ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ

Сборник материалов
XI Международной научной конференции

15-17 октября 2025 года

2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Сборник материалов XI Международной научной конференции

г. Белгород, 15–17 октября 2025 года

Белгород 2025

УДК 504.062+502.3(470+1-854)
ББК 28.081+20.1
П 78

Печатается по решению редакционно-издательского совета института наук о Земле НИУ «БелГУ» (протокол № 3 от 02.10.2025)

Рецензенты:

Л.Г. Смирнова, доктор биологических наук, профессор, ученый секретарь ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»;

А.Г. Корнилов, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности института наук о Земле НИУ «БелГУ»

Организационный комитет:

И.М. Игнатенко (председатель),
Т.А. Полякова (сопредседатель), А.Г. Нарожняя (секретарь)

П 78 Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях: сборник материалов XI Международной научной конференции (г. Белгород, 15–17 октября 2025 года) / под ред. А.Г. Нарожней. – Белгород: ЦПП ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2025. – 644 с. – URL: http://dspace.bsuedu.ru/handle/123456789/65468 – Текст: электронный.

ISBN 978-5-9571-3928-7

В сборнике материалов научной конференции рассматриваются актуальные проблемы, связанные с использованием природных ресурсов и экологической ситуацией в России и соседних государствах. Анализируются перспективы устойчивого развития регионов, обсуждаются возможности совершенствования способов управления природопользованием, новые подходы и технологии рационального природопользования и ресурсосбережения. Особое внимание уделяется рассмотрению региональных геоэкологических проблем и ситуаций, теоретическим и практическим вопросам экологической диагностики территорий, использования геоинформационных систем, инженерно-экологическим проблемам недропользования.

Сборник рассчитан на широкий круг научных работников, специалистов-экологов, преподавателей высшего и среднего образования, аспирантов и всех интересующихся экологической проблематикой.

Минимальные системные требования
Yandex (20.12.1) или Google Chrome (87.0.4280.141) и т. п.
скорость подключения – не менее 5 Мб/с, Adobe Reader и т. п.

УДК 504.062+502.3(470+1-854)
ББК 28.081+20.1

ISBN 978-5-9571-3928-7

© НИУ «БелГУ», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Андросенко А.А. ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДЛЯ ЭКОМОНИТОРИНГА 10
Анищенко Л.Н. К ОЦЕНКЕ СОЗОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА МОХООБРАЗНЫХ ЦЕНТРА СТАРООСВОЕННОГО РЕГИОНА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СТЕПЕНИ УЯЗВИМОСТИ ВИДОВ 15
Анциферова Г.А., Русова Н.И. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГУБКИН-СТАРООСКОЛЬСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА ПО ФИТОПЛАНКТОНУ (БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ) 21
Белоусова Л.И., Киреева-Гененко И.А., Павлоцкая И.П., Гененко М.А. ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ ВОЛОКОНОВСКОГО РАЙОНА: ОСОБЕННОСТИ И ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ 26
Боева А.С., Баранова А.А., Потапова Э.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ НИТРАТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПИТЬЕВЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ 33
Бондарь А.А., Фархадова Ш., Атанова К.Ю. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ООПТ «ЧУБОВСКАЯ СТЕПЬ» (КИНЕЛЬСКИЙ РАЙОН, САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ) 37
Вендина Т.Н., Серый С.В. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАЩЕНИЯ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ОТХОДАМИ: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ (НА ПРИМЕРЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗАО «РУССКИЕ ПРОТЕИНЫ») 41
Вендина Т.Н., Яценко А.А., Заздравных А.Л. СЕТЬ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 45
Герасименко П.С., Погорелова Н.С., Куканчик С.В., Семушина Л.Н., Коновалова М.И., Можаева М.Л. ДИНАМИКА УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ СТРОНЦИЙ-90 И ЦЕЗИЙ-137 В ПОЧВАХ РЕПЕРНЫХ УЧАСТКОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ 49
Голеусов П.В., Морабандза К.-Б., Ермолаева А.Е. ЭКСПЕРИМЕНТ ПО НАКОПЛЕНИЮ ГУМУСА В ПОЧВОГРУНТЕ С РАЗНЫМ ИСХОДНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА 53
Гордеева Н.В. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ФИНАНСОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ: РИСКИ, УГРОЗЫ И МЕРЫ ЗАЩИТЫ 57
Джапова Р.Р., Бембеева О.Г., Джапова В.В., Аюшева Е.Ч. ОЦЕНКА КОРМОВЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ВЫПАСАЕМЫХ ЖИВОТНЫХ – ВАЖНЫЙ ФАКТОР РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАСТБИЩ 62
Димитриев А.В. ФИТОМОНИТОРИНГ ЗА РАСПРОСТРАНЕНИЕМ ЛЮПИНА МНОГОЛИСТНОГО (LUPINUS POLYPHYLLUS LINDL. (1827) (FABACEAE) В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ В 2025 ГОДУ 67
Димитриев А.В. АВТОДОРОЖНЫЙ ФИТОМОНИТОРИНГ ЗА РАСПРОСТРАНЕНИЕМ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (HERACLEUM SOSNOWSKYI) (UMBELLIFERAE) В ТРЁХ РЕСПУБЛИКАХ ПОВОЛЖЬЯ В 2025 ГОДУ 73

Дудкин И.В. АЛЬТЕРНАТИВА ХИМИКО-ТЕХНОГЕННОМУ ПУТИ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ 78
Дудкин И.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ 85
Дурманова К.А. ПРИРОДНЫЕ РЕКРЕАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 92
Ергина Е.И., Рубцов Н.Н. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО КРЫМА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ 97
Жабин М.А., Мухина С.В., Теслина Е.В., Гребенюкова Г.А. ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ 105
Жабин М.А., Мухина С.В., Калашникова Л.Г. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ЮГО-ВОСТОЧНЫХ И ЮЖНЫХ РАЙОНОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ 110
Земскова Л.А., Анищенко Л.Н. К ОЦЕНКЕ НАТУРАЛИЗАЦИИ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ДЕКОРАТИВНЫХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВИДОВ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ 114
Ильина В.Н., Козловская О.В., Рогова Н.А. ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ПЕТРОФИТНЫХ СТЕПЕЙ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ НЕКОТОРЫХ ООПТ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ) 120
Киреева-Гененко И.А., Белоусова Л.И., Гененко М.А. ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АГРОЭКОСИСТЕМ 124
Киселев В.В., Корнилов А.Г., Корнилова Е.А., Раевская М.В. КРАТКИЙ ОБЗОР ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ РЕК БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В РАЙОНАХ ИНТЕНСИВНОГО ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА 130
Ковалева А.С. ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ АДАПТАЦИЙ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КРУПНОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКА) 134
РЕГИОНА Котельникова Н.Д., Рогова Н.А., Пичугин П.Е. СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ КИНЕЛЬСКОГО РАЙОНА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ООПТ 141
Кочемасов К.В., Жигулина Е.В. ПАСЕЧНЫЕ ЛАНДШАФТЫ ООО ИМЕНИ ТЕЛЬМАНА СЕЛА АНОШКИНО ЛИСКИНСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ 145
Медяник Н.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИМПЕРАТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО МАКРОРЕГИОНА 151
Мырадов П.С. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 155
Косенко Т.Г. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГИОНА 159
Кузьмин К.А., Панков С.В., Буковский М.Е. ОЦЕНКА РИСКОВ РАЗВИТИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ 164
Лебедев А.А. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ Г. СТАВРОПОЛЯ ПО ДАННЫМ ДДЗ ИЗ КОСМОСА 169
Михайлов А.Г. КРУИЗНЫЙ ТУРИЗМ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ АРКТИКИ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ 176

Павлоцкая И.П., Юдина Ю.В., Дроздова Е.А. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ТРАВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 181
Пашкевич А.А., Савенок Н.С., Лихачева А.В., Казимирская Е.Н. АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ НЕТОПЛИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ 187
Петров Ю.В. ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СУБЪЕКТОВ РФ В ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 195
Полещук Е.С., Анищенко Е.И. МИКРОПЛАСТИК И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ Г. БРЯНСКА 199
Пригорща А.А. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ В ООПТ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ 203
Рагулина О.П. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ МЕСТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОЙ ДОБЫЧИ ОБЩЕРАСПРОСТРАНЁННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ВРЕД, ПРИЧИНЁННЫЙ НЕДРАМ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 206
Родионова М.Е., Спесивцева А.Д.ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ФЛОРЫ И ФАУНЫ РЕКИ ВОРСКЛЫ И НА ЕЕ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ 214
Сорокин И.Б., Валетова Е.А. СОХРАНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ 223
Ткачев Е.В. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ С 2010 ПО 2024 ГГ. БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ 228
Фу Вэньсинь, Чжан Ци, Пужихина А.Е., Ледяева В.С. КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА: РАЗРАБОТКИ КОМПАНИИ HUAWEI 233
Харитонов А.Ю. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА СМЕРТНОСТЬ НАСЛЕНИЯ В РЕГИОНАХ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА 238
Хайруллина Д.Н. О ВЛИЯНИИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА СТРУКТУРУ СТОКА ИОНОВ ПОДВИЖНЫХ ВОДНЫХ МИГРАНТОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕК СЕВЕРА РУССКОЙ РАВНИНЫ) 242
Чендев Ю.Г., Геннадиев А.Н., Тишков А.А., Талджеббини А.А., Смирнова М.А., Нарожняя А.Г., Скоков М.А., Скокова Н.А. ГЕОБОТАНИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАРОГО ВЫГОНА – СЕНОКОСА НА ЮГЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ 247
Широнина А.Ю., Орлов В.Д. ОЦЕНКА АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА 253
Asgarova Leyla A., Hajiyeva J.A. ECOLOGICAL EVALUATION OF SOIL FACTORS AFFECTING IRIS SPECIES DISTRIBUTION IN WESTERN AZERBAIJAN 259

2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И СИТУАЦИИ

Вампилова Л.Б. ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ И ДИАГНОСТИКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ 266
Гаврилов О.Е., Миронов А.А., Димитриев А.В., Житова Е.Н., Миронов Д.А. МАТЕРИАЛЫ К ПРИРОДНО-РЕСУРСНОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ 273
Говоркова С.Б., Орлов П.М., Аканова Н.И., Корнейко Н.И. ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ 278

Гусева О.А. ОТРАЖЕНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
В ПУБЛИКАЦИЯХ НА ПЛАТФОРМЕ RESEARCHGATE (ЗА 2025 г.) 284
Дроздова Е.А., Титов Б.О. ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТНЫХ ЗОН СЕЛЬСКИХ
ПОСЕЛЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: ОПЫТ
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 291
Думанский Д.В. ФОРМИРОВАНИЕ ШУМОВОЙ ТРЕВОЖНОСТИ
У СОВРЕМЕННОГО ПОКОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ 297
Калдыбаев Н.А., Панфиленко Т.Г., Жунусалиева А.К., Токтомуратова Г.Ш.
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЙМЫ РЕКИ КОК-АРТ
В ЧЕРТАХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ 302
Крымская А.А. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
НА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 306
Крымская О.В. ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
НА РЕЖИМ СТОКА Р. СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ 311
Крымская О.В., Колесникова Д.С., Скрит Е.С. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ
АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ
ОБЛАСТИ 314
Куролап С.А., Боева А.С., Нестеров Ю.А. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ РИСКАМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ 320
Кушнов И.Д., Темботов Р.Х., Нехаев И.О. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ЗАГРЯЗНЕНИЯ КРИОКОНИТОВ И ПОЧВ РЕКРЕАЦИОННО-НАГРУЖЕННЫХ
УЧАСТКОВ ПРИЭЛЬБРУСЬЯ И ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ ТЯЖЕЛЫМИ
МЕТАЛЛАМИ 326
Лисецкий Ф.Н., Ткачев В.В. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ
ФОРМИРОВАНИЯ РАЗНОВРЕМЕННЫХ ПОЧВ В ГОРНОРУДНЫХ
ЛАНДШАФТАХ БАССЕЙНА РЕКИ СРЕДНЯЯ КАРГАЛКА (ОРЕНБУРГСКАЯ
ОБЛАСТЬ) 332
Манжина С.А., Власов М.В., Красовская Н.Н. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ С СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ
ВОДОСБОРОМ НА ЛЕВОБЕРЕЖЬЕ НИЖНЕГО ДОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
КОНТРОЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ 339
Матешева А.В., Лысова О.В. АНАЛИЗ ПЫЛЕВОЙ БУРИ НА ЮГЕ РОССИИ
В 2024 ГОДУ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛИ WRF-CHEM 345
Морабандза К-Б., Мбонги Монджо И.А.ОЦЕНКА ЗАСОЛЕНИЯ
И РН ТРАНЗИТОРНЫХ ДЕПОНИРУЮЩИХ СРЕД УРБОГЕОСИСТЕМЫ
БЕЛГОРОДА 350
Нгуен Ч.Х., Куролап С.А. АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЖИВОТНОПРОИЗВОДСТВА
НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ВЬЕТНАМА КАК АСПЕКТ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ 354
Полетаев А.О. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА МУТНОСТИ
ВОДЫ БЕЛГОРОДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА 360
Полякова Т.А., Благочевская П.С. АНАЛИЗ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА В БАССЕЙНЕ
РЕКИ ВЕЗЕЛКА (БОЛХОВЕЦ) НА ОСНОВЕ НОМЕНКЛАТУРЫ CORINE 364
Раевская М.В., Корнилов А.Г., Киселев В.В., Колмыков С.Н. ПОДХОДЫ
К ЗОНИРОВАНИЮ ВОДОСБОРОВ В РАМКАХ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗ БИОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 370
Разенков П.И., Корнилов А.Г. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ГОРОДЕ БЕЛГОРОДЕ 376

Семакина А.В. КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ КОРРЕКТНОСТИ КАРТ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА 382
Сутормина Э.Н. ОСОБЕННОСТИ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРИ ВЕДЕНИИ КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СТАРВОПОЛЬСКОГО КРАЯ) 390
Терехин Э.А. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕСИСТОСТИ ОВРАЖНО-БАЛОЧНОЙ СЕТИ НА ЮГЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ 394
Титов А.А. КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ АНИМАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ 398
Удовиченко П.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВА СКЛАДА АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПОИСКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ 403
Хуан Лихуа БИОЛОГИЧЕСКОЕ НАКОПЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ ПОЧВА–РАСТЕНИЕ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И СТРУКТУРЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ (РАЙОН КМА) 409
Чендев Ю.Г., Курбанова Ф.Г., Пузанова Т.А. КАРБОНАТНЫЕ ПРОФИЛИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ КАК ИНДИКАТОРЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В СТЕПНЫХ И ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ 416
Шешницан Т.Л. РОЛЬ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РЕГУЛЯЦИИ ПОТОКОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ НАГОРНОЙ ДУБРАВЫ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ 421
Эльман К.А., Срыбник М.А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ГАЗА НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ 425

3. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЦИОНАЛЬНОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ

Аразова Н.М., Белова А.В. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ СОЦИАЛЬНОЙ ДОГАЗИФИКАЦИИ 430
Башевая Т.С. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ 434
Вендин Д.Н., Жегулина М.А., Ховрах Е.Ю. ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ КАК УГРОЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 440
Власов Ю.С. АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОПУСТЫНИВАНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ 444
Демиденко Е.С., Лихачева А.В. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАГНИТНЫЕ СОРБЕНТЫ ИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 451
Казакова Ю.П. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА 456
Карташова Д.А., Вершинин Д.А. ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ 462

Катин В.Д., Журавлев А.А. ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ПО СОЗДАНИЮ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЖИГАНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА В НЕФТЕЗАВОДСКИХ ПЕЧАХ С ПОДАЧЕЙ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ РЕЦИРКУЛЯЦИИ В ТОПКУ И В ДУТЬЕВОЙ ВОЗДУХ 466
Ковалева К.Д. ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕЙ ПЫЛЬЮ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА 470
Лобойко М.В., Бурлака С.Д. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА BITCOIN И ТРАДИЦИОННЫХ БАНКОВСКИХ СИСТЕМ 474
Малышева Е.С., Малышев А.В., Костин И.Г. АНАЛИЗ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНДЕКСА ОКУЛЬТУРЕННОСТИ 479
Мельник М.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ И БЕДНОГО СЫРЬЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫХ РЕСУРСОВ 489
Мишаков Д.А., Нитенко В.И. РАНЖИРОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО КРИТЕРИЯМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ 496
Мун Д.В., Морозова О.А. СТРАХОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА: АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИИ СТРАХОВЫХ ПРОДУКТОВ И КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ 501
Мырадов П.С. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ И РЕАБИЛИТАЦИИ ГЕОСИСТЕМ 508
Полушковский Б.В., Белова А.В. ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В АНАЛИЗЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПЕТРОВСКОГО ОКРУГА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ 512
Руденко Е.Ю. ТРАНСФОРМАЦИЯ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННОГО ЧЕРНОЗЕМА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПИВОВАРЕННЫХ ОТХОДОВ 518
Сировадко Н.А., Петров Ю.В., Кочуров Б.И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИНДЕКСА DRSEI ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ НАРЬЯН-МАР И ХАНТЫ-МАНСИЙСК 2000–2025 ГГ. 523
Строчков А.О. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОХРАНЫ ТРУДА И ЭКОЛОГИИ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ 531
Стурман В.И., Логиновская А.Н., Пищугина А.Д. КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ – НОВЫЙ РАЗДЕЛ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ 535

4. ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Вереитин Н.А. АНАЛИЗ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ ВОДОЗАБОРА УЧАСТКА НЕДР НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 542
Ермолович О.В. ТЕХНОГЕННЫЕ ОТХОДЫ В ЗАКЛАДОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ 549
Кушнерчук В.В., Хаустов В.В., Игнатенко Е.М. ИЗУЧЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОССТАЮЩИХ ДРЕНАЖНЫХ СКВАЖИН ПРИ ОСУШЕНИИ КАРЬЕРА МИХАЙЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА 554
Мырадов П.С., Агаев А.Я. МОНИТОРИНГ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ 563
Ростовцева А.А., Лубенская О.А. МОНИТОРИНГ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА КАРЬЕРАХ КМА 567

Храмцов Б.А., Бабушкин К.С. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ КРУПНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ НА ОТВАЛАХ 572

5. МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

Агвердиева Н.С. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ: ВЫЗОВЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ В СОВРЕМЕННУЮ ЭПОХУ 578
Бабич Ю.С. СОВРЕМЕННЫЕ ПАРКОВЫЕ ТЕРРИТОРИИ КАК ИНСТРУМЕНТ СОХРАНЕНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ Г. БЕЛГОРОДА) 583
Бабушкин К.С. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭРОЗИОННЫХ РИСКОВ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИНОГРАДНИКОВ КРЫМА 586
Гречишников Е.Н. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И МОНИТОРИНГ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 591
Ибриев Д. М-Э. О СОСТОЯНИИ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ 596
Кириченко Е.В. ПРОБЛЕМЫ ДЕГРАДАЦИИ БЕРЕГОВЫХ МОРСКИХ ЛИНИЙ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ПОБЕРЕЖИЙ 600
Поздняков П.Н. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТРОПА В СУРГУТЕ: ИННОВАЦИОННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА 606
Пустовая И.А., Чендев Ю.Г. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ПОЧВ ДЛЯ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ 610
Сафонов К.А. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА: ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ И МЕРЫ БОРЬБЫ 614
Семенов М.Ю. ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ КАДАСТРОВЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНОГО СООРУЖЕНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ 618
Шевченко Е.М., Белова А.В. КОМПЛЕКС ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ 623
Шерашова Я.А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ 626
Щербакова М.И. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ 632
Tioban S., Kornilov A.G. CLIMATE IN AFRICA 638

1. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

УДК 504.45 (574.5)

ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДЛЯ ЭКОМОНИТОРИНГА

Андросенко А.А.

E-mail: androsenkoalbina@gmail.com
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», Брянск, Россия

В статье представлены результаты комплексного экологического мониторинга водных объектов Брянской области, проведенного в 2025 году. Исследование охватило природные и искусственные водоёмы. Анализ физико-химических и органолептических показателей выявил значительные различия в их экологическом состоянии.

Ключевые слова: экомониторинг, гидрохимия, качество вод, Брянская область.

