооружений. Их физико-механические характеристики не определялись.

ИГЭ-Н. Дисперсный, несвязный, техногенный грунт. Гравийно-галечниковый грунт с супесчаным заполнителем до 40%, местами с включением до 15% валунов (крупнообломочные включения слабовыветрелые, прочные), местами с включением мусора строительного. Грунты ИГЭ-Н распространены практически повсеместно, залегают с поверхности в виде слоя мощностью от 0,5 до 3,6 м. Местами с поверхности покрыты дорожным полотном (асфальт, щебень, песок) мощностью 0,3-0,7 м.

ИГЭ-Н.1. Дисперсный, связный, техногенный грунт. Суглинок тугопластичный, галечниковый, с включением до 30% гальки, местами с включением до 15% валунов (крупнообломочные включения слабовыветрелые, прочные). Грунты ИГЭ-Н.1 вскрыты повсеместно под грунтами ИГЭ-Н. Вскрытая мощность от 0,4 до 2,6 м.

Пролювиально-делювиальные образования (p-dQ_{IV})

ИГЭ-2. Дисперсный связный осадочный минеральный грунт. Глина коричнево-серая, полутвердая, легкая, пылеватая, местами с включением гравия и гальки до 15%, с гнездами ожелезнения. Имеют сплошное распространение, залегают под насыпными грунтами. Вскрытая мощность от 0,2 до 5,1 м.

ИГЭ-3. Дисперсный связный осадочный минеральный грунт. Глина зеленовато-серая, тугопластичная, легкая, пылеватая, с железистыми вкраплениями. Распространена повсеместно, залегает под глинами полутвердыми ИГЭ-2. Вскрытая мощность от 2,7 до 7,0 м.

Лагунные отложения (lgQ_{IV})

ИГЭ-4.1. Дисперсный связный осадочный минеральный грунт. Глина серая, тугопластичная, легкая, пылеватая, с примесью органического вещества (Ir=5,0 %), с гнездами торфа, с тонкими прослоями пылеватого песка.

Вскрыта под глинами ИГЭ-3. Вскрытая мощность от 1,4 до 4,1 м.

Физико-механические характеристики грунтов техногенного слоя не изучались, т.к. из-за неоднородного состава и сложения не могут использоваться в качестве естественного основания фундаментов и подлежат удалению.

По коэффициенту истираемости K_{fn} крупнообломочные включения в грунтах ИГЭ-Н и ИГЭ-Н.1 характеризуются как прочные (ГОСТ 25100-2020).

По коэффициенту выветрелости K_{wrh} крупнообломочные включения в грунтах ИГЭ-Н и ИГЭ-Н.1 характеризуются как слабовыветрелые (ГОСТ 25100-2020).

Грунты ИГЭ-Н и ИГЭ-Н.1 по относительной деформации набухания относятся к ненабухающим. Грунты ИГЭ-2, 3, 4.1 – залегают ниже уровня грунтовых вод. Характеристики набухания для них не определялись.

При анализе исходного материала был проведен анализ корреляционной зависимости между физико-механическими показателями грунтов. Для изучения характера изменчивости свойств грунтов, в пределах выделенных ИГЭ, использовались характеристики пластичности (пределы и число пластичности), коэффициент пористости и естественная влажность.

По исходным данным были построены графики изменчивости свойств с глубиной. Согласно ГОСТ 20522-12, характеристики грунтов в каждом предварительно выделенном ИГЭ анализируют с целью установить и исключить значения, резко отличающиеся от большинства значений, если они вызваны ошибками в опытах или принадлежат другому ИГЭ.

Изучив график зависимости коэффициента пористости от глубины мы обнаружили отрицательную корреляционную зависимость только у ИГЭ –Н (Рис. 1).