Водные ресурсы Брянской области играют ключевую роль в обеспечении экологического баланса, хозяйственной деятельности и жизнедеятельности населения. Однако усиление антропогенной нагрузки, климатические изменения и недостаточный контроль за качеством воды создают угрозу для устойчивости водных экосистем. Актуальность мониторинга водных объектов обусловлена необходимость своевременного выявления негативных тенденций и разработки эффективных природоохранных мер [3, 4]. Также в результате интенсивного антропогенного преобразования ландшафтов именно водоёмы и водотоки в населённых пунктах имеют прогрессирующее ухудшение качества воды и видимое снижение экологической стабильности, а также рекреационной привлекательности [3]. Цель работы – представить некоторые химические показатели вод водоисточников различного происхождения как элемент ведения государственного экомониторинга в староосвоенном регионе.

Для комплексной оценки состояния водных объектов Брянской области применен ряд современных методов исследования, включающие физико-химические, органолептические, а также статистическую обработку данных [1, 2, 5].

Исследования водных объектов проводилось лабораторными и полевыми методами. В полевых условиях на реперных точках отбирали пробы воды и определяли органолептику: температуру, прозрачность, запах, цветность, мутность (рисунок). В лаборатории проводили анализ: pH, общую

жесткость, пенистость. Для некоторых водных объектов (р. Десна, искусственные водоёмы) дополнительно определялась общая жёсткость воды методом титрования трилоном Б, а также содержание кальция и магния [3, 4].

Исследование проводилось на территории Брянской области с охватом следующих водных объектов:

1) Природные водоемы: речной водозабор р. Десна, старица реки Десны, родники (№1 – Советский район и №2 – 10 микрорайон);

2) Искусственные водоемы: о. Баллон, о. Мутное, фонтан «Японский пруд», каскадный водопад.

Результаты приведенных исследований выявили значительную неоднородность в состоянии водных объектов Брянской области. Ниже представлен детальный сравнительный анализ, позволяющий выделить основные закономерности и проблемные зоны.

Объект: родник №1. г. Брянск, Советский район

Физические свойства:

Цвет – слабо-опалесцирующий (25-40 ед.); запах – очень слабый (1 балл, естественного происхождения: травянистый, землистый); прозрачность – 15 мм, температура H_2O – +13 °С; мутность – слабая; осадок и пенистость отсутствуют.

Химические свойства: pH – 7 (нейтральный); жесткость – 5,7 мг-экв/л.

Объект: речной водозабор р. Десна

Физические свойства:

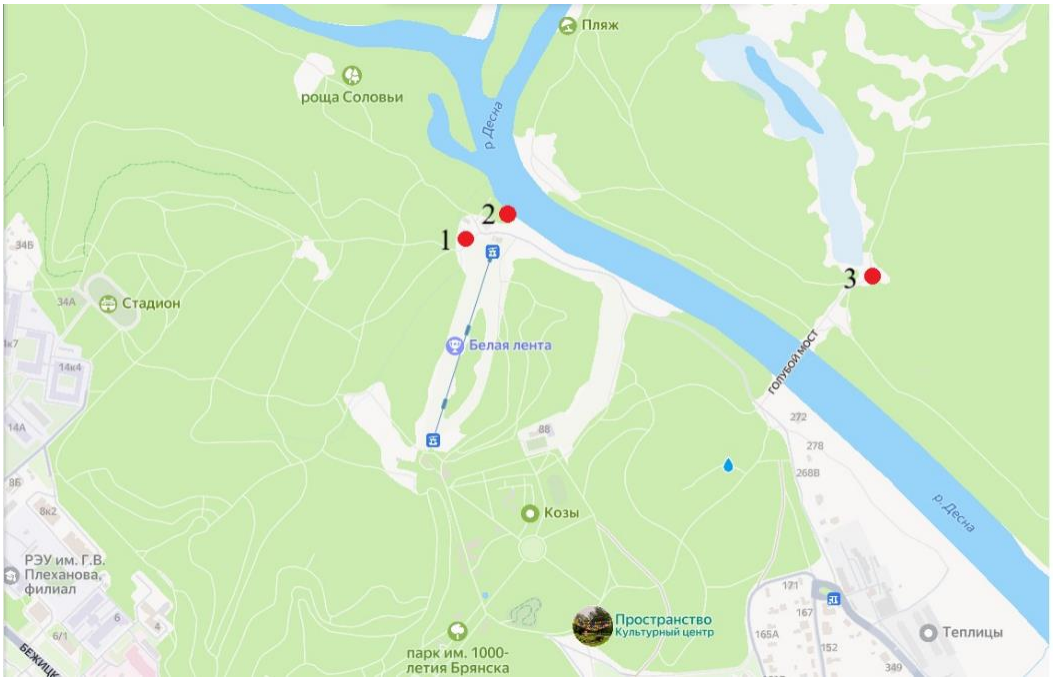


Рис. 1. Места отбора проб в советском районе г. Брянск (1 – родник №1, 2 – речной водозабор р. Десна, 3 – старица (русло р. Десна))

Цвет – слабо-желтоватый (75–100 ед.); запах – заметный (3 балла, естественного происхождения: болотно-травянистый); прозрачность – 10 мм; температура H_2O – +16 °С; мутность – слабая; осадок и пенистость отсутствуют.

Химические свойства: pH – 6 (слабокислая); жесткость – 5,8 мг-экв/л.; Ca – 9,4 мг-экв/л.; Mg – 3,6 мг-экв/л.

Объект: старица (русло р. Десны)

Физические свойства:

Цвет – коричневый (175–200 ед.); запах – очень сильный (5 баллов, естественного происхождения: гнилостный); прозрачность – 0 мм; температура H_2O – +14 °С; мутность – сильная; осадок – есть (темно-коричневого оттенка); пенистость есть.

Химические свойства: pH – 6 (слабокислая); жесткость – 7,0 мг-экв/л.

Объект: родник № 2. г. Брянск, 10-й мкр-н (рисунок 2).

Физические свойства:

Цвет – бесцветный (10 ед.); запах – очень слабый (1 балл, естественного происхождения: травянистый); прозрачность – 35 мм; температура H_2O – +17 °С; мутность – слабая; осадок и пенистость отсутствуют.

Химические свойства: pH – 7 (нейтральный); жесткость – 5,8 мг-экв/л.

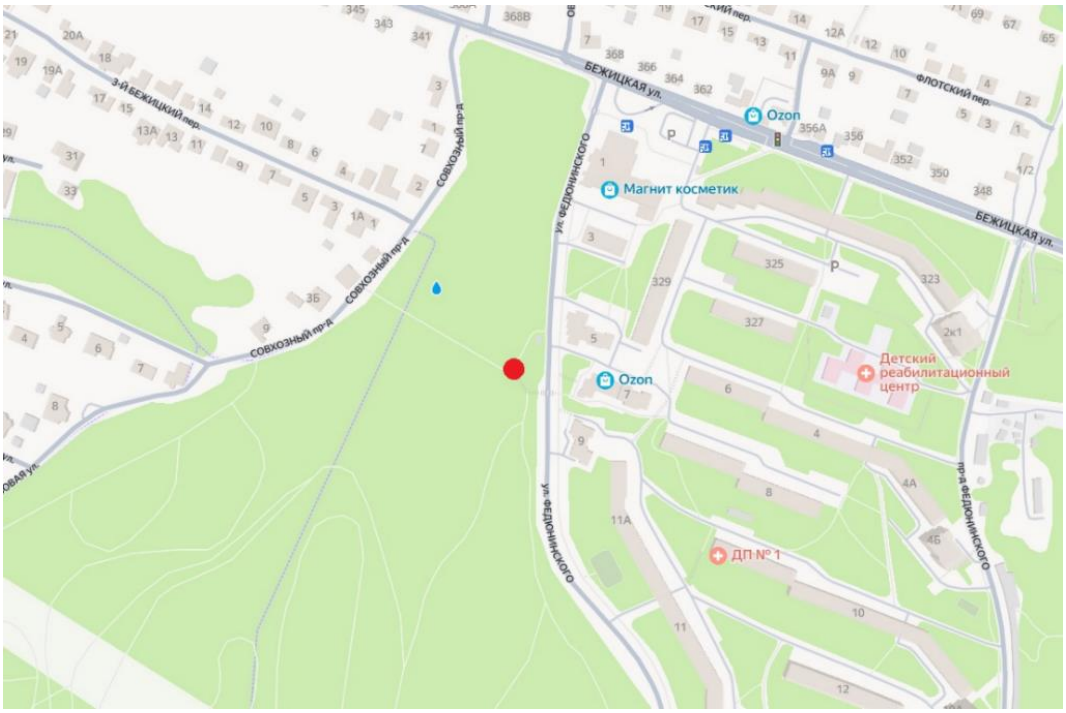


Рис. 1. *Родник №2. 10-й микрорайон, г. Брянск*

Объект: воды фонтана «Японский пруд». Мичуринское сельское поселение.

Физические свойства:

Цвет – бесцветный (10 ед.); запах – очень слабый (1 балл, естественного происхождения: землистый, травянистый); прозрачность – 30 мм; температура H_2O – +20 °С; мутность, осадок и пенистость отсутствуют.

Химические свойства: pH – 7 (нейтральная); жесткость – 5,0 мг-экв/л.; Ca – 1,8 мг-экв/л.; Mg – 3,12 мг-экв/л.

Объект: каскадный водопад. Мичуринское сельское поселение.

Физические свойства:

Цвет – бесцветный (10 ед.); запах – очень слабый (1 балл, естественного происхождения: землистый); прозрачность – 20 мм; температура H_2O – +24 °С; мутность, осадок и пенистость отсутствуют.

Химические свойства: pH – 7 (нейтральная); жесткость – 3,0 мг-экв/л.

Объект: озеро Баллон. г. Брянск, Фокинский район

Физические свойства:

Цвет – желтовато-зелёный (100-175 ед.); запах – очень сильный (5 балл, естественного происхождения: гнилостный, болотный, травянистый); прозрачность – 15 мм; температура H_2O – +27 °С; мутность – мутная; осадок и пенистость отсутствуют.

Химические свойства: pH – 6 (слабокислая); жесткость – 7,0 мг-экв/л.

Объект: озеро Мутное. г. Брянск, Фокинский район.

Физические свойства:

Цвет – желтовато-зелёный (100-175 ед.); запах – слабый (2 балла, естественного происхождения: землистый, травянистый); прозрачность – 0 мм; температура H_2O – +27 °С; мутность – мутная; осадок и пенистость отсутствуют.

Химические свойства: pH – 6 (слабокислая); жесткость – 6,0 мг-экв/л.

Проведенные исследования эколого-химических мониторинговых показателей модельных водных объектов Брянской области позволил выявить значительную неоднородность их состояния, обусловленную как природными факторами, так и антропогенным воздействием.

Качество воды в природных водоемах варьируется в зависимости от степени антропогенной нагрузки и гидрологических особенностей. Наиболее благоприятные показатели зафиксированы в родниках (№1 и №2), характеризующихся нейтральным pH (7), низкой жесткостью (5,7–5,8 мг-экв/л), высокой прозрачностью (15–35 мм) и отсутствием загрязняющих примесей. В то же время старица реки Десны демонстрирует признаки деградации: высокую мутность, гнилостный запах (5 баллов), нулевую прозрачность и наличие осадка, что свидетельствует о застойных процессах и возможном органическом загрязнении.

Воды центральной водной артерии области – реки Десны (водозабор) – имеют слабокислую реакцию (pH 6) и умеренную жесткость (5,8 мг-экв/л), однако присутствие заметного болотно-травянистого запаха (3 балла) и

сниженная прозрачность (10 мм) указывают на влияние природных органических веществ, что требует дополнительного контроля в периоды сезонного цветения.

Искусственные водоемы (фонтан «Японский пруд», каскадный водопад) отличаются высоким качеством воды: бесцветностью, нейтральным pH (7), низкой жесткостью (3,0–5,0 мг-экв/л) и отсутствием мутности, что связано с регулярным водообменом и уходом.

Озера Баллон и Мутное (Фокинский район) имеют показатели вод под антропогенным воздействием: желтовато-зеленый цвет, повышенную мутность и слабокислую реакцию (pH 6). Озеро Баллон выделяется очень сильным гнилостным запахом (5 баллов), что может быть связано с эвтрофикацией и накоплением органики.

Таким образом, основные угрозы для водных экосистем региона включают:

1 Застойные явления в старицах и озерах, ведущие к ухудшению органолептических свойств воды.

2 Потенциальное загрязнение природных водоемов органическими и биогенными веществами.

3 Необходимость мониторинга антропогенного влияния на реку Десну, особенно в зонах водозабора.

Следовательно, для улучшение экологического состояния водные объектов Брянской области необходимо:

1 Усилить контроль за состоянием стариц и озер с признаками эвтрофикации, включая мероприятия по очистке донных отложений.

2 Расширить программу мониторинга с включением микробиологических и токсикологических исследований.

3 Разработать природоохранные меры для минимизации антропогенного воздействия на наиболее уязвимые водные объекты.

Полученные данные подтверждают необходимость регулярного экомониторинга для сохранения водных ресурсов Брянской области и обеспечения устойчивого водопользования.

Литература

1. Анищенко Л.Н., Ковалева Е.Л. Материалы к полевой практике по общей экологии: Методические рекомендации для студентов естественно-географического факультета. – Брянск: РИО Брянского государственного университета, 2020. – 162 с.

2. Афанасьев Ю.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учеб. Пособие / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин. М.: Изд-во МНЭПУ, 1998. Ч.1. – 208 с.

3. Коронкевич Н.И., Михалев Д.В. Влияние урбанизированных территорий на речной сток в Европе // Изв. РАН. Сер. Географическая. 2019. № 3. – С. 78-87.

4. Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества вод – СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. – 576 с.

5. Фащевская Т.Б., Словягина А.Н., Полянин В.О., Алгушаева А.В. Антропогенные изменения гидрохимического режима и качества воды городского водотока (на примере реки Лихоборки, Московская область) // Водные ресурсы. – 2023. – Т. 50. – № 2. – С. 203-217.

УДК 574.4 (574.2)

К ОЦЕНКЕ СОЗОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА МОХООБРАЗНЫХ ЦЕНТРА СТАРООСВОЕННОГО РЕГИОНА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СТЕПЕНИ УЯЗВИМОСТИ ВИДОВ

Анищенко Л.Н.

E-mail: eco_egf@mail.ru
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», Брянск, Россия

Впервые для оценки природоохранного статуса видов мохообразных региональной Красной книги Брянской области апробирована балльная шкала. Виды распределены по группам в соответствии с количественными признаками. Диапазон значений природоохранного (созологического) индекса для мохообразных отражает особенности биологии, экологии видов, их биогеографии; косвенно – лимитирующие факторы: антропогенное преобразование урочищ, стенотопность, сукцессионные процессы в зональных квазинативных сообществах. Анализ использования созологического индекса при количественной оценке видов показал положительное значение для выделения природоохранных категорий для них; возможность учёта наблюдений за популяциями при организации биомониторинга, а также предварительной оценки статуса вновь обнаруживаемых редких видов. Созологическая матрица адаптирована по отношению к представителям мохообразных центра старооосвоенного региона с учётом эколого-биологических особенностей представителей этой систематической группы.

Ключевые слова: мохообраные, природоохранный (созологический) индекс, Красная книга, Брянская область.

Под созологическим анализом указываются категории Красной книги России или региональных красных книг. Эта статусность может изменяться ввиду динамики внешних факторов или сукцессионных процессов в сообществах, которые меняют микроклиматические условия. Отнесение видов к категориям охраняемых видов отчасти субъективна, но должна включать количественные данные, учитывающие динамику популяций видов [1, 9]. Обоснование о не являющихся редкими для определённой территории видах, но «… включённых в категорию охраняемых Красной книги мохообразных Европы» – один из развёрнутых критериев природоохранной значимости видов. Виды мохообразных европейских охраняемых списков обязательно должны учитываться ввиду диагностического значения включённых в них таксономических единиц для биологически ценных лесов, ключевых местообитаний и др. Немногочисленные работы авторов, посвящённые созологическому анализу бриофлор, не дают обоснования критерию «редкий», «чрезвычайно

редкий», «спорадически встречающийся», что обусловило необходимость разработки и внедрения природоохранной шкалы для видов, удобной и понятной для использования. Цель работы – апробировать матрицу для оценки природоохранного статуса мохообразных в местообитаниях Брянской области при подготовке издания региональной Красной книги.

За период 2017–2024 гг. были обследованы местообитания и реперные точки популяций мохообразных, внесённых в списки охраняемых видов. Применялись маршрутные методы, методы визуальной оценки жизненности видов, отмечались особенности местообитания. Номенклатура видов приводилась по современным сводкам «Флора мхов России» (тома 4-6, 2018-2022) [6-8].

Созологический анализ бриофлоры по соответствующему разделу Красных книг может использоваться для предварительного формирования списков охраняемых и нуждающихся в мониторинге видов, для диагностики динамических изменений популяций бриобионтов в конкретном регионе, для определения возможного статуса в списке охраняемых видов. Ключевым вариантом для балльной оценки охранного статуса видов выступают критерии, предложенные МСОП, по которым предлагаются рекомендуемые к охране и изучению красные списки различных таксономических групп. Ряд исследователей предложили матрицу, по которой целесообразно производить оценочные исследования и получать количественные (балльные) характеристики [3-5]. За период 2000-2024 гг. предложены и апробированы общие принципы отбора систематических групп для анализа, обоснованы удельные «веса» признаков в матрице для оценки таксонов. В 2024 г. матрица природоохранного анализа всесторонне разработана для лишайников – объектов биоразнообразия, которые недостаточно изучены в центральной России и требуют длительных наблюдений за динамикой изменения популяций. В статье проведены признаки созологической матрицы оценки и балльного статуса для мохообразных с использованием разработки Е.Э. Мучник (2024) [4].

Созологическая матрица (матрица Саксонова-Розенберга в модификации для лихенобиоты) основана на биологическом, экологическом, хорологическом, созологическом, хозяйственно-экономическом и биогенетическом принципе (критерии). Биологический, биогеографический и экологический критерий – приоритетные; в связи со значимостью признаков они дополнены в общей матрице с присвоением весов (таблица 1).

Таблица 1

Дополнения к критериям по созологической оценке мохообразных (исходная матрица Саксонов, Розенберг, 2000; Мучник, 2024)

Созологический признак	Вес признака (баллы)	Созологическая оценка			
		1	2	3	4
Динамика численности за период наблюдений	3	Численность популяций растёт или стабильная в местообитании (-ях)	Численность популяций сокращается в местообитании (-ях)	Единичные находки в местообитаниях	Вид не обнаруживается в местообитаниях
Жизненность популяций	3	отличная	хорошая	средняя	неудовлетворительная

Расчёт созологического индекса (СИ) с учётом ранее предложенных показателей приведена ниже.

Таблица 2

Природоохранная значимость видов мохообразных для третьего издания Красной книги Брянской области

Виды	Созологическая оценка с учётом весов признаков							
	1	2	3	4	5	6	7*	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pseudanomodon attenuatus Ignatov & Fedosov	2	3	3	3	2	2	2	1
Buxbaumia aphylla Hedw.	2	3	3	3	2	2	2	1
Hamatocaulis vernicosus (Mitt.) Hedenäs	3	3	4	4	3	2	2	2
Helodium blandowii (Web. et Mohr.) Warnst.	3	3	4	4	3	2	2	3
Homalia trichomanoides (Hedw.) B.S.G.	1	3	3	3	2	2	1	1
Dicranum bonjeanii De Not.	3	3	4	3	2	2	2	2
Dicranum viride (Sull. et Lesq.) Lindb.	3	3	4	4	2	2	3	2
Leucobryum glaucum (Hedw.) Ångstr.in Fries	3	3	4	4	3	2	2	3
Leucodon sciuroides (Hedw.) Schwäegr.	3	3	4	3	3	2	2	3
Neckera pennata Hedw.	1	3	3	3	2	2	2	1
Paludella squarrosa (Hedw.) Brid.	4	4	4	4	3	2	2	3
Ricciocarpos natans (L.) Corda	2	3	3	4	3	3	1	3
Straminergon stramineum (Dicks.ex Brid.) Hedenäs	2	3	4	3	3	2	2	3
Sphagnum balticum (Russ.) C.E.O. Jens.	4	4	4	4	3	2	2	3
Sphagnum majus (Russ.) C.E.O. Jens.	4	4	4	4	3	2	2	3
Sphagnum jensenii H. Lindb.	4	4	4	4	3	2	2	3
Sphagnum compactum Lam. & DC.	3	3	4	4	3	2	2	3
Sphagnum papillosum Lindb.	3	3	4	4	3	2	2	3

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tomenthypnum nitens (Hedw.) Loeske.	3	3	4	4	3	2	2	3
Fontinalis antipyretica Hedw.	3	3	4	4	3	2	2	3

Примечание. * 1. Число местонахождений. 2. Встречаемость/обилие вида в типичных экотопах. 3. Антропотолерантность. 4. Эколого-ценотическая амплитуда. 5. Биогеографическая значимость. 6. Топография ареала. 7. Официальный природоохранный статус*. 8. Территориальная защищённость.