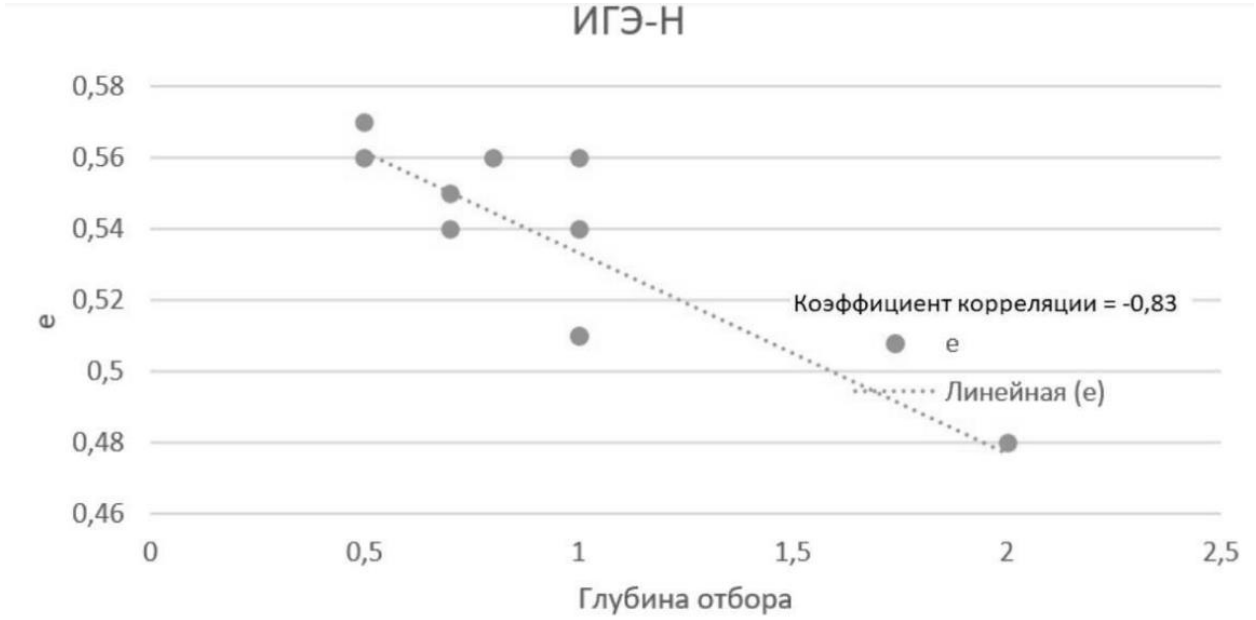


Рис. 1 График зависимости коэффициента пористости от глубины (ИГЭ-Н).

Анализ полученных графиков позволяет сделать вывод, что характеристики грунта изменяются в пределах выделенных ИГЭ случайным образом (незакономерно), разброс значений минимальный.

Подземные воды на изучаемой площадке распространены повсеместно и приурочены к насыпным грунтам. На территории высокий уровень грунтовых вод (УГВ) из-за обильных осадков. Возможны сезонные подтопления, верховодка.

Выявленные опасные процессы: оползневая активность (особенно на склонах), а так же эрозия почв и подмыв фундаментов.

В связи с этим есть риски и ограничения для сети инженерно-технического обеспечения:

- Для прокладки подземных коммуникаций:

- Высокая коррозионная активность грунтов и вод (из-за глин и высокой влажности).
- Необходимость дренажа из-за подтоплений.
- Опасность смещений при оползнях.

- Для строительства зданий и сооружений:

- Неравномерные осадки на склонах.
- Необходимость усиленных фундаментов (сваи, глубокое заложение).

На основании полученных результатов можно дать следующие рекомендации:

Инженерная защита:

- Устройство дренажных систем для отвода грунтовых вод.
- Применение антикоррозионных покрытий для труб и кабелей.
- Укрепление склонов (габионы, подпорные стенки).

Конструктивные решения:

- Использование свайных фундаментов в зонах слабых грунтов.
- Гибкие соединения трубопроводов для компенсации возможных подвижек.

В связи с выше изложенным можно сделать вывод, что участок относится к усложнённым условиям из-за:

- Высокой влажности и оползневой опасности.
- Необходимости специальных мер защиты коммуникаций.

Литература

1. Батурина А.Н., Горячев М.И. и др. Инженерно-геологическая карта Краснодарского края и республики Адыгея масштаба 1:200 000. Пояснительная записка. Фонды краевого комитета по архитектуре и градостроительству, Краснодар, 1997.
2. ГОСТ 20522-96 «Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
3. СП 47.13330.2016 ≪Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.
4. СП 11-105-97 ≪Инженерно-геологические изыскания для строительства≫. Часть 1, 2. Москва, 1997г.
5. СП 50-101-2004. ≪Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений≫. Москва, 2004.
6. СП 22.13330.2016≪Основания зданий и сооружений≫. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83.
7. СП 28.13330.2017 ≪Защита строительных конструкций от коррозии≫. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-84.
8. СП 131.13330.2020 ≪Строительная климатология≫. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*.
9. СП 14.13330.2018 ≪Строительство в сейсмических районах≫. Актуализированная редакция СНиП II-7-81.

ASSESSMENT OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS IN THE AREA OF ENGINEERING AND TECHNICAL SUPPORT NETWORK ON KHADYZHENSKAYA STREET, VESELOYE STATION, SOCHI, KRASNODAR KRAI

L.N. Strogonova, M.P. Toreeva
Voronezh State University

In the area of the engineering and technical support network on Khadyzhenskaya Street, Veseloye Station, Sochi, the engineering and geological and hydrogeological conditions were studied, and the physical and mechanical properties of the soils of the survey area were assessed to determine whether the materials could be used in urban planning activities.

Keywords: soil properties, engineering and geological element, moisture at the текучести, moisture at the rolling, regulatory and design values.

УДК 550.9

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА РЕКИ ДОН В ГОРОДЕ ПАВЛОВСК, ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ

С.А.Усенко, И.И Косинова, М.А.Гамуева
ФГ БОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж. Россия
МБОУ СОШ №29 г. Воронеж, Россия

Аннотация. В статье представляются материалы эксперного обследования противооползневых сооружений берегового склона р.Дон в г.Павловск. Отмечается каскадность сооружений, включающая шпунтовую засеву в береговом склоне, габионовое закрепление на высоте 5 метров, укрепление верхней бровки откоса глинистым грунтом с трамбовкой. Часть склона, располагающаяся ниже по течению относительно г.Павловска, представляет собой зону оползневой опасности. Основным элементом защиты здесь являются волноломы.

Ключевые слова: оползень, склон, река, режим, динамика, инженерные сооружения, эффективность

Оползни представляют собой одно из наиболее актуальных и опасных природных явлений, способных оказывать значительное влияние на экологическую и социально-экономическую обстановку в регионах, где они происходят. Город Павловск, расположенный

на берегу реки Дон не является исключением. Изменения уровня воды в реке, колебания температуры и частота и количество осадков, а также антропогенное воздействие, оказывают значительное влияние на стабильность оползневого склона. Строительство,геологические процессы и другие вмешательства могут привести к увеличению эрозии и тем самым активизировать оползневые процессы. Павловска в 2006 году в составе проекта «Первоочередные регулирующие мероприятия на реке Дон у города Павловск», было построено гидротехническое сооружение, перекрывающее протоку «Басовский рукав». Оно представляет собой каменно-земляную плотину с устроенным в ней водосбросом. Основные характеристики сооружения: длина по гребню – 181 м, максимальная высота – 12,7 м, ширина по гребню – 14,0 м, водопропускное сооружение из стальных труб диаметром 1,22 м, длиной 85 м погонных, в 3 нитки [1].

Создание плотины привело к существенному увеличению паводочных расходов воды по основному руслу, следствием чего стал интенсивный размыв и активизация оползневых процессов на левом берегу р. Дон в районе г. Павловска сопровождающийся отступлением верхней бровки береговой полосы с интенсивностью от 1,8 до 6,0 м в год [2]. При этом на отдельных участках селитебной территории г. Павловска обрушение береговой бровки за период эксплуатации плотины приблизилось к жилым застройкам на расстояние от 6 до 10 м, съедание бровки достигало 30 м.

Целью настоящих исследований стал анализ эффективности противооползневых инженерных сооружений, построенных в г.Павловске для защиты берега от оползания. Развитие данных процессов, а также все элементы инженерной защиты представлены на рис. 1.

В ходе исследования были исследованы следующие противооползневые мероприятия в городе Павловск:

1)Шпунтовая завеса - используется для защиты от оползней в строительстве (рис.2). Это конструкция из шпунтовых свай, которые погружаются в грунт и соединяются в сплошной защитный экран.

Шпунты создают механическое препятствие для оползней, распределяют давление грунта и предотвращают его смещение. Это позволяет:

- снизить сдвигающие силы внутри массива грунта;
- зафиксировать подвижные слои почвы;
- исключить размывы при обильных осадках.