Для анализа учитывалась информация региональных Красных книг, публикации по сборам с особо охраняемых территорий [2].

Таблица 3

Природоохранная значимость видов мохообразных для третьего издания Красной книги Брянской области (окончание)

Виды	Созологическая оценка с учётом весов признаков *				Сумма баллов с коэффициентами
	9	*10***	*11*	*12*	
Pseudanomodon attenuatus	*4*	*2*	*2*	*3*	*88*
Buxbaumia aphylla	*4*	*2*	*2*	*2*	*85*
Hamatocaulis vernicosus	*4*	*2*	*3*	*3*	*109*
Helodium blandowii	*4*	*2*	*3*	*3*	*110*
Homalia trichomanoides	*4*	*2*	*1*	*3*	*77*
Dicranum bonjeanii	*4*	*2*	*3*	*4*	*105*
Dicranum viride	*4*	*2*	*3*	*4*	*111*
Leucobryum glaucum	*4*	*2*	*3*	*3*	*108*
Leucodon sciuroides	*4*	*2*	*2*	*3*	*101*
Neckera pennata	*4*	*2*	*2*	*2*	*79*
Paludella squarrosa	*4*	*2*	*4*	*4*	*124*
Ricciocarpos natans	*2*	*2*	*2*	*1*	*82*
Straminergon stramineum	*4*	*2*	*2*	*3*	*96*
Sphagnum balticum .	*4*	*2*	*2*	*3*	*115*
Sphagnum majus	*4*	*2*	*3*	*4*	*121*
Sphagnum jensenii	*4*	*2*	*3*	*4*	*121*
Sphagnum compactum	*4*	*2*	*3*	*4*	*111*
Sphagnum papillosum	*4*	*2*	*3*	*3*	*108*
Tomenthypnum nitens	*4*	*2*	*2*	*3*	*105*
Fontinalis antipyretica	*3*	*2*	*2*	*3*	*105*

Примечание. *9 Возможность трансплантации/культивирования. 10 Хозяйственное/практическое значение**. 11 Динамика численности за период наблюдений. 12 Жизненность популяций. Хозяйственное значение определялось с учётом немногочисленных публикаций.

Интегральная созологическая оценка (природоохранный индекс – сумма баллов) позволила выделить группы видов: угрожаемые виды (144-104), редкие виды (относительно редкие – 73-88 баллов, очень редкие – 89-103 балла), не угрожаемые виды (менее 73 баллов). Максимальные баллы природоохранного индекса рассчитаны для *Paludella squarrosa, Sphagnum majus, Sph. jensenii, Sph. balticum, Sph. compactum, Dicranum viride.* Сфагновые мхи – представители флоры болотных местообитаний, площадь которых неуклонно сокращается и к началу XX в. Брянская область потеряла более 56 % этих специфических местообитаний. Представитель зелёных мхов *Dicranum viride* занесён в Красную книгу Российской Федерации (2023); его местонахождения незначительны, как эпифит вид произрастает небольшим числом особей и указывает на малонарушенные участки зональных широколиственных лесов. Вероятнее всего, что вид *Paludella squarrosa,* находящийся на границе ареала в регионе, требующий присутствия выходов сильноминерализованных вод, исчез из флоры региона, так как за период с 2017 по 2024 гг. его местонахождения не обнаружены. Минеротрофные болота – самый редкий вид болотных местообитаний области, несмотря на голарктический ареал *Paludella squarrosa* местонахождение на границе ареала выступает решающим. Значительная часть группы угрожаемых видов представлена болотными мхами, которые предъявляют повышенные требования к экотопам, в том числе и по кислотности среды, обводнению, отсутствию эвтрофирования.

Виды *Neckera pennata* и *Homalia trichomanoides* вошли в категорию относительно редких с минимальными баллами созологического индекса: это виды старовозрастных квазинативных широколиственных лесов, важны как индикаторы специфических местообитаний, стенотопы. В эту же категорию отнесены *Buxbaumia aphylla* – вид занимает специфические местообитания на сухих почвах и склонах сосновых лесов, распространён на окраине ареала, специфичен также жизненный цикл мха и влияние лимитирующего фактора – разрушение местообитаний в связи с освоением; *Pseudanomodon attenuatus* – редко распространённый индикатор малонарушенных широколиственных лесов; печёночный мох *Ricciocarpos natans* из мониторингового списка включён в список охраняемых видов в связи с мозаичным распространением, адаптированностью к специфическим условиям – кислой реакции среды, эвтрофированию водоёмов и водотоков с незначительным течением.

Таким образом, диапазон значений природоохранного индекса для мохообразных отражает особенности биологии, экологии видов, их биогеографии; косвенно – лимитирующие факторы: антропогенное

преобразование урочищ, стенотопность, сукцессионные процессы в зональных квазинативных сообществах.

Анализ использования созологического индекса при количественной оценке видов, рекомендуемых к охране, показал положительное значение для выделения природоохранных категорий для них; возможность учёта наблюдений за популяциями при организации биомониторинга, а также предварительной оценки статуса вновь обнаруживаемых редких видов. Созологическая матрица адаптирована по отношению к представителям мохообразных центра староосвоенного региона с учётом эколого-биологических особенностей представителей этой систематической группы.

Литература

1. Анищенко Л.Н. О разделе «Мохообразные» Красной книги Брянской области // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. – 2013. – № 2 (2). – С. 9-19.

2. Красная книга Брянской области / Ред. А.Д. Булохов, Н.Н. Панасенко, Ю.А. Семенищенков, Е.Ф. Ситникова. – Брянск: РИО БГУ, 2016. – 432 с.

3. Мучник Е.Э., Прохорова Н.Е. К формированию раздела «Лишайники» Красной книги 2 Калужской области // Разнообразие растительного мира. – 2025. – № 1 (24). – С. 113-121. DOI: 10.22281/2686-9713-2025-1-113-121

4. Мучник Е.Э. Созологический анализ как возможный инструмент ведения лихенологических разделов Красных книг// Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2024. – № 9 (75). – С. 30-38. DOI 10.19110/1994-5655-2024-9-30-38

5. Саксонов С.В., Розенберг Г.С. Организационные и методические аспекты ведения региональных Красных книг. – Тольятти: Ин-т экологии Волжского бассейна, 2000. – 164 с.

6. Флора мхов России. 2018. Том 4. Bartramiales – Aulacomniales / М.С. Игнатов (отв. ред.). – М: Товарищество научных изданий КМК. – 543 с.

7. Флора мхов России. 2020. Том 5. Hypopterygiales – Hypnales (Plagiotheciaceae – Brachytheciaceae) / М.С. Игнатов (отв. ред.). – М: Товарищество научных изданий КМК. – 600 с.

8. Флора мхов России. 2022. Том 6. Hypnales: Calliergonaceae – Amblystegiaceae / М.С. Игнатов (отв. ред.). – М: Товарищество научных изданий КМК. – 472 с.

9. Шабета М.С. Созологический анализ бриокомпонента лиственных лесов Беларуси // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. Биологических наук. – 2019. – № 4. – Т. 64. – 488-491.

УДК 574. 57.045

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГУБКИН-СТАРООСКОЛЬСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА ПО ФИТОПЛАНКТОНУ (БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

АнциферовaГ.А.[1], Русова Н.И.[2]

E-mail: g_antsiferova@mail.ru[1],nadezhda_minnikova@mail.ru[2]

[1]Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия
[2]Военно-морской политехнический институт ВМПИ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» г. Санкт-Петербург, Россия

Цель – охарактеризовать состояние поверхностных вод территории верхнего Поосколья в пределах Белгородской области на примере Старооскольского водохранилища, рек Осколец и Чуфичка – правых притоков р. Оскол для выявления критериев определения их экологического состояния в условиях техногенной нагрузки.

Методы. Оценка экологического качества поверхностных вод проводилась с помощью метода биоиндикации с расчетом индекса сапробности и сопоставления таксономического и экологического составов сообществ фитопланктона.

Результаты и обсуждение. Состояние водных экосистем формируется в условиях техногенного воздействия со стороны водосборной территории, поступления в гидросеть хозяйственно-бытовых и промышленных стоков, что обусловливает состав сообществ микроводорослей и цианобактерий. Экологическое качество вод вызывает распространение видов цианобактерий, характерных для техногенно загрязненных местообитаний.

Выводы. Проведенные исследования использованы для определения качества вод по фитопланктону в условиях техногенной нагрузки.

Ключевые слова: биоиндикация, водные экосистемы, водохранилище, микроводоросли, поверхностные воды, техногенная нагрузка, фитопланктон, цианобактерии, экологическое состояние.

Актуальность исследований, связанных с изучением эколого-биологического состояния водных экосистем Белгородской области, несомненна. Постоянная техногенная нагрузка на поверхностные воды осуществляется в результате поступления коммунально-бытовых, хозяйственно-промышленных и сельскохозяйственных, от транспортных и энергетических коммуникаций, от различных промышленных предприятий, поверхностного стока с промышленных площадок и за счет рассеянного стока с водосборной территории, атмосферного массопереноса загрязняющих веществ.

Недра Белгородской области вмещают крупные залежи железных руд бассейна КМА (Курской магнитной аномалии), который выделяется как Губкин–Старооскольский горнопромышленный район [4, 5]. В месторождениях Приосколья сосредоточено свыше 60 % запасов руд КМА. Известны также месторождения бокситов. С отложениями осадочного чехла связаны месторождения писчего мела и других карбонатных пород для

химической промышленности, керамического сырья, природных строительных материалов и сырья для их производства.

В данном регионе центральной России развиты горнодобывающая и металлургическая промышленность, отрасли агропромышленного производства. Добыча полезных ископаемых сопровождается карьерными выемками, при работе горно-обогатительных комбинатов (ГОК) формируются отвалы вскрышных горных пород, хвостохранилища, шламохранилища и другие техногенные формы рельефа [1, 2, 6, 7]. Природные ландшафты сохранились фрагментарно, например, это выходы на дневную поверхность отложений белого писчего мела.

На р. Оскол, протекающей в пределах города Старый Оскол и по территории Губкинского и Старооскольского городских округов, создано Старооскольское водохранилище долинного типа, которое введено в эксплуатацию в 1977 году. Его длина составляет 18 км, максимальная ширина – до 3,5 км, максимальная глубина – 13,5 м. Общая площадь водного зеркала достигает около 41 км^2, площадь мелководий, имеющих глубину до 2 м составляет 7,4 км^2 [1, 3, 4, 5].

Эколого-биологическое качество вод данного водохранилища рассматривается как пример фонового качества вод региона при отсутствии непосредственных источников техногенного загрязнения, таких как предприятия горнорудной промышленности – карьеры, ГОКи и сопровождающие их шламохранилища. Территория области расположена в лесостепной географической зоне, лесистость составляет до 10 %, при распаханности до 80 %. Загрязняющие вещества поступают с рассеянным стоком с водосборов, например, с сельскохозяйственных угодий, с атмосферным массопереносом веществ.

Анализ таксономического и экологического составов сообществ микроводорослей и цианобактерий, в том числе видов индикаторов качества вод, позволяют восстановить эколого-биологическое состояние водной среды [2].

Таксономическое разнообразие сообществ фитопланктона составляют диатомовые, зеленые, пирофитовые, золотистые, эвгленовые микроводоросли и цианобактерии (синезеленые водоросли).

Среди диатомовых водорослей с оценками обилия «единично» – «очень часто» в планктоне развиваются виды *Melosira varians* Ag., *Cyclotella comensis* Hust., виды рода *Stephanodiscus* Ehr., *Fragilaria capucina* Desm. и другие. В обрастаниях среди зарослей высшей водной растительности с оценками обилия «часто» – «очень часто» наблюдаются виды обрастатели *Fragilaria construens* (Ehr.) Grun. и *Diatoma vulgare* Bory, *Cocconeis pediculus* Ehr., *Cocconeis placentula* Ehr., *Epithemia sorex* Kütz. и другие.

Среди других типов микроводорослей с оценками обилия «единично» – «очень редко» встречаются зеленые водоросли видов *Actinastrum hantzschii* Lagerh., *Closterium kützingii* Breb, *Coelastrum microporum* Näg., *Crucigenia tetrapedia* (Kirchn.) W. et G. S. West, *Scenedesmus acuminatum* (Lagerh.) Chod., *Scenedesmus communis* Hegew., *Scenedesmua denticulatus* Lagerh., *Scenedesmus*

opoliensis P. Richt., *Tetraëdron minimum* (A. Br.) Hansg., *Volvox globator* (L.) Ehr.; золотистые водоросли видов *Mallomonas acaroids* Perty и *Synura petersenii* Korsch.; эвгленовые водоросли видов *Euglena acus* (Ehr.) Lemm., *Trachelomonas hispida* (Perty) Stein. em. Defl. и *Trachelomonas oblonga* Lemm.

Следует обращать внимание на таксономический и экологический состав сообществ цианобактерий. Загрязнение вод подчеркивается распространением среди них видов *Coelosphaerium kützingianum* Näg., *Phormidium tenue* (Menegh.) Gom., *Ostillatoria putrida* Schmidle и *Ostillatoria limnetica* Lemm. – «нередко», *Anabaena constricta* (Staf.) Geitl., *Ostillatoria granulate* Kütz., *Ostillatoria lautenbornii* Schmidle и *Woronichinia naegiana* (Ung.) Elenk. – «единично». Развитие видов ксено- олигосапробного *Aphanothece stagnina* (Spreng.) B.-Peters. et Geitl., а также а также бетамезосапробного вида *Aphanothece clatrata* W. et G.S. West с оценками обилия «очень часто» свидетельствует, что процессы самоочищения вод протекают интенсивно.

Значения индексов сапробности Пантле-Букка в модификации В. Сладечека, рассчитанные по видам индикаторам сапробности, представлены в диапазоне 1,51–2,00, и составляют от 1,54 до 1,89. Это показывает, что водная среда по качеству относится к III классу – «Умеренно (слабо) загрязненные». По степени кризисности водная экосистема Старооскольского водохранилища находится на стадии обратимых изменений, и при увеличении объемов, поступающих в водоем загрязняющих веществ возможно распространение «цветения» вод вследствие массового развития цианобактерий, на что указывает распространение в настоящее время вида «цветения» Microcystis aeruginosa Kütz. emend. Elenk. – с оценкой обилия «очень часто».

Реки Осколец и Чуфичка являются правобережными притоками р. Оскол. Река Осколец пересекает либо протекает мимо множества населенных пунктов, как небольших деревень, например, Петровка, Осколец, Медовый Брод, таких как Губкин. Исток располагается в районе сел Петровка и Осколец. Длина реки составляет 45 км. Её ширина небольшая, лишь в нескольких местах достигает 10 метров. Водоток в большей своей части неглубокий, в среднем глубина составляет 0,4–0,8 м [2]. Пойма на многих участках открытая, луговая, иногда встречаются участки с разреженными ивовыми зарослями вдоль берегов. Для реки характерно спокойное и умеренное течение на тех участках русла, где присутствует илистый грунт, в местах с каменистыми перекатами с сужениями русла, которые образуются благодаря скоплениям камней вскрышных пород в районах дамб и у опор автодорожных мостов наблюдается быстрое течение. Для берегов характерен пологий тип, но иногда встречаются и небольшие уклоны.

В среднем течении р. Осколец, выше сброса вод водоканала индекс сапробности составляет 2,02, у с. Лукьяновка водоток даже рассматривается как технический ручей, имея индекс 1,85–1,86. Напротив отвалов ГОКа у с. Песчанка (Николаевка) индекс сапробности составляет 1,90. Фитопланктон отличают невысокие численность 0,64–1,03 млн кл./л и биомасса от 0,88–0,99 и до 2,99 мг/л у с. Песчанка. Это отвечает классу качества вод III «Удовлетворительной чистоты».

Длина р. Чуфичка составляет 13 км. Истоком реки является шламохранилище Стойленского ГОКа. Питание водотока происходит в результате поступления вод шламохранилища и напорных подземных вод, а также дождевых паводков в летне-осенний период. По данным Белгородского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в устье р. Чуфичка средний многолетний расход составляет 0,48 м^3/с. В меженный период средняя скорость течения достигает 0,17 м/с, а при половодье, составляющем около 70 % годового стока, 0,25 м/с.

Показатели индекса сапробности следующие: ручей-исток р. Чуфичка – 2,25, по течению реки индекс сапробности р. Чуфичка составляет от 1,72–1,94, в приустьевой части, примерно около 10 м выше впадения в реку Оскол – 1,79. Для р. Оскол – в 500 м выше впадения р. Чуфичка – 2,03 и около 300 м ниже ее впадения в р. Оскол – 2,23. Приведенные показатели качества вод отвечают III «Удовлетворительной чистоты».

Поверхностные воды территорий, находящихся в условиях техногенной нагрузки, приобретают токсичные свойства. Для рек Осколец и Чуфичка характерны виды цианобактерий загрязненных местообитаний, которые также признаны как продуценты цианотоксинов. Среди них *Ostillatoria granulata* Gardner, *Ostillatoria guttalata* van Goor и *Ostillatoria putrida* Ag., *Ostillatoria splendida* Grev., а также *Coelosphaerium kützingianum* Näg.

На основе информации, полученной посредством анализа состава фитопланктона, можно сделать вывод, что значения индекса сапробности в целом недостаточно достоверны вследствие токсичности среды обитания. Важно понимать, что необходим анализ таксономического и экологического составов фитопланктона, и при этом особое внимание требует анализ сообществ цианобактерий.

Реки Осколец и Чуфичка, водосборная территория которых осложнена карьерами, наличием хвостохранилищ, шламохранилищ и других объектов, сопровождающих горнодобывающую отрасль промышленности, имеет состав сообществ цианобактерий, включающих виды загрязненных местообитаний с обязательным наличием видов *Ostillatoria granulata* Gardner и *Ostillatoria guttalata* van Goor.

Поверхностные воды территорий, находящихся в условиях техногенной нагрузки, приобретают токсичные свойства. Параметры значений индекса сапробности Пантле-Букка, в модификации В. Сладечека, полученные посредством анализа фитопланктона, в целом показывают III класс вод, однако это не указывает на достаточное экологическое благополучие рассмотренных водных объектов. Это парадокс, который проявляется в условиях высокой техногенной нагрузки, сложившейся на данной территории, и он свидетельствует именно о токсичности донных осадков и водной среды геохимического и биохимического происхождения. При проведении исследований фитопланктона необходим анализ таксономического и экологического составов сообществ

микроводорослей и цианобактерий (синезеленых водорослей). Причем анализ состава сообществ цианобактерий требует особого внимания.

Поверхностные воды в условиях антропогенной (техногенной) нагрузки имеют состав цианобактерий, характерный для Старооскольского водохранилища, что отвечает их эколого-биологическому качеству, которое можно рассматривать как фоновое.

Реки Осколец и Чуфичка, водосборная территория которых осложнена наличием карьеров, хвостохранилищ, шламохранилищ и других техногенных объектов, сопровождающих горнодобывающую отрасль промышленности, имеет состав сообществ цианобактерий, включающих распространение видов *Ostillatoria granulata* Gardner и *Ostillatoria guttalata* van Goor. Это подчеркивает, что подобные водотоки имеют нарушенное экологическое качество вод.