Рис.1. Оползневые процессы и элементы инженерной защиты склона

Рис.2.Шпунтовая завеса в береговой части склона

2) Габионы – металлические сетчатые конструкции, заполненные камнем, галькой, щебнем, их используют для защиты склонов от оползней и обвалов (рис.3).

Рис. 3. Габионы в склоне р.Дон

Их основное предназначение:

- удерживают массу грунта и камней, снижают риск схода оползня;
- могут быть установлены в несколько ярусов, тем самым создать надежную подпорную систему

Некоторые виды габионов:

Коробчатые — в форме параллелепипеда, дополнительную прочность придают диафрагмы — сетчатые перегородки.

Цилиндрические — особенность — отсутствие рёбер жёсткости, большая гибкость. Укладывают в основания подпорных стен и гидротехнических сооружений для защиты от подмыва.

Матрасно-тюфячные — благодаря небольшой высоте (до 30 см) легко адаптируются к любым формам береговой линии. Предназначены для обустройства фундаментов под гидротехнические сооружения.

На исследуемом склоне реализована система коробчатых габионов, удерживающих склон в наиболее опасном участке перегиба реки.

3) Волноломы – искусственное сооружение, которое устраивают параллельно берегу на небольшом от него расстоянии. Он способен уменьшать энергию волны и удерживать нанос в около береговой зоне (рис.4). Данный способ защиты склона применен в северной части склона, располагающейся вне основных застроек г.Павловска. Часть склона, располагающаяся ниже по течению относительно г.Павловска, представляет собой зону оползневой опасности. Основным элементом защиты здесь являются волноломы.

Рис. 4 – Волноломы берега реки Дон

4) Искусственное уплотнения верхней части оползневого склона произведено глинистым грунтом в с последующим его уплотнением.

Выводы: проведенная экспертная оценка инженерных сооружений оползневого склона р.Дон выявила их эффективность при уровнях паводков 2015-2025гг. Каскадная система сооружений может противостоять паводковым воздействиям и более высокого уровня. Данное заключение подтверждается результатами опросоав местных жителей, проживающих по ул.Красный пахарь, располагающейся на бровке оползневого склона. Негативные элементы оползневых процессов не фиксируются. Активная часть оползня развивается ниже по течению р.Дон вне основных застроек г.Павловска.

Литература

1. Разиньков Н.Д., Титова С.Л. Процессы руслоформирования как фактор экзогенного риска // Гелиогеофизические исследования, 2015

2. Богомолов А.В., Лепехин А.П., Туинов А.А. Использование численных гидродинамических моделей для оценки эффективности проектных решений по защите берегов (на примере реки Дон в районе города Павловска). Водное хозяйство России №1, с. 50-57, 2014.

ASSESSMENT OF THE STATE OF THE LANDSLIDE SLOPE OF THE DON RIVER IN THE CITY OF PAVLOVSK, VORONEZH REGION

Usenko S.A., Kosinova I.I.

Voronezh State University, Russia

Annotation. The article presents the materials of an expert survey of anti-landslide structures on the coastal slope of the river.Don in Pavlovsk. Cascading structures are noted, including tongue-and-groove seeding in the coastal slope, gabion anchoring at a height of 5 meters, and strengthening the upper edge of the slope with clay soil with tamping. The part of the slope located downstream relative to Pavlovsk is a landslide hazard zone. The main element of protection here are breakwaters.

Keywords: landslide, slope, river, regime, dynamics, engineering structures, efficiency.

УДК 624.131.3

А ЧТО В БУДУЮЩЕМ?

С. И. Фонова, Р.А. Лучников
sveta.27@mail.ru
Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж Россия

Аннотация: Статья посвящена размышлению о перспективах развития строительства, экологической безопасности.

Ключевые слова: дом, современное строительство, экологическая устойчивость, благополучное и устойчивое будущее.

Вы когда-нибудь задумывались как изменился дом человека спустя многие века? От обычной землянки и избёнки до многоэтажек и небоскребов. Дома строятся выше и шире тем самым вмещая в себя больше людей. Это связано с тем, что население земли растет и каждому человеку нужно место для проживания.