Для сравнения исследовалось качество водных объектов заповедника «Белогорье». Фитопланктон изучен по рекам Дубенка, Орлик, Ольшанка и пруда в балке Суры. В них повсеместно распространены виды загрязненных местообитаний, состав которых близок к вышеописанному. Его отличает видовое разнообразие диатомовых водорослей, и отсутствие среди цианобактерий вида Ostillatoria guttalata van Goor. Данный вид встречен лишь в одной из проб на р. Ольшанка.

Литература

1. Авраменко П.В., Акулов П.Г., Атанов Ю.Г [и др.]; Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области. под ред. С.В. Лукина. – Белгород: Издательство БелГУ, 2007. – 556 с.

2. Анциферова Г.А., Хотак М.Ю., Кульнев В.В., Русова Н.И. Общее эколого-биологическое качество поверхностных вод в пределах горнодобывающих районов КМА Русова // Международная научно-практическая конференция «Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов» (17–19 ноября 2020). – Воронеж: Издательство «Истоки», 2020. – С. 6–10.

3. Анциферова Г.А., Хотак М.Ю. Общая характеристика Старооскольского водохранилища и эколого-биологическое состояние водной среды // Региональный анализ состояния окружающей среды и экологические риски для населения: сборник научных статей. Под общей редакцией С.А. Куролапа. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2021. – 29–34.

4. «Вода России» – Старооскольское водохранилище. – Электронный ресурс: [URL: http/water-rf.ru› Водные… Старооскольское_водохранилище] (Дата обращения 19.02.2021).

5. Доклад об экологической обстановке на территории Старооскольского городского округа. – Электронный ресурс: [URL: oskolregion.ru›media/site_platform_media/…] (Дата обращения 19.02.2021).

6. Корнилов А.Г., Кичигин Е.В., Колмыков С.Н., [и др.]; Экологическая ситуация в районах размещения горнодобывающих предприятий региона Курской магнитной аномалии: монография. – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2015. – 157 с.

7. Чендев Ю.Г., Петин А.Н. Естественные изменения и техногенная трансформация компонентов окружающей среды староосвоенных регионов (на примере Белгородской области) – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 2006. – 123 с.

УДК 502.4

ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ ВОЛОКОНОВСКОГО РАЙОНА: ОСОБЕННОСТИ И ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

Белоусова Л.И., Киреева-Гененко И.А., Павлоцкая И.П., Гененко М.А.

E-mail: belousova_l@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

В статье проведен комплексный анализ системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Волоконовского района как элемента природно-экологического каркаса Белгородской области. Рассмотрены их правовой статус, ландшафтно-экологические особенности и пространственная организация. Установлено, что основу системы ООПТ района составляют комплексные памятники природы регионального значения. Пространственная организация сети ООПТ характеризуется фрагментарностью и выраженной приуроченностью к склонам долины реки Оскол и её притоков, где сформировались уникальные экотонные сообщества.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории (ООПТ), Волоконовский район, памятники природы, территориальная организация, ландшафтное разнообразие, природно-экологический каркас.

Волоконовский район, расположенный в юго-восточной части Белгородской области, характеризуется интенсивным сельскохозяйственным освоением, что обуславливает фрагментарность естественных ландшафтов. В этих условиях система особо охраняемых природных территорий (ООПТ) выполняет критически важную функцию сохранения биоразнообразия типичных и уникальных экосистем Среднерусской возвышенности. Изучение особенностей и пространственной организации ООПТ района необходимо для разработки эффективных мер по их охране и интеграции в региональный природно-экологический каркас [2, 6].

В состав Волоконовского района «входят 82 населенных пункта, на их основе сформировано 14 муниципальных образований, в том числе 12 сельских поселений и два городских (Волоконовка и Пятницкое)» [1].

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) – это «участки земли, выделенные для защиты уникальных природных объектов, редких и исчезающих видов флоры и фауны, а также для организации научных исследований, экологического туризма и природоохранных мероприятий. Для Волоконовского района Белгородской области, расположенного в лесостепной зоне, ООПТ имеют огромное значение, поскольку они помогают сохранить природное биоразнообразие и поддерживать экологический баланс» [2].

В пределах территории Волоконовского района находится 21 особо охраняемая природная территория (ООПТ), основная доля которых сконцентрирована в центральной части района, вблизи пгт Волоконовка (рис. 1).

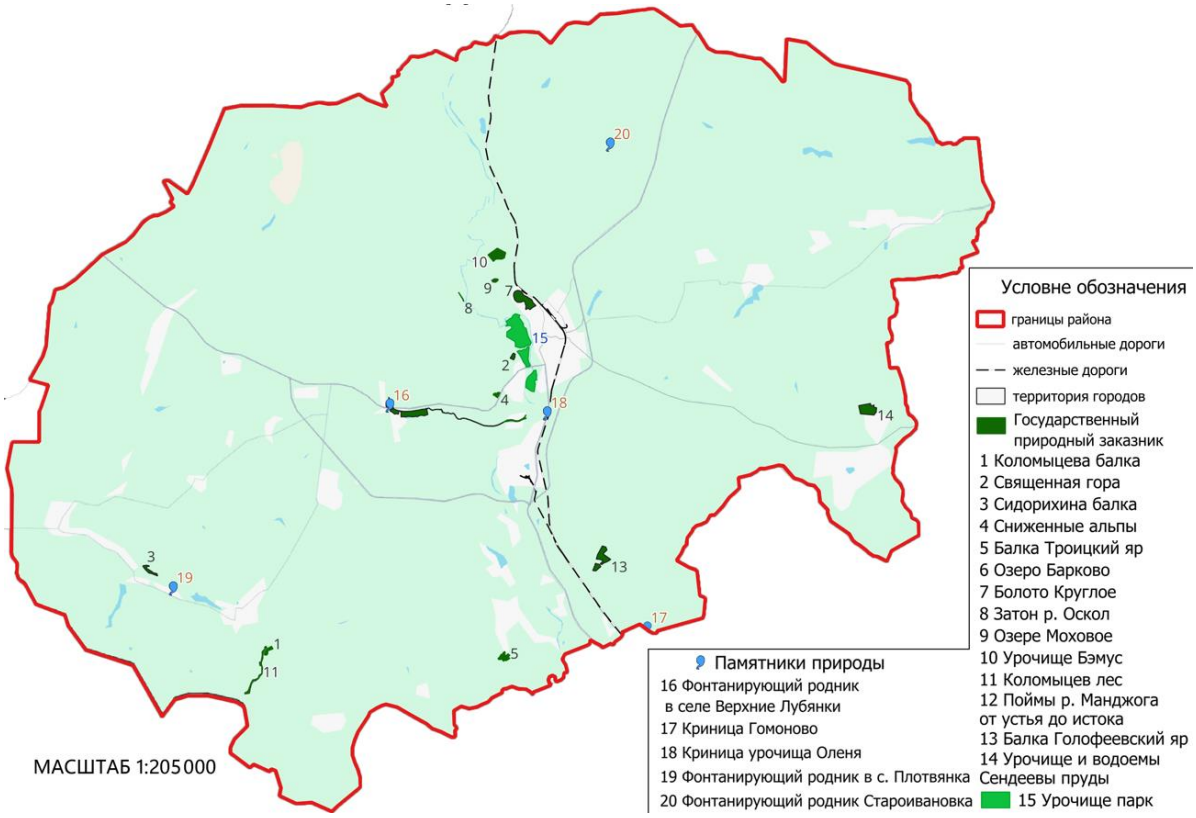


Рис. 1. Особо охраняемые природные территории Волоконовского района

Система ООПТ района представлена различными категориями, включая заказники, памятники природы и парк [2, 3, 4].

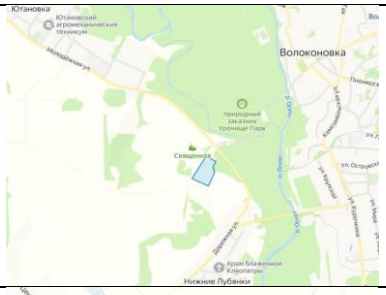
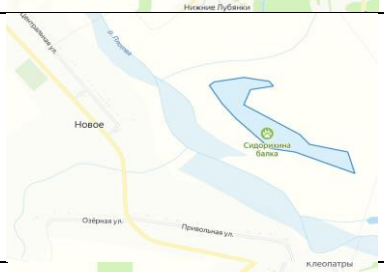
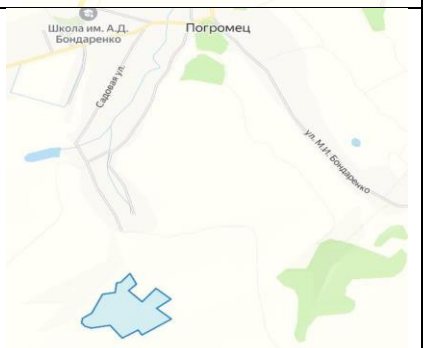
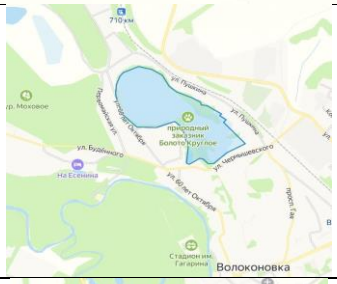
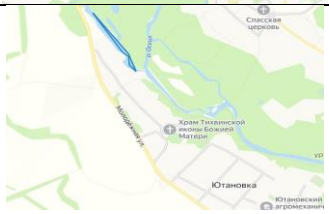
В Волоконовском районе Белгородской области насчитывается 14 государственных природных заказников, занимающих общую площадь 495,89 гектара (табл. 1).

Таблица 1

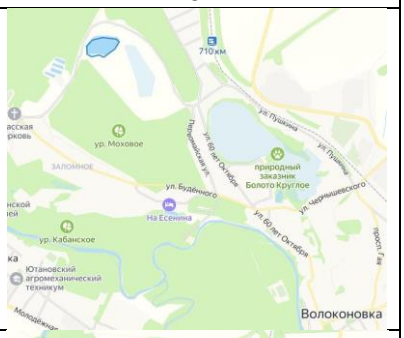
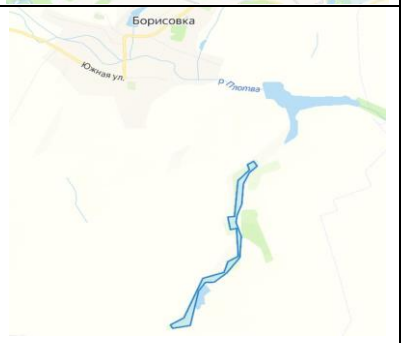
Особо охраняемые природные территории регионального значения Волоконовского района Белгородской области. Государственные природные заказники

№ п/п	Наименование ООПТ	Площадь, га	Расположение	Карта
1	Степной участок «Коломыцевская балка»	7	На восточном склоне балки Коломыцев Яр в 1400 м от с. Борисовка	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
2	Участок «Свяченая гора»	5	Севернее с. Нижние Лубянки в границах Ютановского с/п	
3	Заказник «Сидорихина балка»	10	Севернее с. Новое Тишанского с/п	
4	Заказник «Сниженные Альпы»	5	Южнее с. Нижние Лубянки Ютановского с/п	
5	Балка «Троицкий Яр»	15	Южнее с. Погромец	
6	Болото «Круглое»	50	Городское поселение «Поселок Волоконовка»	
7	Затон р. Оскол	0,7	Волоконовский район, с. Ютановка	

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
8	Озеро «Моховое»	3,91	Городское поселение «Поселок Волоконовка»	
9	Урочище «Бэмбус»	35	п. Волоконовка, в северо-восточной части урочища «Волоконовская дача», кварталы № 84, 85	
10	Балка «Коломыцев лес»	16	На западном склоне балки Коломыцев Яр, в 1300 м от с. Борисовка	
11	Пойма р. Маджога от устья до истока	60	Вблизи с. Верхние Лубянки, в границах Ютановского с/п	
12	Урочище и водоемы «Сендеевы пруды»	40	Волоконовский район, с. Фощеватово	

ООПТ района представлены исключительно объектами регионального и местного значения.

В Волоконовском районе расположено живописное урочище «Парк», которое является особо охраняемой природной территорией регионального значения: «участок площадью 203 гектара, находящийся в границах городского поселения «Поселок Волоконовка» (кварталы № 90-93), вдоль правого берега реки Оскол, представляет собой ценную природную зону, сочетающую в себе лесные массивы и рекреационные возможности» (рис. 2) [3, 4, 5].

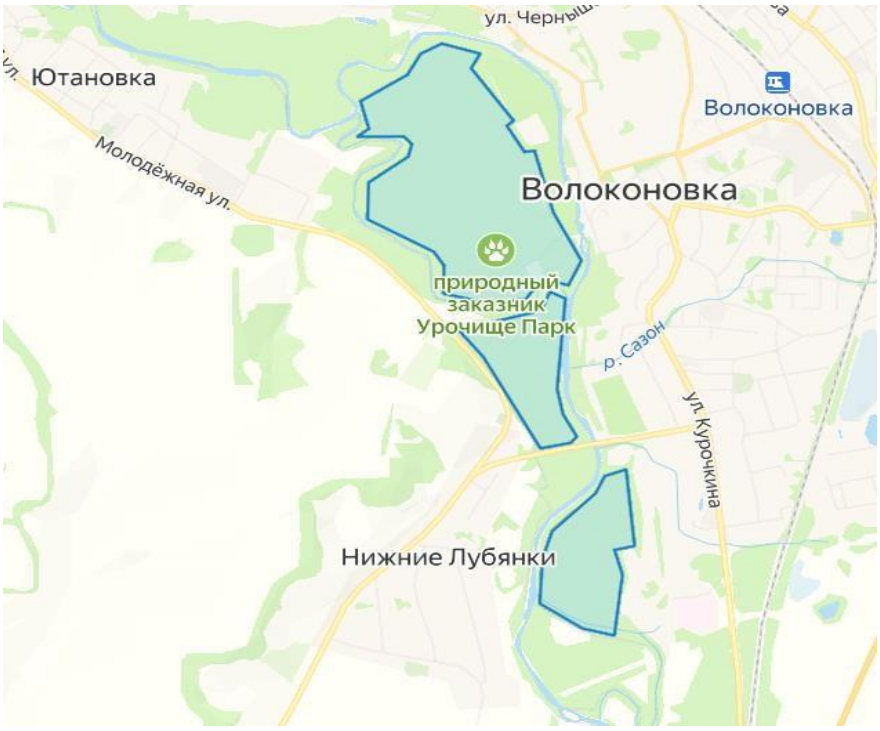
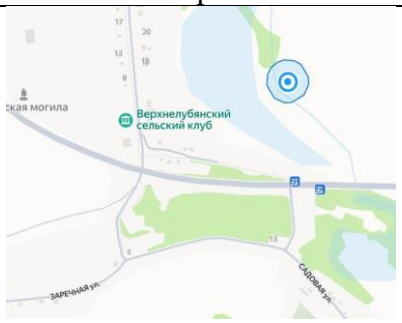


Рис. 2. Урочище «Парк»

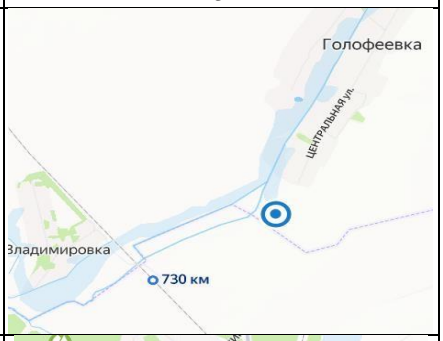
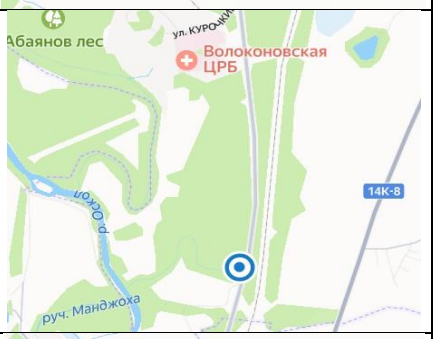
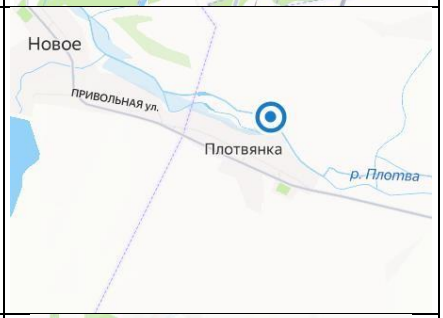
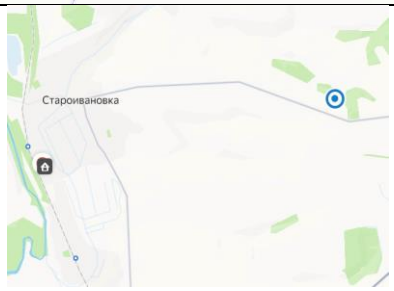
На территории Волоконовского района Белгородской области находится 5 объектов, признанных памятниками природы регионального значения, общая площадь которых составляет 3,9 гектара (табл. 3) [3, 5].

Таблица 2

Особо охраняемые природные территории регионального значения Волоконовского района Белгородской области. Памятники природы

№ п/п	Наименование ООПТ	Площадь, га	Расположение	Карта
1	Фонтанирующий родник в с. Верхние Лубянки	0,78	с. Верхние Лубянки Ютановского с/п	

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
2	Криница «Гомоново»	0,78	Юго-западнее с. Голофеевка в пойме р. Сазон	
3	Криница урочища «Оленя»	0,78	Южнее п. Волоконовка	
4	Фонтанирующий родник в с. Плотвянка	0,78	с. Плотвянка Борисовского с/п	
5	Фонтанирующий родник в с. Староиванивка	0,78	Восточнее с. Староивановка	

Таким образом, территориальное устройство ООПТ Волоконовского района характеризуется следующими особенностями:

– при создании особо охраняемых природных территорий определены два ключевых принципа: предпочтение отдается задействованию территорий, непригодных для сельского хозяйства – например, откосов оврагов и балок, в которых нередко можно встретить редкие степные природные сообщества. Важным фактором также является обеспечение возможности посещения особо охраняемых природных территорий местными жителями.

– преобладание статуса регионального значения у большинства особо охраняемых природных территорий (ООПТ) обуславливает специфику их правового режима и организации управления.

– особо охраняемые природные территории имеют статус регионального уровня, что определяет особенности их системы управления.

– управление и координация деятельности, что позволяет лучше учитывать специфику региона и нужды жителей; сотрудничество с наукой и образованием включает эффективное управление ООПТ и достигается благодаря партнерству с научными и образовательными организациями. Такое взаимодействие способствует проведению исследований и популяризации экологических знаний.

– участие в региональных программах развития: ООПТ Волоконовского района интегрированы в региональные экологические программы, направленные на озеленение, благоустройство и развитие рекреационных зон.

Таким образом, «территориальная организация особо охраняемых природных территорий в Волоконовском районе иллюстрирует системный подход: разумное использование природных ресурсов, активное участие местных властей и жителей, а также интеграция ООПТ в региональные экологические инициативы. Такой подход обеспечивает сохранение природного наследия и способствует устойчивому развитию региона» [1]. Основной задачей ООПТ в этом районе является охрана уникальных природных комплексов, флоры и фауны, а также их генетического потенциала.

Литература

1. Администрация Волоконовского района Волоконовский район Белгородской области – URL: https://volokonovskij-r31.gosweb.gosuslugi.ru/o-munitsipalnom-obrazovanii/naselennye-punkty/nazvanie-naselennogo-punkta-poseleniya-administrativnogo-okruga (дата обращения: 03.09.2025).

2. Полуян В.П., Белоусова Л.И., Киреева-Гененко И.А. Рекреационный потенциал Белгородской области: перспективы и проблемы использования // Туризм и рекреация: инновации и ГИС-технологии: материалы XVII Международной научно-практической конференции (г. Астрахань, 24 мая 2025 г.) / составители: И.С. Шарова, Г.В. Крыжановская. – Астрахань: Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, 2025. – С. 57-64.

3. Постановление Правительства Белгородской области от 15.08.2016 № 299-пп «Об утверждении перечней особо охраняемых природных территорий регионального значения Белгородской области» – URL: http://www.econadzor31.ru/media/site_platform_media/2022/1/20/postanovlenie-pravitelstva-belgorodskoj-obl-ot-15082016-299-pp.pdf (дата обращения: 03.09.2025).

4. Природные территории и достопримечательности Белгородской области Игнатенко И.М., Буряк Ж.А., Корнюх К.И., Белоусова Л.И., Киреева-Гененко И.А., Дроздова Е.А. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2024620712, 14.02.2024.

5. Сайт информационно-аналитической системы «Особо охраняемые природные территории России» – URL: https://web.archive.org/web/20170828095938/http://oopt.aari.ru (дата обращения: 03.09.2025).

6. Юдина Ю.В. Конструктивная организация геопространства: совершенствование региональной сети ООПТ // Ландшафтные и экологические исследования природных и антропогенных геосистем. Материалы IV Общероссийской (с международным участием) научно-практической конференции (заочной), посвященной 85-летию высшего географического образования в Тамбовской области. Отв. редактор С.В. Панков. Тамбов, 2022. – С. 485-493.

УДК: 504.45(470.324)

ИССЛЕДОВАНИЕ НИТРАТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПИТЬЕВЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Боева А.С., Баранова А.А., Потапова Э.Г.

E-mail: coriandre@rambler.ru
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Одной из приоритетных экологических проблем Воронежской области является предоставление жителям доступа к питьевой воде нормативного качества. В статье приводятся исследования 302 разовых проб воды, отобранных из децентрализованных источников, на 34 административных территориях в ходе полевых экспедиций в период с 2024 года по первое полугодие 2025 года.

Результаты химического анализа проб воды демонстрируют существенные превышения гигиенических нормативов по нитратному азоту, варьирующиеся от 1,1 до 11,2 ПДК. Выявленное нитратное загрязнение источников децентрализованного питьевого водоснабжения создает объективный риск для здоровья проживающего в регионе населения.

Ключевые слова: качество воды, химический анализ, децентрализованные источники, хозяйственно-питьевое водоснабжение, общая жесткость, нитратное загрязнение.

В оценке качества питьевой воды на глобальном и региональном уровнях в последнее время активно развивается медико-экологический подход, который учитывает влияние химического состава водных источников не только с точки зрения потенциального вреда, но и с позиции благоприятного воздействия на здоровье человека.

Организация Объединенных Наций обращает внимание на мировые проблемы обеспечения населения пресной водой. Около трети населения мира для хозяйственно-питьевых нужд использует воду из подземных источников. Отмечается, что объем водопотребления имеет тенденцию к росту, что характерно для большинства стран США, Франции, Мексики, Турции и ряда других государств, в том числе и для Российской Федерации. На основании результатов исследований, проведенных как в отечественной, так и в зарубежной практике, установлено неблагоприятное воздействие на здоровье человека присутствия в воде ряда химических компонентов. К числу приоритетных показателей качества питьевой воды отнесены, в частности, соединения азота (включая аммонийные соли, нитриты и нитраты), тяжелые металлы и соли жесткости [1-2, 5-6].

Согласно докладу ООН «О водных ресурсах мира за 2021 год», значительная часть подземных вод Европы загрязнена нитратами, что вызвано избыточным использованием азотных удобрений. Оценки показывают, что 38 % европейских подземных вод содержат токсичные удобрения, а в Германии, например, превышение допустимых уровней нитратов было обнаружено в 16 % точек контроля.

Качество питьевой воды вызывает опасения во многих регионах России, в том числе и в Воронежской области, являющейся крупным аграрно-промышленным регионом. Поскольку на территории области основными источниками питьевой воды являются подземные воды, которые часто загрязнены и не соответствуют санитарным нормам, это представляет экологическую угрозу для здоровья жителей [3].

Учитывая все вышесказанное, становится очевидной необходимость в проведении гидрохимических изысканий на уровне регионов для оценки качества питьевой воды. Эти исследования должны охватывать не только промышленные центры, но и сельские районы, где местные источники воды (скважины, родники, колодцы) остаются основными для населения.

Цель работы заключается в проведении исследований по выявлению нитратного загрязнения источников питьевого водопользования на территории урбанизированных и сельских поселений Воронежской области.

Отбор проб воды (302 пробы) осуществлен в ходе полевых экспедиций по территории области в период с 2024 года по первое полугодие 2025 года, в том числе из скважин (113 проб), родников (105 проб), колодцев (53 пробы) и колонок (31 проба). Исследования отобранных проб воды проводились на базе аттестованной экоаналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета и включали определение показателя общей жесткости титриметрическим методом, минерализации – кондуктометрическим, содержания общего железа и нитратов – колориметрическим. Результаты анализов воды сравнивали с действующими гигиеническими нормами СанПиН 1.2.3685-21 [7].

Химический анализ позволил установить, что по частоте превышения гигиенических нормативов приоритетными загрязнителями являются *жесткость и нитраты*.

Причем, стоит отметить, что, если повышенная жесткость воды в регионе обусловлена природными особенностями и повлиять на это невозможно, то нитратное загрязнение подземных водоносных горизонтов, вызванное хозяйственной деятельностью, является основной проблемой ухудшения питьевого водоснабжения [3, 4].

Избыток нитратов в организме способствует образованию метгемоглобина, который препятствует нормальному транспорту кислорода кровью, вызывая гипоксию, которая обусловлена снижением уровня гемоглобина, негативно влияет на сердечно-сосудистую систему, провоцируя тромбоз и увеличивая риск развития инсульта.

Анализ химического состава воды выявил различные степени нитратного загрязнения. В значительном количестве проб (27,5 % или 83 из 302) содержание нитратного азота превышало допустимые нормы в несколько раз (от 1,1 до 11,2), достигая 505,5 мг/л. Еще в 16,9 % проб (51 проба) уровень нитратов приближался к допустимому значению (ПДК 45 мг/л), превышая его половину.

Анализ проб воды из децентрализованных источников указывает на прогрессирующее нитратное загрязнение питьевой воды в области. Карта,

составленная на основе этих данных, показывает, что загрязнены территории 14 муниципальных районов и 3 городских округов, что составляет 50 % из 34 административных территорий региона (рис.).

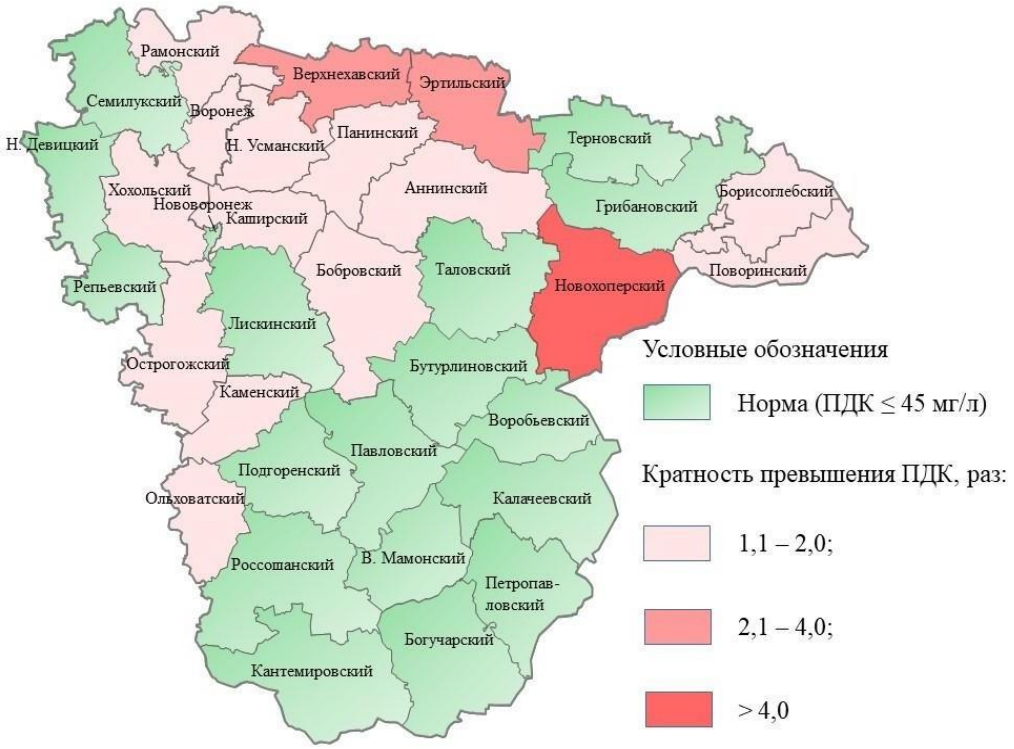


Рис. Распространение нитратного загрязнения на территории региона

В городских районах, где преимущественно используется централизованная система водоснабжения, основными источниками, приводящими к загрязнению воды азотистыми соединениями, относятся очистные сооружения, протекающие канализационные линии и городские стоки, свалки, промышленные объекты, сжигание ископаемого топлива и жилищное строительство.

Стоит заметить, что для употребления воды в питьевых целях из децентрализованных источников (скважин, колодцев, колонок, родников) проверка качества воды не требуется. Однако, они расположены преимущественно в сельской местности и могут находиться в непосредственной близости от источников сельскохозяйственного и животноводческого комплексов, являющихся крупнейшим источником поступающего с суши азота.

Кроме того, в сельской местности из-за отсутствия системы централизованной канализации, жители вынуждены использовать выгребные ямы, из которых неочищенные стоки проникают в водоносные горизонты, усиливая тем самым распространение нитратного загрязнения. Результаты исследования продемонстрировали прямую корреляцию между концентрацией нитратного азота в воде и удаленностью источника водоснабжения от выгребной ямы. Так, в непосредственной близости от выгребных ям (до 10 м) уровень нитратов превышал допустимые значения в

5-10 раз, тогда как на расстоянии 20 м и более концентрация нитратов находилась в пределах установленных нормативов.

С целью обеспечения водой для хозяйственно-бытовых нужд жители индивидуальных застроек отдают предпочтение индивидуальным скважинам или колодцам. При этом, частные колодцы мельче, чем общественные колодцы, а неглубокие колодцы более уязвимы для загрязнения нитратами. Результаты химического анализа подтверждают, что нитратное загрязнение чаще затрагивает верхние водоносные горизонты, расположенные на глубине до 20-25 м, так называемая «верховодка». С увеличением глубины скважины примерно до 40 м, содержание нитратного азота снижается до требуемых нормативов, а пробы воды, отобранные на глубине 70-80 м, практически не содержат нитрат-ионов [6].

По результатам исследования предлагается усилить мониторинг качества воды в децентрализованных водоисточниках, информировать население о необходимости использования бытовых фильтров очистки воды в случаях превышения гигиенических норм. Эффективными методами удаления нитратов являются системы ионного обмена и обратного осмоса.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-17-00219, https://rscf.ru/project/25-17-00219/

Литература

1. Corso M, Galey C, Seux R, Beaudeau P. 2018. An Assessment of Current and Past Concentrations of Trihalomethanes in Drinking Water throughout France. International Journal of Environmental Research and Public Health. 15(8): 1669. Doi: 10.3390/ijerph15081669.

2. Levêque, Jonas & Burns, Robert. 2018. Drinking water in West Virginia (USA): Tap water or bottled water – what is the right choice for college students? Journal of Water and Health. 16. Doi: 10.2166/wh.2018.129.

3. Боева А.С. Оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области, связанных с качеством питьевой воды в источниках децентрализованного водопользования // Вестник Воронежского гос. ун-та, Серия: География. Геоэкология, 2023.– № 3.– С.90-97.

4. Бочаров В.Л., Строгонова Л.Н., Овчинникова Е.С. Проблемы изучения и использования ресурсов подземных питьевых вод Воронежской области // Вестник Воронежского гос. ун-та, Серия: Геология, 2010.– №1. – С.243-252.

5. Механтьев И.И., Клепиков О.В., Масайлова Л.А. Проблема нитратного загрязнения в отдельных источниках питьевого водоснабжения Воронежской области // Региональная геоэкологическая диагностика состояния хозяйственно-питьевого и рекреационного водопользования.– Воронеж, 2020. – С. 36-46.

6. Прожорина Т.И., Баскакова А.Г., Боева А.С. Анализ загрязнения питьевых вод нитратами и оценка риска для здоровья населения Воронежской области // Известия Дагестанского гос. педагог. ун-та. Серия: Естественные и точные науки. – 2021. – Т.15.- №1. – С. 89-95.

7. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. 2021. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека URL: https://muuo.ucoz.ru/Dokumenty/2021/sanpin_1.2.3685-21.pdf (дата обращения: 09.06.2025).

УДК 502.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ООПТ «ЧУБОВСКАЯ СТЕПЬ» (КИНЕЛЬСКИЙ РАЙОН, САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Бондарь А.А.[1], Фархадова Ш.[1], Атанова К.Ю.[1,2]

E-mail: 5iva@mail.ru

Научный руководитель: Ильина В.Н., доцент кафедры биологии, экологии и методики обучения, к.б.н., доцент

[1]*Самарский государственный социально-педагогический университет, Самарская область, Россия*

[2]*ГБОУ СОШ «ОЦ» пос. Серноводск, Самарская область, Россия*

В статье приводятся данные о видовом разнообразии флоры и редких видах растений памятника природы регионального значения «Чубовская степь» (Самарская область). Результаты исследований позволили определить экологическое состояние природно-территориального комплекса как удовлетворительное с учетом данных о составе флоры. Эффективность памятника природы достаточно высокая.

Ключевые слова: памятник природы, антропогенная нагрузка, флора, Кинельский район, Чубовская степь, редкие виды, эффективность охраны.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) имеют неоспоримую ценность для сохранения природы, а также выполняют комплекс других задач – культурную, эстетическую, образовательную и другие [1]. Однако многие ООПТ недостаточно хорошо изучены или исследования были проведены десятилетия назад при организации памятников природы и требуют уточнения. В рамках различных проектов гражданского научного волонтерства возможно изучение особенностей ООПТ школьниками. Студенты соответствующих специальностей на ООПТ выполняют различные научные исследования в рамках проектов и заданий кафедр (факультетов).

Одним из интересных ООПТ Самарской области является памятник природы регионального значения «Чубовская степь» (Кинельский район). Здесь отмечены хорошая сохранность участка разнотравной луговой степи, произрастание редких и исчезающих видов флоры каменистых степей. Создание памятника природы на данной территории принято в 1983 году [6, 7]. Расположен он в границах сельского поселения Чубовка муниципального района Кинельский Самарской области, 1,7 км северо-восточнее с. Чубовка на правом берегу р. Падовка в ее верховье [3]. Сведения о памятнике природы и его состоянии представлены в ряде работ самарских исследователей [4].

Цель работы – оценка современного состояния памятника природы регионального значения Самарской области «Чубовская степь».

Основной этап исследований был осуществлен в июле и августе 2024 года. Изучение ООПТ в условиях Самарской области требует проведения нескольких выездов для более полного сбора данных. Физико-географические факторы, в том числе почвенные условия, изучены в этот период достаточно полно. Инвентаризация флоры проводилась специально, а также использовались материалы геоботанических описаний. С целью наиболее полного охвата видового состава учитывалась сезонная динамика флоры и растительности, в связи с чем исследования проводились в течение всего вегетационного периода. Это позволило пронаблюдать растения в разные фенологические фазы, проверить точность определения видов. При камеральной обработке был составлен квалифицированный список видов флоры [8-10]. Анализ флоры проведен по методике Т.И. Плаксиной.

Рельеф местности способствует выпасу скота. Со стороны водораздела к степи в составе ООПТ примыкает пашня. Эти факторы объясняют проникновение в состав травостоя сорных представителей, в том числе вьюнка полевого, полыни горькой, икотника серо-зеленого. Также большой вред травостою наносят весенние палы, намеренно устраиваемые местным населением с целью уничтожения сухих прошлогодних остатков растений на пастбищах. Лесные сообщества находятся в отдалении от основного участка изучения, на склонах встречаются единичные невысокие деревья. По западинам на склонах при увеличении влажности почвы встречаются сообщества, близкие в луговым со злаками (пырей ползучий, мятлики). Склоны и бровка водораздела заняты каменистыми и реже кустарниковыми степями. Всего отмечено около 15 ассоциаций степной растительности, среди которых основными являются ковыльники и тимьянники. Неоднократно фиксировались степны пожары, что негативно сказывается на состоянии каменистых степей [2].

Среди редких представителей отмечены 12 видов, занесенных в Красную книгу Самарской области (КК СО) [5], среди которых только 1 включен в современный перечень охраняемых видов в РФ:

1. Астрагал рогоплодный – *Astragalus cornutus Pall.* – встречается единично, обилие низкое, зарегистрировано 5 особей. КК СО – категория 3 – редкий вид.
2. Астрагал Цингера – *Astragalus zingeri Korsh*. – встречается небольшими группами или единично, обилие низкое, 45 особей. КК СО – категория 3 – редкий вид.
3. Копеечник крупноцветковый – *Hedysarum grandiflorum Pall.* – встречается группами по типичным каменистым местообитаниям, общая зарегистрированная численность около 1000 особей. КК СО – категория 5 – Восстанавливаемые и восстанавливающиеся.
4. Копеечник Разумовского– *Hedysarum rasoumovianum Fisch. et Helm.* – встречается группами по типичным каменистым местообитаниям, общая зарегистрированная численность около 800 особей. КК СО – категория 3 – редкий вид. КК РФ (Перечень видов).

5. Скабиоза исетская – *Scabiosa isetensis* L. – встречается единично или небольшими группами по типичным местообитаниям луговых степей, общая зарегистрированная численность около 300 особей. КК СО – категория 5 – Восстанавливаемые и восстанавливающиеся.

6. Келерия жестколистная *Koeleria sclerophylla* P.A. Smirn. – встречается единично или группами по типичным местообитаниям луговых степей, общая зарегистрированная численность около 700 особей. КК СО – категория 5 – Восстанавливаемые и восстанавливающиеся.

7. Ковыль перистый – *Stipa pennata L.* – встречается единично или группами по типичным местообитаниям луговых степей, общая зарегистрированная численность около 1500 особей. КК СО – категория 5 – Восстанавливаемые и восстанавливающиеся.

8. Истод сибирский – *Polygala hybrida* DC. – встречается единично или группами по типичным местообитаниям луговых степей, общая зарегистрированная численность около 120 особей. КК СО – категория 3 – редкий вид.

9. Бурачок ленский – *Alyssum lenense* Adams – встречается единично или группами по типичным местообитаниям каменистых степей, общая зарегистрированная численность около 350 особей. КК СО – категория 3 – редкий вид.

10. Лен желтый *Linum flavum* L. — встречается единично по типичным местообитаниям каменистых степей, общая зарегистрированная численность около 26 особей. КК СО – категория 5 – Восстанавливаемые и восстанавливающиеся.

11. Лен уральский – *Linum uralense* Juz. — встречается единично по типичным местообитаниям каменистых степей, общая зарегистрированная численность около 11 особей. КК СО – категория 3 – редкий вид.

12. Наголовatка Ледебура – *Jurinea ledebourii* Bunge — встречается группами по типичным местообитаниям каменистых степей, общая зарегистрированная численность около 1100 особей. КК СО – категория 3 – редкий вид.

Всего в наземных фитоценозах нами отмечено 177 видов сосудистых растений из 36 семейств. Главными семействами во флоре являются – Сложноцветные – 35 видов, Бобовые – 28 видов, Злаковые – 11 видов, Крестоцветные – 11 видов, Губоцветные – 11 видов, Розоцветные – 10 видов, Зонтичные – 8 видов, Норичниковые – 7 видов, Гвоздичные – 6 видов, Лютиковые – 5 видов. В целом состав по семействам во флоре ООПТ характерен для экосистемы и природной зоны в целом.

Основу флоры составляют травянистые многолетники – более 80 % видов. Среди них и в общем спектре преобладают стержнекорневые травы (52 вида) и корневищные травы (47 видов). Остальные группы травянистых многолетников разнообразные, но не богаты по видовому составу. Особую тревогу вызывает малая представленность луковичных видов растений – их всего два представителя из рода Лук.