Таким вопросом задались и мы во время прогулки в новом микрорайоне нашего города. Ведь если посмотреть на наш город, то можно встретить много разнообразных зданий. Новые дома обладают множеством положительных качеств, особым стилем и быстротой сборки. Они возвышаются над старыми зданиями. Поэтому мы решили поразмышлять над тем, как будут выглядеть новые дома в будущем.

По нашей точки зрения в будущем дома будут намного выше, чем в настоящий момент. Крыши таких домов покрыты солнечными панелями, которые собирают дополнительную электроэнергию. Эта энергия поступает в резервные генераторы дома, которые при отключении электричества будут снабжать дом электрическим током.

В таких домах нельзя будет использовать газовые плиты, так как это не безопасно. Поэтому в них будут использоваться электрические плиты. Также предполагается что в будущем люди сменят тросовые лифты на более быстрые модели. Уже сегодня немецкий концерн ThyssenKrupp представил модель будущих электромагнитных лифтов. Предполагается такие лифты будут намного быстрее. Они смогут двигаться не только по вертикали, но и по горизонтали, и занимать меньше места. В одной шахте будет несколько кабинок. Это позволит людям не ждать долго своей очереди.

Дом сам будет о себе заботиться. В оговоренное жильцами время будет проводиться дезинфекция самим домом. Также он сам будет оценивать состояние конструкции и при необходимости сообщать домоуправляющую компанию. Чтобы войти в такой дом нужно либо быть его жителем, либо быть знакомым с кем-то из жильцов. На входе в дом будут стоять железные двери с умным домофоном. Вместо электронного ключа, который мы сейчас используем, будет задействована биометрия. Отпечатки пальцев жильцов будут храниться в базе данных дома. Для того чтобы кто-то другой зашел в дом нужно разрешение проживающего. Такая система будет устанавливаться на входе в квартиру.

Уже в настоящее время возникла проблема с парковании своего транспортного средства. Подземная парковка позволит избежать возникновения такой проблемы для жильцов. Также там будет рассчитано дополнительное количество мест для гостей и курьеров.

В этой статье мы представили, как возможно будет выглядеть многоэтажный жилой дом. Никто не знает, что произойдет завтра. Возможно, мы откажемся от электроэнергии и бензина и будем использовать новый вид топлива. Или нам придется переселиться на Марс, так как наша Земля станет не пригодной для жизни. Или люди отдадут доставку еды, почты и прочего дронам, чтобы доставить товар. А будущим строителям придется решать эти проблемы.

Современное строительство стоит перед множеством вызовов и задач, среди которых одним из наиболее значимых является необходимость обеспечения экологической устойчивости.

Тем не менее, возникает вопрос: как же научно-технический прогресс может помочь нам преодолеть эти вызовы и двигаться в сторону устойчивого будущего?

1. Расширение научных исследований в области экологии. Благодаря научным открытиям и инновациям появятся новые методы и технологии для защиты окружающей среды, эффективного использования ресурсов и создания зеленых технологий.

2. Внедрение в мировое общество Экологическое образование. Каждый житель планеты должен осознать важность экологических проблем. Чем больше людей будут информированы о проблемах экологии и путях их решения, тем больше шансов, что изменения начнутся с каждого дома, каждого человека.

3. Развитие промышленности проводить с позиции экологичности, ответственности, а не только выгоды. Внедрение устойчивых технологий, переработка отходов и использование чистой энергии становятся частью корпоративной стратегии

4. Законодательная поддержка в реализации идеи устойчивого развития на государственном уровне. Законы и нормативы, стимулирующие экологическую ответственность и внедрение зеленых технологий.

Экологические инновации коснутся многих аспектов нашей жизни, от продуктов питания и транспорта до энергосбережения в вашем доме. Начните с мелочей: экономьте воду и электроэнергию, выбирайте экологически чистые продукты, используйте общественный транспорт или велосипед и поддерживайте инициативы по устойчивому развитию в нашем сообществе.

В заключение, на пути к устойчивому развитию нам предстоит решить множество проблем. Однако с помощью научно-технического прогресса, правильного образования и поддержки со стороны государства, мы можем преодолеть экологические вызовы и создать основу для благополучного и устойчивого будущего.

Научное издание

IX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Экологическая геология: теория, практика и
региональные проблемы»

Под редакцией профессора, доктора геолого-минералогических наук И.И.Косиновой

г.Воронеж-г. Севастополь
10-13 сентября 2025г.