При выявлении соотношения видов по гигроморфам (экологическим группам по отношению к степени увлажненности) отмечено, что преобладающей группой являются мезофиты (74 вида), что несколько выше стандартного уровня для степных ООПТ, но объясняется наличием околоводных местообитаний и переувлажненных местообитаний в западинах на склонах.

Состав флоры по растительным сообществам распределен закономерно. Хорошим показателем сохранности степного биома является наличие 19 горностепных видов растений, в основном относящихся к каменистым обнажениям. Однако тревожным показателем является наличие 16 сорных видов растений, что говорит о необходимости усиления природоохранных мероприятий – снижению выпаса и профилактика пожаров.

В целом состояние памятника природы «Чубовская степь» считаем удовлетворительным, а сам памятник характеризуется эффективностью в сохранении ландшафтного, ценотического и видового разнообразия.

Литература

1. Ильина В.Н. Эталонные природные комплексы Самарского Заволжья: к вопросу сохранения фиторазнообразия степей региона // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – Вып. 67. – С. 93-99.

2. Ильина В.Н. Пирогенное воздействие на растительный покров // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2011. – Т. 20. – № 2. С. 4-30.

3. Ильина В.Н., Соловьева В.В., Митрошенкова А.Е. Основные вопросы ботанического краеведения: учебное пособие для студентов естественно-географического факультета. – Самара: СГСПУ, 2020. – 230 с.

4. Ильина Н.С., Устинова А.А., Ильина В.Н. Мониторинг памятников природы окрестностей с. Чубовка // Татищевские чтения: Актуальные проблемы науки и практики / Материалы Международной научной конференции. Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды. Часть II. – Тольятти, 2004. – С. 159-164.

5. Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений и грибов / Под ред. С.А. Сенатора и С.В. Саксонова. – Самара, 2017. – 284 с.

6. Особо охраняемые природные территории регионального значения Самарской области: материалы государственного кадастра, издание второе. – Самара: ООО «Лаборатория Экотон», 2018. – 377 с.

7. Рогов С.А., Рогова Н.А., Ильина В.Н. Особо охраняемые природные территории регионального значения Самарской области: история создания, особенности организации, функционирования и государственного управления: Учебное пособие для студентов естественно-географического факультета. – Самара: СГСПУ, 2020. – 99 с.: илл.

8. Сосудистые растения Самарской области: Учебное пособие / Под ред. А.А. Устиновой и Н.С. Ильиной. / А.А. Устинова, Н.С. Ильина, А.Е. Митрошенкова, В.И. Матвеев, О.А. Задульская, В.В. Соловьева, Н.И. Симонова, Г.Н. Родионова, Т.К. Шишова, В.Н. Ильина. – Самара: ООО «ИПК «Содружество», 2007. – 400 с.

9. Флора Самарской области: Учебное пособие / Под общей редакцией А.А. Устиновой и Н.С. Ильиной / А.А. Устинова, Н.С. Ильина, А.Е. Митрошенкова, В.И. Матвеев, О.А. Задульская, В.В. Соловьева, Н.И. Симонова, Г.Н. Родионова, Т.К. Шишова, В.Н. Ильина. – Самара: Изд-во СГПУ, 2007. – 321 с.

10. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / сост. В.Н. Ильина, А.Е. Митрошенкова, Н.Н. Сазонова. – Самара: СГСПУ, 2021. – 236 с.

УДК 628.4.042

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАЩЕНИЯ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ОТХОДАМИ: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ (НА ПРИМЕРЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗАО «РУССКИЕ ПРОТЕИНЫ»)

Вендина Т.Н., Серый С.В.

E-mail: furmanova@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

В статье рассматривается актуальная проблема утилизации биологических отходов животного происхождения, представляющих значительную экологическую угрозу при неправильном обращении. На примере ЗАО «Русские протеины» проанализирована современная технологическая цепочка переработки таких отходов в высококачественную кормовую и техническую продукцию. Подробно описаны ключевые стадии процесса: приемка, термическая обработка, рафинация жиров и контроль качества. Сделан вывод об эффективности применяемого предприятием полного производственного цикла, который позволяет не только минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, но и способствовать развитию экономики замкнутого цикла в агропромышленном комплексе.

Ключевые слова: биологические отходы, обращение с биологическими отходами, утилизация, обезвреживание отходов, экологический риск, ресурсосбережение, технологический процесс

Проблема обезвреживания и переработки биологических отходов (БО) животноводства и мясоперерабатывающей промышленности остается одной из наиболее острых в контексте обеспечения ветеринарно-санитарного благополучия и охраны окружающей среды [4, 5].

Согласно закону РФ от 14.05.1993 № 4979-1 (ред. от 28.12.2024) «О ветеринарии», биологическими отходами являются останки животных и другие объекты животного происхождения, являющиеся результатом ветеринарной деятельности, ветеринарные конфискаты, отходы, получаемые при переработке пищевого и непищевого сырья животного происхождения [2].

Использование традиционных методов утилизации БО (захоронение или сжигание), приводят не только к безвозвратной потере ценных белковых и жировых ресурсов, но и сопряжены с рисками загрязнения почв, грунтовых вод и атмосферы [4, 6].

Существенную эпидемиологическую опасность представляют десятки тысяч скотомогильников, расположенных на территории России. Большая часть из которых не соответствуют санитарным нормам, а другие содержат возбудитель сибирской язвы – чрезвычайно устойчивую

в окружающей среде бактерию. Длительное сохранение этого патогена в почве создает постоянный риск масштабного бактериологического заражения в случае природных или антропогенных катастроф [7].

Исходя из вышеизложенного, наиболее перспективным направлением является переработка биологических отходов в безопасную и полезную продукцию, соответствующую ГОСТ – кормовую муку животного происхождения и технический и кормовой животный жир [1].

Опыт российских предприятий, работающих в этой сфере, представляет значительный научный и практический интерес. Одним из таких примеров является деятельность предприятия ЗАО «Русские протеины», расположенного в Белгородской области. Предприятие с 2007 года успешно реализует комплексный подход к переработке биологических отходов.

Мощность предприятия составляет 68 000 тонн перерабатываемых отходов в год. Технологический процесс представляет собой замкнутый цикл и включает несколько ключевых этапов [3], он представлен на рисунке.

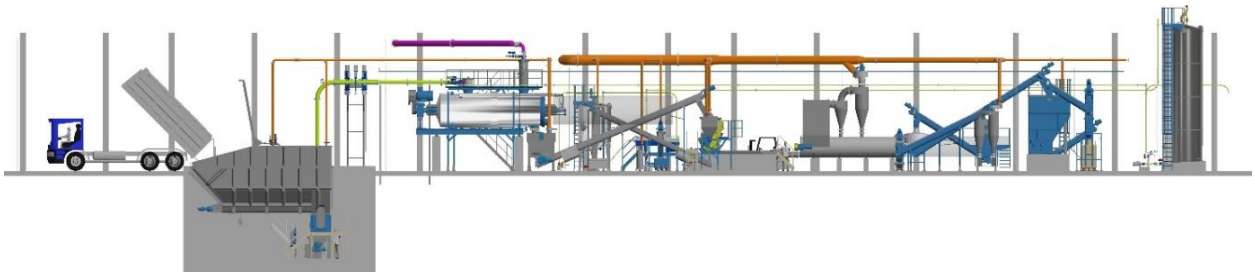


Рис. 1. Схема технологического процесса ЗАО «Русские протеины»

1. *Приемка и подготовка сырья.* Предприятие осуществляет сбор широкого спектра непищевого сырья: отходы убоя свиней и птицы, падеж, ветеринарные конфискаты, а также просроченные пищевые продукты как на территории Белгородской области, так и в других регионах ЦФО. Для соблюдения ветеринарно-санитарных норм используется специализированный автотранспорт со сменными контейнерами. На территории предприятия сырье кратковременно (около 2-х часов) хранится в цехе приемки, после чего перегружается в приемные бункера объемом 40 и 50 м³ для дальнейшей подачи в производственный цех.

2. *Термическая обработка и производство муки.* Основной стадией обеззараживания и преобразования сырья является варка в варочных котлах под давлением и при высокой температуре. Это позволяет уничтожить патогенную микрофлору и придает

продукту стабильность. Прошедший тепловую обработку полуфабрикат подвергается отжиму для отделения жировой фракции, измельчению на дробилках и просеиванию на виброситах. Готовая мясокостная мука соответствует ГОСТ Р 55468-2013 [1]. Объем производства мясокостной муки составляет 1300-1400 т/мес. Мука расфасовывается в мешки (big-bag) для удобной и безопасной транспортировки к потребителю. Важно отметить специализацию производства – каждый вид сырья перерабатывается отдельно: сырье, получаемое от свиней (около 600 т/мес.), птицы (около 700 т/мес.), а также функционирует цех по переработке пера с выпуском 100 т/мес. перьевой муки.

3. Производство и рафинация жира. Отжатая в процессе производства муки жировая фракция является сырьем для получения кормового (400-450 т/мес.) и технического (до 50 т/мес.) жира. Для повышения качества продукции на предприятии внедрена линия хемосорбционной (щелочной) рафинации. Технологический процесс включает нагрев нерафинированного жира, обработку его щелочью в нейтрализаторах для связывания свободных жирных кислот, отстаивание и последующую фильтрацию через систему напорных фильтров. Данный процесс позволяет получить чистый, стабильный продукт с заданными свойствами.

4. Контроль качества и экологическая безопасность. Технохимический контроль на всех этапах технологической цепи – от входящего сырья до готовой продукции осуществляет собственная сертифицированная лаборатория. Работы в лаборатория проводятся в 2-х вытяжных шкафах. В шкафу №1 производится сжигание протеина в печи и определение жира в муке с применением серной кислоты, диэтилового эфира, уксусной кислоты, хлороформа; в шкафу №2 производится перегонка протеина и определение кислотного числа в продуктах с применением борной кислоты, гидроокиси натрия, диэтилового эфира, крахмала 1 %-ный. Экологическая составляющая производственного процесса обеспечивается наличием цеха утилизации отходящих газов, использованием герметичных накопителей для сточных вод с последующим их вывозом, а также замкнутой системой водоснабжения от собственных скважин.

Опыт ЗАО «Русские протеины» наглядно демонстрирует эффективность современного технологического подхода к обращению с биологическими отходами. Вместо экологически небезопасной практики захоронения предприятие реализует модель экономики замкнутого цикла, трансформируя потенциально опасные отходы в ценные кормовые ресурсы (высокобелковую муку, жир) и техническую продукцию.

Основными преимуществами в деятельности ЗАО «Русские протеины» являются:

– использование современного европейского оборудования;

– многоступенчатый технологический процесс, обеспечивающий полное обеззараживание сырья;

– глубокое разделение и очистка продуктов переработки (рафинация жиров);

– строгий многоуровневый контроль качества.

Перспективы развития таких производств связаны с дальнейшей автоматизацией технологических процессов, углублением переработки для получения продуктов с более высокой стоимостью (например, выделение отдельных аминокислот, ферментов), а также с расширением географии сбора сырья.

Деятельность предприятий, подобных ЗАО «Русские протеины», вносит значительный вклад в обеспечение экологической безопасности регионов с развитым животноводством и создает прочную основу для устойчивого развития агропромышленного комплекса России.

Литература

1. ГОСТ Р 55468-2013. Продукция кормовая животного происхождения. Общие технические условия. – Введ. 2014-07-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 12 с.

2. Закон РФ от 14.05.1993 N 4979-1 (ред. от 28.12.2024) «О ветеринарии» // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_4438/b2dbb96835891446131bb6ccbc08daa37034e8c4/ (дата обращения: 05.09.2025).

3. Материалы технической документации ЗАО «Русские протеины» : [комплект документов]. – [Б. м.], 2024.

4. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изменениями и дополнениями) // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. – URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/(дата обращения: 05.09.2025).

5. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. N 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (с изменениями и дополнениями) // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/ (дата обращения: 05.09.2025).

6. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»

УДК 502.4:338.48(470)

СЕТЬ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Вендина Т.Н., Яценко А.А., Заздравных А.Л.

E-mail: furmanova@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

В статье представлен комплексный анализ современного состояния сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Российской Федерации по данным государственного доклада Минприроды России за 2023 год. Рассмотрены количественные и качественные показатели системы ООПТ федерального, регионального и местного значения, их пространственное распределение по федеральным округам. Особое внимание уделено ООПТ, имеющим международный статус (объекты Всемирного наследия ЮНЕСКО, Рамсарские угодья, биосферные резерваты). Проанализированы ключевые направления деятельности на ООПТ: охрана, научные исследования, эколого-просветительская и волонтерская работа, развитие экологического туризма. Определены основные перспективные направления развития заповедной системы России.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории (ООПТ), заповедная система России, природоохранная деятельность, биоразнообразие, устойчивое развитие, экологический туризм.

Система особо охраняемых природных территорий (ООПТ) является ключевым элементом государственной политики РФ в области сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, поддержания экологического баланса и обеспечения устойчивого развития. На современном этапе сеть ООПТ России представляет собой сложный и многофункциональный комплекс, требующий постоянного мониторинга и анализа для оценки ее эффективности и определения перспектив развития.

Целью статьи является обобщение актуальных данных о состоянии сети ООПТ России и выявление основных тенденций и приоритетов ее дальнейшего развития.

По данным Министерства природных ресурсов и экологии России, на конец 2023 года в стране насчитывалось 12,5 тыс. ООПТ федерального, регионального и местного значения. Их совокупная площадь достигла 244,4 млн га, что является одним из самых высоких показателей в мире.

Структура сети ООПТ характеризуется значительным преобладанием территорий регионального и местного значения как по количеству (97,3 %, или 11 981 единица), так и по площади (69,2 %, или 169,1 млн га). Однако, именно федеральные ООПТ, несмотря на их малое количество (337 единиц), обеспечивают сохранение эталонных и наиболее ценных природных комплексов на общей площади 75,4 млн га [1].

Пространственное распределение ООПТ по территории страны крайне неравномерно. Наибольшее количество ООПТ сосредоточено в Центральном федеральном округе (31,8 %), что обусловлено высокой антропогенной нагрузкой и необходимостью сохранения природы в густонаселенном регионе. Наибольшая же площадь ООПТ приходится на Дальневосточный федеральный округ (64,8 % от общей площади ООПТ по стране), что связано с наличием крупнейших заповедников и национальных парков.

Федеральные ООПТ в РФ представлены пятью категориями [6]:

1. Государственные природные заповедники (107 единиц, 30,1 млн га) – территории с наиболее строгим режимом охраны, где запрещена любая деятельность, противоречащая задачам сохранения природных комплексов.

2. Национальные парки (70 единиц, 31,5 млн га) – сочетают задачи охраны природы с рекреационным и просветительским использованием.

3. Государственные природные заказники федерального значения (63 единицы, 13,9 млн га) – создаются для сохранения или восстановления отдельных компонентов природы.

4. Памятники природы (22 единицы).

5. Дендрологические парки и ботанические сады (75 единиц) – занимают незначительную площадь, но играют важную роль в сохранении уникальных объектов и поддержания биоразнообразия.

Национальные парки и заповедники занимают доминирующее положение в структуре федеральных ООПТ, на их долю приходится более 80 % общей площади.

Российские ООПТ являются неотъемлемой частью глобальной системы охраны природы [2, 3, 5]. По состоянию на 2023 год:

- 11 природных объектов России включены в Список всемирного наследия ЮНЕСКО, 2 из которых являются трансграничными.
- 41 водно-болотное угодье имеет международный статус в рамках Рамсарской конвенции.

- 48 биосферных резерватов ЮНЕСКО функционируют на территории России, интегрируя задачи сохранения природы и устойчивого развития.
- Действуют 6 трансграничных ООПТ, созданных совместно с Финляндией, Монголией, Китаем, Казахстаном и Беларусью, что способствует укреплению международного сотрудничества в охране мигрирующих видов и экосистем.

Деятельность на ООПТ многогранна и включает:

1. Охрану территорий: в 2023 году госинспекторами было выявлено свыше 15 тыс. нарушений природоохранного законодательства. Численность штата инспекторов составляет 4946 человек, что подчеркивает масштаб работы по противодействию браконьерству и другим нарушениям.

2. Научные исследования: на ООПТ работают 615 научных сотрудников. Только 2023 году ими было опубликовано 1824 научных работы, велись многолетние наблюдения по программе «Летопись природы» на 131 территории [4].

3. Экопросвещение и волонтерство: проведено более 15,8 тыс. эколого-просветительских мероприятий с участием свыше 5 млн человек. Активно развивается волонтерское движение с привлечением добровольцев [1].

4. Развитие туризма: принятый в 2023 году Федеральный закон № 77-ФЗ способствует упорядочиванию рекреационной деятельности [6]. В 18 национальных парках реализуются проекты по созданию туристской инфраструктуры на общую сумму 165,5 млн руб.

Перспективы развития сети ООПТ России, прежде всего, связаны с реализацией следующих направлений:

1. Увеличением числа охраняемых территорий. Продолжение работы по созданию новых ООПТ (в 2023 г. создано 3 новых национальных парка) и увеличению площади существующих.

2. Совершенствование системы охраны территорий. Внедрение современных технологий мониторинга (в т.ч. БПЛА), укрепление материально-технической базы, развитие системы профилактики нарушений и пожаров (в 2023 г. количество пожаров на федеральных ООПТ было минимальным за 5 лет).

3. Развитие экологического туризма. Создание современной инфраструктуры, обеспечивающей минимизацию антропогенной нагрузки и повышающей доступность природных объектов для посещения населением.

4. Международное сотрудничество. Развитие существующих и создание новых трансграничных ООПТ.

К основным проблемам можно отнести антропогенное давление на границах ООПТ, незаконное природопользование, недостаточное финансирование и необходимость дальнейшего развития инфраструктуры и кадрового потенциала.

Сеть ООПТ России представляет собой уникальный и эффективный инструмент сохранения природного наследия страны. На современном этапе она демонстрирует устойчивое развитие по всем ключевым направлениям: охрана, наука, просвещение и туризм. Несмотря на существующие проблемы, система продолжает расширяться и качественно трансформироваться, интегрируясь в международные природоохранные инициативы. Дальнейшее развитие сети ООПТ должно быть направлено на укрепление ее целостности, эффективности управления и роли в достижении целей устойчивого развития Российской Федерации.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году». – М.: Минприроды России, 2024. – С. 145-152.

2. Конвенция о биологическом разнообразии [Электронный ресурс]. – URL: https://www.cbd.int/convention/text/

3. Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия [Электронный ресурс]. – URL: https://whc.unesco.org/ru/conventiontext/

4. Летопись природы // Русское географическое общество. Проект «Окружающий мир» [Электронный ресурс]. – URL: https://fenolog.rgo.ru/article/letopis-prirody

5. Конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц (Рамсарская конвенция) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_r.pdf

6. Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ (ред. от 31.07.2023) «Об особо охраняемых природных территориях» // Собрание законодательства РФ. – 1995. – № 12. – Ст. 1024. // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения: 05.09.2025).

7. Элдесбаев, Э.Н. Анализ современных направлений обращения с биологическими отходами в системе экономики природопользования / Э. Н. Элдесбаев, И. В. Петрова, Е. А. Котельникова // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2015. – № 3(75). – С. 31.

УДК 631.438.2

ДИНАМИКА УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ СТРОНЦИЙ-90 И ЦЕЗИЙ-137 В ПОЧВАХ РЕПЕРНЫХ УЧАСТКОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Герасименко П.С., Погорелова Н.С., Куканчик С.В., Семушина Л.Н., Коновалова М.И., Можаева М.Л.

E-mail: agrohim_61_2@mail.ru
Северо-Донецкий филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба», г. Миллерово, Россия

В статье представлены результаты наблюдений по динамике удельной активности ^{137}Cs *и* ^{90}Sr *в пахотном горизонте почв реперных участков зоны обслуживания Северо-Донецкого филиала ФГБУ «РосАгрохимслужба» за* 2021-2025 гг**.** В течение пятилетки удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr подвержена изменениям. Установлено, что изменение содержания в пахотном слое ^{137}Cs и ^{90}Sr обратно пропорциональны**.** Ситуация по степени радиоактивного загрязнения почв, исследуемых сельхозплощадей оценивается как относительно удовлетворительная. Тип почвы не влиял на концентрации и динамику радионуклидов в пахотном горизонте почвы.

Ключевые слова: радионуклиды, цезий-137, стронций-90, почва, земли сельскохозяйственного назначения.

В связи с интенсивным применением средств химизации в сельском хозяйстве, выбросами промышленных предприятий, транспорта, АЭС актуальным является своевременное выявление и прогнозирование загрязнения почв сельхозугодий различными токсичными элементами и его влияние на качество сельскохозяйственной продукции. Верхний слой почв накапливает до 95–98 % многолетнего техногенного воздействия [4, 7, 8]. Однако, имеющиеся материалы по радиоактивному загрязнению почв регионов юга европейской части России (Предкавказья и Северного Кавказа) отрывочны и разрознены, поэтому исследования по установлению величин удельной активности радионуклидов в объектах окружающей среды и закономерностей их распределения на территориях юга Европейской части России являются актуальной задачей для почвоведения и для радиационной безопасности человека и окружающей среды [1].

Нами были изучены данные за последние 5 лет по изменению удельной активности радионуклидов цезия и стронция на 6 реперных участках, заложенных в рамках государственной программы локального агроэкологического мониторинга на землях сельскохозяйственного назначения северо-западной части Ростовской области зоны обслуживания Северо-Донецкого филиала ФГБУ «РосАгрохимслужба».

Каждый реперный участок имеет индивидуальный порядковый номер, паспорт, используется в сельскохозяйственном производстве и не исключается из действующего севооборота (таблица 1).

Таблица 1

Характеристика реперных участков зоны обслуживания Северо-Донецкого филиала ФГБУ «РосАгрохимслужба»

Район	№	Почва	Расстояние от реперных участков до объектов загрязнения, км							
			фермы	склады с/х химии	заводы	аэродромы	ТЭЦ	железные дороги	автодороги	карьеры
Миллеровский х. Журавка	1	чернозем южный	1	6	3,2	4,5		13	0,5	
Миллеровский х. Новоандреевка	2	чернозем южный	0,6	0,8	5	8		4	2	
Морозовский ст. Вольнодонская	10	темно-каштановая	0,5	3		12		3	4	
Кашарский сл. Кашары	12	чернозем южный	1	5					0,1	
Кашарский сл. Кашары	13	чернозем южный	0,8	5					0,1	
Верхнедонской х. Суходольный	24	чернозем южный	2	4					0,2	

Образцы почв отбирались согласно [6]. Удельную активность ($А_{уд}$) ^{137}Cs в почвах определяли гамма-спектрометрическим методом [2], удельную активность ^{90}Sr – радиохимическим методом [3].

Данные о содержании радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в почвах реперных участков за 2021-2025 гг. представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Удельная активность цезия-137 в почвах реперных участков в 2021-2025 гг.

Район	Номер реперного участка	$А_{уд}$ ^{137}Cs, Бк/кг				
		2021	2022	2023	2024	2025
Миллеровский	1	15,48	14,32	11,75	9,07	10,18
Миллеровский	2	15,49	16,17	10,59	9,39	6,09
Морозовский	10	14,66	15,53	9,63	8,37	6,23
Кашарский	12	16,20	16,63	12,66	11,18	7,06
Кашарский	13	15,78	15,53	11,29	10,10	8,56
Верхнедонской	24	17,38	17,47	10,17	9,49	8,67

Таблица 3

Удельная активность стронция-90 в почвах реперных участков в 2021-2025 гг.

Район	Номер реперного участка	$A_{уд}$ ^{90}Sr, Бк/кг				
		2021	2022	2023	2024	2025
Миллеровский	1	1,50	1,43	1,71	2,85	1,66
Миллеровский	2	1,96	1,83	4,45	3,07	1,41
Морозовский	10	2,18	2,27	3,00	4,17	1,18
Кашарский	12	1,38	1,44	4,78	3,01	2,14
Кашарский	13	1,26	1,38	2,17	4,24	3,02
Верхнедонской	24	1,21	1,46	4,66	1,22	1,71

Согласно полученным результатам, удельная активность цезия-137 в почвах обследованных участков за пятилетний период наблюдений варьирует от 6,09 Бк/кг (что соответствует 0,045 Ku/км^2) (Миллеровский р-н) до 17,47 Бк/кг, или 0,129 Ku/км^2 (Верхнедонской р-н). Ситуация по степени радиоактивного загрязнения оценивается как относительно удовлетворительная [5]. Средняя арифметическая удельная активность ^{137}Cs в почвах пашни 12,04 Бк/кг.

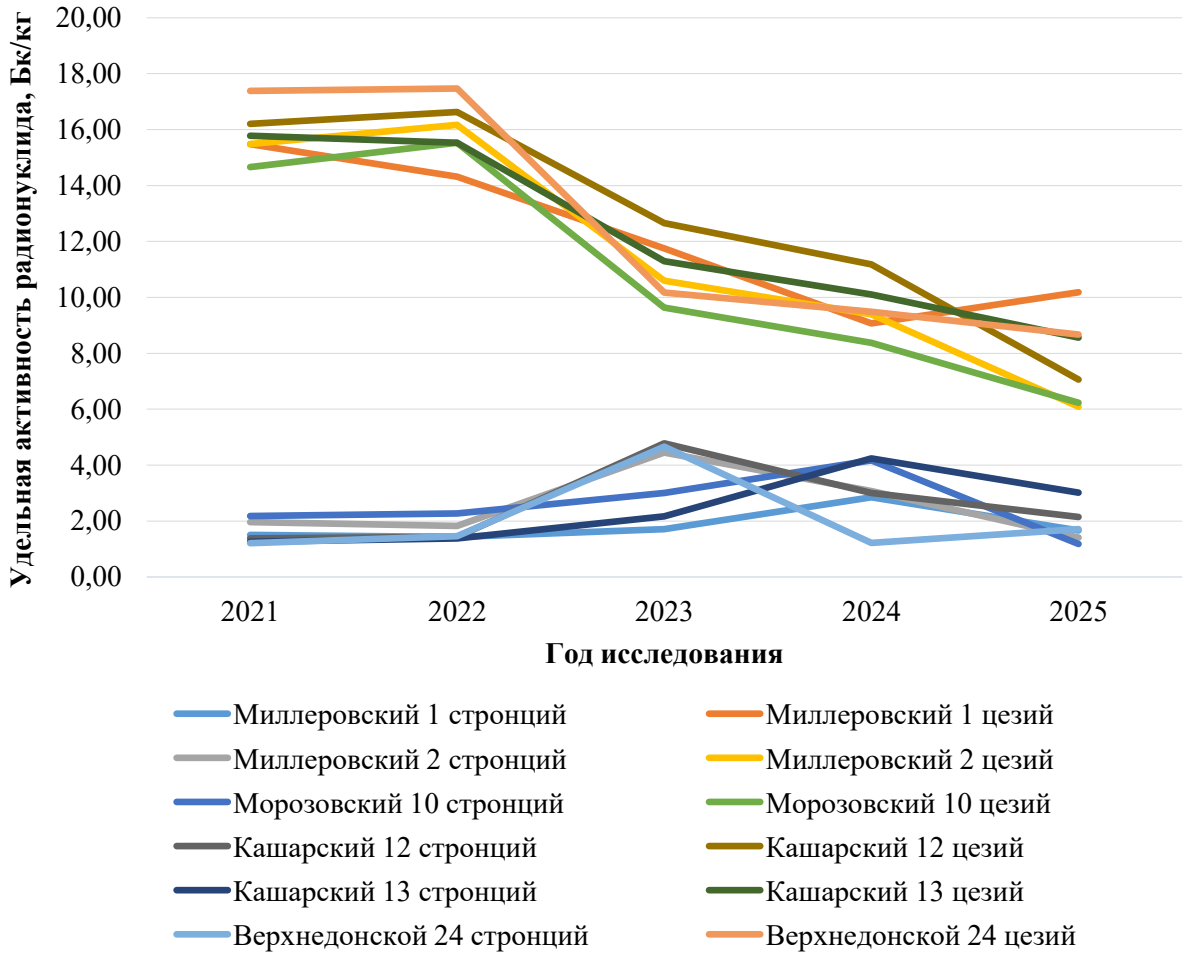


Рис. 1. Динамика удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в почве реперных участков

Среднее по зоне обслуживания значение удельной активности стронция-90 составило 2,33 Бк/кг. Максимальная удельная активность ^{90}Sr была отмечена в Кашарском районе в 2023 г. (4,78 Бк/кг=0,035 Ku/км^2), минимальная – в 2025 г. в Морозовском районе на реперном участке № 10, находящегося близ ст. Вольнодонской – 1,18 Бк/кг, или 0,009 Ku/км^2. Согласно [5], если плотность загрязнения стронцием-90 менее 0,3 Ku/км^2, то ситуация оценивается как относительно удовлетворительная.

В ходе исследований было установлено, что с 2021 по 2025 гг. в почвах реперных участков содержания цезия уменьшилось (рис. 1). Так, $A_{уд}$ ^{137}Cs в 2021 году варьировала от 14,66 до 17,38 Бк/кг (в среднем равнялась 15,83 Бк/кг), а за пять лет она снизилась на 50 % и в 2025 году составила 6,09-10,18 Бк/кг (среднее значение 7,80 Бк/кг).

Динамика содержания стронция-90 в почве была менее интенсивной: за пять лет наблюдений $A_{уд}$ данного радионуклида изменилась на 17 % с 1,21-2,18 Бк/кг (среднее значение 1,58 Бк/кг) до 1,18-3,02 Бк/кг (среднее значение 1,85 Бк/кг). Следует отметить, что со стронцием-90 в почве наблюдалась тенденция, противоположная ^{137}Cs – содержание ^{90}Sr с течением времени возросло.

Тип почвы не влиял на удельные активности исследуемых радионуклидов и их динамику в пахотном горизонте.

Литература

1. Бураева Е.А. Радиоактивность почв юга европейской части России. Автореферат дис. доктора биол. наук. – Ростов-на-Дону, 2023. – 48 с.
2. ГОСТ Р 54038-2010. Почвы. Метод определения ^{137}Cs.
3. ГОСТ Р 54041-2010. Почвы. Метод определения ^{90}Sr.
4. Меньшикова Е.А., Блинов С.М., Перевощиков Р.Д. Естественные радионуклиды в отвалах Кизеловского угольного бассейна // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2020. – С. 433–435.
5. Методика «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия» утв. Минприроды РФ 30.11.1992. – М.: 1992. – 58 с.
6. Методическим указаниям по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 1996. – 76 с.
7. Перевощиков Р.Д. Радиационная оценка почв на территории Верхнекамского месторождения калийных солей // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды. Сборник материалов всероссийской школы-семинара, посвященной памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2021. – С. 285–287.
8. Перевощиков Р.Д., Белышев Д.А., Золотарев Л.Р. Радиационная оценка объектов окружающей среды на территории Верхнекамского месторождения калийных солей // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: VI Международная научно-практическая конференция. – Севастополь, 2019. – С. 130–133.

УДК 631.417.2

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО НАКОПЛЕНИЮ ГУМУСА В ПОЧВОГРУНТЕ С РАЗНЫМ ИСХОДНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Голеусов П.В., Морабандза К.-Б., Ермолаева А.Е.

E-mail: goleusov@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

Представлена структура и первые результаты эксперимента по исследованию гумусонакопления в нанесённом почвогрунте в условиях залужения. Долгосрочный эксперимент поставлен на рекультивированной площадке карбонового полигона НИУ «БелГУ» и направлен на выявление зависимости темпов накопления органического вещества (ОВ) от исходного его содержания в почвенном материале типичного чернозёма. За первый вегетационный период эксперимента наибольший абсолютный прирост содержания ОВ отмечен в наиболее гумусированном почвогрунте, наибольший относительный прирост – наоборот, на безгумусном суглинистом субстрате.

Ключевые слова: нанесённый почвогрунт, техногенные поверхностные образования, гумусонакопление, органическое вещество почв, карбоновый полигон, залужение

Для оценки возможностей почв и почвоподобных тел накапливать и стабилизировать углерод, предотвращая его возвращение в атмосферу, важно оценить факторы, формирующие углерод-протекторную способность почв. Для почв разного гранулометрического состава эта способность зависит от содержания глинистой фракции, а для почв и грунтов одного гранулометрического типа – от исходного содержания органического вещества [Когут, Семёнов, 2020]. При этом базовый уровень оценки интенсивности накопления углерода в почвах, вероятно, должен быть связан с поступлением в них органических остатков в режиме, близком к природному: на залежах, при естественном и искусственном залужении деградированных почв. На залежах такие исследования сталкиваются как с неопределённостью исходного содержания гумуса в момент забрасывания, так и с трудностью подбора почвенных ситуаций, формирующих единый деградационный ряд. Косвенно об исходном состоянии постагрогенных почв можно судить по соотношению содержания органического вещества в бывшем пахотном и регенерированном из него гумусовом горизонте и на фоновой пашне [Голеусов и др., 2024]. Но полный контроль за условиями накопления углерода можно обеспечить при постановке эксперимента, где субстраты с близким гранулометрическим и минеральным составом, но разным исходным содержанием органического вещества залужены сходными, близкими к естественным, растительными группировками.

На экспериментальной площадке карбонового полигона НИУ «БелГУ» в 2023-2024 гг. проведена закладка эксперимента по определению интенсивности накопления органического вещества в субстратах с разным исходным содержанием гумуса. Участок проведения эксперимента ранее представлял собой поверхность, сформированную при технической рекультивации свалки строительного мусора, существовавшей на территории ботанического сада НИУ «БелГУ». На экспериментальной площадке площадью 1200 м^2, после выемки свалочного грунта на глубину 30 см в октябре-декабре 2023 г. произведена отсыпка трёх видов субстратов на площадках 20×20 м, с содержанием органического вещества 6 %, 4 % (плодородный слой чернозёма типичного тяжелосуглинистого) и 0,5 % (тяжёлый лессовидный суглинок): площадки А, Б и В, соответственно. Исходные характеристики почвогрунтов зафиксированы при отборе проб из отвалов, до нанесения на поверхность опытных площадок. Макроэлементный состав почво-грунтов, по данным рентгенофлуоресцентного анализа, представлен в табл. 1. Он достаточно однороден, а различия связаны с разной степенью биогенности. В частности, почвогрунт А является верхней частью гумусово-аккумулятивного горизонта (несмытый), почвогрунт Б – его средней частью (среднесмытый), В – материнской породой.

Таблица 1

Содержание оксидов макроэлементов в почвогрунтах, %

Вариант	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	Na_2O	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5
А	63,69	11,03	3,83	1,92	2,11	1,67	1,27	0,76	0,74	0,18
Б	63,32	10,98	3,99	1,83	1,74	1,47	1,26	0,73	0,07	0,12
В	59,37	11,75	4,02	4,71	1,65	1,43	1,52	0,75	0,08	0,07

Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004), почвогрунты экспериментальных площадок относятся к техногенным поверхностным образованиям, площадки А и Б – органолитостраты, В – литострат. Со временем в процессе почвообразования органолитостраты трансформируются в урбиквазиземы, а на лёссовидном суглинке образуется пелозём гумусовый.

В весенний период (апрель) 2024 г. произведён посев донника лекарственного (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.) для выравнивания условий биологического круговорота в отношении циклов углерода, азота и фосфора. На площадке А вместе с донником появились всходы фацелии (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) и овса (*Avena sativa* L.), которые были занесены вместе с плодородным слоем. В мае произведено скашивание сорных видов (среди них доминировал вид *Lactuca serriola* L.), в июле проведено сплошное скашивание надземной фитомассы. К концу вегетационного периода на поверхности нанесённых субстратов на площадках А и Б сформировался органогенный слой, который обеспечил формирование горизонта А0 в регенерационных почвенных системах. На площадке В сплошной растительный покров в вегетационный период 2024 г. не сформировался, в связи с летне-осенней засухой и менее благоприятными субстратными условиями (рис. 1).



Площадка А Площадка Б Площадка В

Рис. 1. Состояние площадок эксперимента на 19.10.2024

В весенний и осенний периоды был произведён отбор проб на определение содержания органического вещества и некоторых химических и физико-химических свойств в 5-кратной повторности, на глубину 10 см. Отбор проводили методом «конверта», на площадке В – только на участках с растительным покровом. Анализ содержания органического вещества проводили по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова, $pH_{вод.}$ – потенциометрическим методом, содержание CO_2 карбонатов – ацидиметрическим методом. Результаты представлены в табл. 2 и 3.

Наибольший абсолютный прирост содержания ОВ произошёл на площадке А, где была сформирована значительная фитомасса и было самое большое поступление органического вещества в почву. Наибольший относительный прирост ОВ характерен для глинистого субстрата (на 144 %).

Таблица 2

Изменение содержания органического вещества (ОВ) в почвогрунтах в ходе эксперимента

№ площадки	Содержание ОВ, %			Прирост содержания ОВ, абс. %	Относительный прирост, %	Прирост содержания ОВ, абс. %	Относительный прирост, %
	Апрель, 2024	Ноябрь, 2024	Март, 2025	за вегетационный период		за год	
А	5,21±0,18	7,10±0,79	5,75±0,33	+1,89	+36,28	+0,54	+10,36
Б	3,50±0,08	4,31±0,69	4,14±0,30	+0,81	+23,14	+0,64	+18,29
В	0,45±0,08	1,10±0,16	0,65±0,14	+0,65	+144,44	+0,2	+44,44

Также было определено изменение таких химических свойств, как $pH_{вод.}$ и содержание CO_2 карбонатов. Эти изменения представлены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение pHвод. и содержания CO_2 карбонатов в ходе эксперимента

№ площадки	pHвод.			CO_2 карбонатов, %		
	апрель, 2024	ноябрь, 2024	изменение	апрель, 2024	ноябрь, 2024	изменение
А	7,86±0,18	7,89±0,02	+0,03	1,61	1,85±0,31	+0,24
Б	8,11±0,20	8,06±0,10	-0,05	1,32	1,76±0,51	+0,44
В	8,48±0,17	8,20±0,02	-0,28	3,96	5,59±0,53	+1,63

На гумусированных субстратах изменение $pH_{вод.}$ незначительное, на суглинистом субстрате произошла заметная нейтрализация щёлочности. Кроме того, в субстратах произошло некоторое увеличение содержания карбонатов.

Более гумусированный почвогрунт создаёт благоприятные условия для формирования растительной группировки, что уже в первый вегетационный период обеспечивает интенсивное поступление в почву органического вещества. Поэтому более существенный абсолютный прирост содержания ОВ на площадке А, по сравнению с остальными площадками закономерен. Но в относительном выражении он менее значителен, чем на лессовидном суглинке, что свидетельствует о снижении прироста ОВ по мере достижения состояния насыщения.

Органическое вещество почвы в осенний период определения в значительной степени содержит нестабильную, легко минерализуемую фракцию. Этот компонент новообразованного ОВ используется микроорганизмами в зимний период, поэтому при последующем весеннем определении (март, 2025 г.) прирост ОВ по сравнению с осенью 2024 г. уменьшился, но остался положительным (см. табл. 2). На площадке А относительный прирост содержания ОВ за год в итоге оказался наименьшим, а на площадке В – наибольшим. При этом потеря от минерализации за зимний период была сопоставима в этих вариантах. Меньше всего было потеряно ОВ на площадке Б (среднее содержание ОВ). Таким образом, баланс ОВ, определяемый соотношением процессов образования и минерализации гумуса, также зависит от исходного содержания ОВ в почвогрунте. Можно предположить, что средне- и малогумусные почвогрунты более перспективны для депонирования и секвестрации углерода.

Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-17-00169 (https://rscf.ru/project/23-17-00169/)

Литература

1. Голеусов П.В., Лисецкий Ф.Н., Малышев А.В. Тренды воспроизводства постагрогенных почв в лесостепной зоне Европейской территории России // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2024. – Т. 20. – Вып. 1. – С. 165-180.

2. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

3. Когут Б.М., Семенов В.М. Оценка насыщенности почвы органическим углеродом // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2020. – Вып. 102. – С. 103-124. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-102-103-124

УДК 332.1

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ФИНАНСОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ: РИСКИ, УГРОЗЫ И МЕРЫ ЗАЩИТЫ

Гордеева Н.В.

E-mail: n.v.gordeeva@bk.ru
ФГБОУ ВО «Донецкая академия управления и государственной службы», г. Донецк, Россия

Информационная безопасность систем поддержки финансовых решений является ключевым аспектом реализации проектов устойчивого развития муниципальных образований. Одним из основных рисков является утечка конфиденциальной информации, которая приводит к финансовым потерям и снижению доверия граждан и партнеров. Угрозы также включают кибератаки и вмешательство в автоматизированные системы, что нарушает процессы планирования и составления бюджета. Важной мерой защиты является внедрение многоуровневых систем защиты данных, а также регулярные обновления программного обеспечения и обучение персонала. Комплексный подход к внедрению системы поддержки включает защиту данных, развитие цифровых компетенций и интеграцию различных информационных систем, чо способствует повышению эффективности управления муниципальными финансами и обеспечивает прозрачность их использования. В результате укрепление информационной безопасности сводит к минимуму риски цифровой трансформации, а также повышает доверие граждан и заинтересованных сторон.

Ключевые слова: информация; безопасность; система; муниципальные образования; устойчивое развитие; риски; угрозы; защита; управление; информационные технологии; бюджетные средства; источники; услуги.

Информационная безопасность систем поддержки принятия финансовых решений играет важную роль в обеспечении стабильного и устойчивого развития муниципальных образований. Нарушение безопасности таких систем может привести к утечке конфиденциальных данных, что негативно скажется на управлении финансами и доверии граждан. Угрозы включают кибератаки, вмешательство в автоматизированные процессы и несанкционированный доступ к информации. Важной мерой защиты является внедрение современных систем шифрования и многоуровневой защиты данных. Не менее важно обучать персонал информационной безопасности с целью предотвращения ошибок и злоупотреблений. Также необходимо регулярно обновлять программное обеспечение и проводить аудит систем безопасности. Недостаточная защита может привести к финансовым потерям и ухудшению репутации муниципальных образований. Внедрение автоматизации процессов способствует снижению человеческих факторов и повышению прозрачности

решений. Обеспечение информационной безопасности способствует более эффективному управлению ресурсами, повышает доверие и поощряет ответственное использование бюджетных средств.

В контексте цифровой трансформации и внедрения новых технологий важно учитывать мнения и исследования ведущих ученых, которые подчеркивают необходимость преодоления различных барьеров и проблем. Основные идеи этих исследователей можно связать следующим образом. Л.Б. Владыкина, А. К. Владыкина [1] подчеркивают, что внедрение современных технологий в управление территориями сталкивается с такими барьерами, как отсутствие цифровых навыков и ограниченные ресурсы. С.С. Кириллова и А.В. Волков [2] акцентируют внимание на необходимости развития систем поддержки финансовых решений в условиях цифровизации, что повышает эффективность муниципального управления. Н. Л. Харченко, И.В. Воробьева и А. В. Чешин [4] рассматривают преимущества цифровой трансформации бизнес-процессов, а также связанные с этим проблемы, такие как необходимость адаптации и изменения организационной культуры. Т.Г. Ребрина, А. В. Зверев и М.Ю. Мишина [3] указывают на важность цифровой трансформации для развития экономики и повышения конкурентоспособности предприятий. Т.Ю. Чернышева [5] фокусируется на моделях поддержки принятия решений, особенно при выборе стратегии управления долгом в муниципалитетах. Таким образом, информационная безопасность систем поддержки принятия финансовых решений играет ключевую роль в реализации проектов устойчивого развития муниципальных образований, который обеспечивает защиту данных, что повышает доверие к процессам управления и снижает риск финансовых и информационных рисков.

В условиях Донецкого региона обеспечение информационной безопасности становится особенно актуальным из-за существующих проблем и нестабильности. Разработка и внедрение надежных систем защиты данных позволяет достичь целей устойчивого развития.

Целью информационной безопасности систем поддержки финансовых решений для реализации проектов устойчивого развития муниципальных образований является обеспечение комплексной защиты информационных ресурсов от современных киберугроз, несанкционированного доступа, манипуляций и утечек данных. Необходимо разработать и внедрить системные меры контроля доступа, шифрования, обнаружения и предотвращения угроз, а также обеспечить их постоянное обновление и адаптацию к новым типам атак. Важной задачей является создание интегрированной системы мониторинга безопасности, проведение регулярных аудитов и тестов на уязвимости, а также создание культуры информационной безопасности среди сотрудников. Кроме того, необходимо внедрить современные технологии автоматизации и искусственного интеллекта для своевременного обнаружения и нейтрализации угроз. Данные меры обеспечивают устойчивость систем, повышают уровень доверия пользователей и создают прочную основу для безопасного выполнения

проектов устойчивого развития перед лицом постоянных технологических и информационных проблем.

Выявлено, что развитие современной и надежной ИТ-инфраструктуры является залогом успешного внедрения систем поддержки принятия решений в муниципальных образованиях, а именно:

– модернизация компьютерной техники и обеспечение доступа к высокоскоростному интернету: необходимо заменить устаревшие компьютеры современными мощными устройствами, способными эффективно работать с ресурсоемким программным обеспечением системы поддержки финансовых решений, что включает в себя не только настольные компьютеры, но и ноутбуки, планшеты и другие мобильные устройства для обеспечения мобильности сотрудников;

– обеспечение доступа к высокоскоростному интернету: надежный и быстрый интернет имеет решающее значение для обмена данными, доступа к облачным сервисам и бесперебойной работы системы поддержки финансовых решений. Необходимо обеспечить высокоскоростной доступ в Интернет для всех городских учреждений и, по возможности, территорий, на которых проживают граждане. Это может потребовать инвестиций в развитие оптоволоконных сетей, мобильной связи и других современных технологий;

– оптимизация сетевой инфраструктуры: необходимо провести аудит и оптимизацию существующей сетевой инфраструктуры с целью обеспечения максимальной пропускной способности и минимизировать издержки. Это может включать модернизацию сетевого оборудования, оптимизацию настроек и внедрение транспортных технологий и т. д.;

– переход на программное обеспечение с открытым исходным кодом: в некоторых случаях использование программного обеспечения с открытым исходным кодом может снизить стоимость лицензии и обеспечить большую гибкость и независимость от поставщиков. Однако для повышения осведомленности о возможных рисках и обучения правильному реагированию на инциденты безопасности;

– резервное копирование и восстановление данных: необходимо регулярно создавать резервные копии данных и обеспечивать возможность их быстрого восстановления в случае сбоев или атак [2].

Реализация этих направлений позволит создать надежную и современную ИТ-инфраструктуру, которая станет прочной основой для успешного внедрения системы поддержки финансовых решений и повышения эффективности управления в муниципальных образованиях.

Для того, чтобы улучшить управление муниципальными финансами и обеспечить безопасность систем поддержки принятия финансовых решений, органы, ответственные за бюджетирование и планирование денежных потоков, должны внедрить автоматизированные информационные системы. Такие системы позволяют быстро обрабатывать большие объемы данных, обеспечивают прозрачность финансовых процессов и способствуют более

точному прогнозированию и планированию. Однако автоматизация сопряжена со многими угрозами и барьерами, такими как несанкционированный доступ к конфиденциальной информации, кибератаки, манипуляции с данными или их потеря из-за сбоя системы. Данные риски могут привести к искажению финансовой отчетности, ослаблению стабильности бюджетных процессов и ослаблению доверия к системе управления. Таким образом, необходимо реализовать меры безопасности, которые включают многоуровневую аутентификацию и контроль доступа, шифрование данных как в состоянии хранения, так и в состоянии передачи, развертывание систем обнаружения и предотвращения киберугроз, а также регулярное проведение проверок безопасности и тестов на уязвимости. Не менее важно обучать персонал политике информационной безопасности, разрабатывать планы реагирования на инциденты и предоставлять резервные копии данных для быстрого восстановления в случае сбоя. Только комплексный подход к информационной безопасности автоматизированных систем обеспечит надежную защиту финансовых данных, повысит доверие к системе и обеспечит устойчивое развитие муниципальных проектов.

Выявлено, что при планировании расходов муниципального бюджета с использованием системы поддержки принятия решений важно основываться на объективных потребностях населения в общественных благах и соответствующим образом применять объективные финансовые стандарты. Расчеты этих стандартов могут быть значительно улучшены за счет использования эконометрических моделей, которые позволяют более точно оценивать потребности и оптимизировать распределение ресурсов. Такой подход позволит более рационально и эффективно планировать расходы муниципального бюджета [3].

Размер необходимой финансовой помощи муниципальному образованию (Фi) определяется как разница между необходимой бюджетной обеспеченностью территории (РНi) и его финансовыми ресурсами (ФРi):

$$Фi = РНi - ФРi, \text{ при } Фi > 0 \quad (1)$$

Предложено добавить коэффициент эффективности использования финансовых ресурсов (Кэ), который будет отражать, насколько эффективно используются имеющиеся финансовые ресурсы:

$$Фi = РНi – (ФРi \times Кэ), \text{ при } Фi > 0 \quad (2)$$

Обоснование: Кэ > 1: финансовые ресурсы используются эффективно (Кэ > 1), и потребность в финансовой помощи (Фi) уменьшается, что побуждает эффективнее управлять финансами; Кэ < 1: в случае, если не рационально используются финансовые ресурсы (Кэ < 1), то потребность в финансовой помощи (Фi) возрастает, что свидетельствует о необходимости лучшего управления финансами; Кэ = 1: формула становится исходной.

Коэффициент эффективности использования финансовых ресурсов (Кэ) может быть определен по следующим показателям: соотношение доходов и расходов: отражает, насколько эффективно муниципальные образования управляют своими доходами и расходами; доля собственных доходов в общем доходе: указывает степень финансовой независимости; уровень сбора налогов: отражает эффективность налоговых органов; уровень долга: показывает степень зависимости от кредитных ресурсов; эффективность использования бюджетных средств (например, соотношение стоимости коммунальных услуг и качества оказываемых услуг): отражает эффективность использования бюджетных средств в определенных сферах деятельности.

Предлагаемое изменение в расчетах финансовой помощи муниципальным образованиям путем введения коэффициента эффективности использования финансовых средств является важным и своевременным этапом для повышения прозрачности и эффективности распределения средств. Данный коэффициент позволяет учитывать фактические показатели эффективности городских офисов, такие как уровень прибыли, оптимизация затрат, сбор налогов и уровень долга. В результате финансирование становится более справедливым и ориентированным на результат, что способствует более устойчивому использованию государственных и муниципальных ресурсов в рамках реализации проектов устойчивого развития. Интеграция системы оценки эффективности с усиленными мерами информационной безопасности обеспечит надежность и прозрачность процесса распределения финансовой помощи, повысит доверие к системе и позволит муниципальным образованиям более эффективно управлять своими ресурсами. Такой подход способствует достижению целей устойчивого развития, формирует культуру информационной безопасности.

Литература

1. Владыкина, Л. Б. Современные технологии внедрения и развития цифровой экономики в управлении территориями, барьеры цифровых программ / Л.Б. Владыкина, А.К. Владыкина // Ресурсосбережение. Эффективность. Развитие : Материалы VII Международной научно-практической конференции, Донецк, 07 ноября 2022 года / Отв. редактор А.В. Ярошенко. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2022. – С. 535-540.

2. Кириллова, С.С. Система поддержки принятия финансовых решений в муниципальных образованиях в условиях цифровизации экономики / С.С. Кириллова, А.В. Волков // Наука и образование. – 2022. – № 2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-podderzhki-prinyatiya-finansovyh-resheniy-v-munitsipalnyh-obrazovaniyah-v-usloviyah-tsifrovizatsii-ekonomiki.

3. Ребрина, Т.Г. Цифровая трансформация бизнес-процессов и ее роль в развитии современной экономики / Т.Г. Ребрина, А.В. Зверев, М.Ю. Мишина // Управленческий учет. – 2021. – № 11-1. – С. 100-105. – DOI 10.25806/uu11-12021100-105. – EDN CSMRFC.

4. Харченко, Н.Л. Преимущества и вызовы цифровой трансформации бизнес-процессов / Н.Л. Харченко, И.В. Воробьева, А.В. Чешин [и др.] // Modern Economy Success. – 2024. – № 5. – С. 144-150. – DOI 10.58224/2500-3747-2024-5-144-150.

5. Чернышева, Т.Ю. Модель системы поддержки принятия решения выбора стратегии управления долгом муниципального образования / Т.Ю. Чернышева // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – С. 201.

УДК 574.4

ОЦЕНКА КОРМОВЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ВЫПАСАЕМЫХ ЖИВОТНЫХ – ВАЖНЫЙ ФАКТОР РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАСТБИЩ

Джапова Р.Р[1]., Бембеева О.Г.[2], Джапова В.В[1]., Аюшева Е.Ч[1].

E-mail: djapova04@mail.ru
[1]Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Элиста, Россия
[2]Институт комплексных исследований аридных территорий, Элиста, Россия

Рациональное использование растительных ресурсов пастбищ включает соответствие пастбищной нагрузки имеющимся кормовым запасам, пастбищеоборот, уход за пастбищем. Эти меры обеспечивают возобновление растений, сохранение их разнообразия, устойчивую продуктивность растительности пастбищ. Важным фактором поддержания видового разнообразия растений, обеспечения животных качественным кормом является оценка кормовых предпочтений выпасаемых видов животных. Знание видового состава кормовых растений, удовлетворяющих потребности в питании различных видов растительноядных домашних животных, позволит эффективно использовать растительность пастбищ, сформировать оптимальную структуру стада и определиться с видами для фитомелиорации пастбищ.

Ключевые слова: кормовые предпочтения, микрогистологический кутикулярный копрологический анализ.

Введение. Растительность пастбищ – природный кормовой ресурс для диких и домашних растительноядных животных**.** От продуктивности растительности пастбищ зависит продукция выпасаемого поголовья. Чем выше величина надземной массы кормовых растений, тем лучше животные обеспечены пищей.

Рациональное использование пастбищных экосистем подразумевает прежде всего устойчивое сохранение продуктивности растительного покрова, что может быть обеспечено экологически допустимой пастбищной нагрузкой.

Обеспеченность пищей выпасаемых домашних животных в условиях экологически допустимой пастбищной нагрузки зависит не только от количества, но и от качества растительности пастбищ – видового состава.

Едят ли овцы ковыль? Пастбищная сукцессия или пастбищная дигрессия [Высоцкий, 1915] – смена ковыльных травостоев полынными вызвана чрезмерным выпасом овец? Какой должна быть оптимальная структура поголовья выпасаемых домашних животных, чтобы не было препятствий для возобновления растений и сохранялась продуктивность пастбищ?

Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо знание кормовых предпочтений различных видов животных, обусловленных анатомией и физиологией их пищеварительного тракта. Знание видового состава кормовых растений, удовлетворяющих потребности в питании различных видов растительноядных домашних животных имеет решающее значение для рационального управления пастбищными экосистемами. Такое знание необходимо для принятия решений, касающихся управления выпасом скота, фитомелиорации пастбищ.

Методика исследования. В.Г. Танфильев [1939] проводил наблюдения по влиянию на растительность выпаса разных видов домашних животных на возвышенности Ергени (степная зона). На трех однородных делянках пастбища выпасали овец, молодняк крупного рогатого скота и молодняк лошадей. По окончании эксперимента автор отметил, что «бычки предпочли ковыль, молодняк лошадей – пырей, растущий в понижениях, а овцы выели разнотравье, не трогая злаковый травостой».

Зарубежные ученые [Anthony, R. G. and N. S. Smith, 1974; Samuel, M. J., and G. S. Howard, 1982] для определения видового состава растений, потребляемых домашними растительноядными животными, использовали метод фистулы, чтобы определить корм, проглоченный животным, но еще не эвакуированный в желудок.

Метод микрогистологического кутикулярного копрологического анализа впервые описан М. Оуэном [Owen, 1975]. Последователями этого метода являются зарубежные [Spilling et al., 1994] и отечественные ученые [Ларионов и др., 2008; Розенфельд, 2009; Абатуров и др., 2018, Abaturov et al., 2019; Джапова В. и др., 2020, 2021].

Mohammad A.G. et al. [1995] сравнили данные по оценке ботанического состава рациона бычков тремя методами: методом визуального наблюдения, инвазивного метода отбора проб с использованием фистул для опорожнения рубца у животных и методом микрогистологического анализа помета животных. Вывод, сделанный авторами – для практических целей анализ помета является одним из лучших методов оценки состава рациона крупных травоядных.

В основе метода – диагностика фрагментов кутикулы, на которой отпечатывается рисунок, образованный эпидермальными клетками растений, съеденных животными. После прохождения через пищеварительный тракт животных кутикула сохраняет видоспецифичные признаки, что позволяет идентифицировать ее видовую принадлежность.

Эффективность метода обеспечивается сотрудничеством ботаников и зоологов. Для оценки предпочитаемых животными видов растений необходимы параллельные исследования растительного покрова (количество и качество доступной на изучаемой территории растительной массы) и состава рациона животных, определенного методом микрогистологического кутикулярного анализа помета.

Исследование проведено на территории восточной части Калмыкии, входящей по ботанико-географическому районированию [Зоны и поясности…, 1999] в северную подзону пустынной зоны. На значительной территории лерхополынные (*Artemisia lerchiana*) сообщества, характерные для этой территории [Сафронова, 1980] под влиянием пожаров сменились фитоценозами с доминантами и субдоминантами видов ковыля (*Stipa sareptana*, *S. capillata*) [Мяло, Левит, 1996; Неронов, 1998; Джапова, 2008].

Оценка рациона овец с использованием метода микрогистологического кутикулярного анализа помета проведена в 2022 г. Материалом для обработки послужили 950 фрагментов кутикулы: 315 в июне, 327 в сентябре и 308 в декабре.

Латинские названия растений приведены по С.К. Черепанову [1995]. Кормовые растения объединены в три группы: злаки, осоки и разнотравье (виды остальных семейств).

Статистическая обработка данных выполнена с использованием программы Microsoft Excel 2016.

Результаты и обсуждение. Растительность ключевого участка представляет растительный комплекс из ковыльно-мятликового (*Poa bulbosa, Stipa sareptana)* и однолетниково-мятликового (*Poa bulbosa, Alyssum desertorum*, *Trigonella orthoceras*, *Ceratocarpus arenarius*, *Salsola tragus*) фитоценозов, составляющих соответственно 20 % и 80 % в составе комплекса.

Результаты исследования рациона овец в различные сезоны 2022 года приведены в таблице.

Таблица

Рацион овец в различные сезоны 2022 г.
(в % от общего числа фрагментов кутикулы в экскрементах животных)

Название видов растений	июнь	сентябрь	декабрь
Poa bulbosa	30.1±2.0	33.6±6.5	55.9±9.9
Agropyron fragile	1.2±1.3	0.9±0.1	3.2±3.5
Eremopyrum orientale	0.6±0.0	-	-
Stipa sareptana	0.6±0.1	-	0.9±0.0
Eragrostis minor	0.6±0.1	-	-
Не идентифицированные фрагменты злаков	-	-	-
Всего злаков	**32.9±2.4**	**34.5±7.0**	**60.1±11.1**
Carex stenophylla	7.9±1.3	9.2±3.5	5.7±2.9
Всего осоки	**7.9±1.3**	**9.2±3.5**	**5.7±2.9**
Artemisia austriaca	2.1±0.7	1,2±0.8	-
Tanacetum achilleifolium	1,0±1.0	0.4±0.1	-
Centaurea diffusa	1.8±0.5	0.8±0.7	5.0±1.7
Salvia stepposa	0.6±0.1	-	1.4±1.9
Ceratocarpus arenarius	3.0±1.0	21.3±7.3	7.8±1.5
Alyssum desertorum	1.6±0.1	-	0.7±0.5
Galium humifusum	2.4±0.7	-	-
Atriplex tatarica	17.5±1.2	13.6±3.4	4.1±1.8
Salsola tragus	7.7±0.1	1.6±2.5	-
Kochia prostrata	1.7±1.3	0.5±0.1	-
Sisymbrium loeselii	-	1.1±1.2	1.2±1.6
Polygonum aviculare	3.8±0.7	3.4±2.1	1.6±2.4
Trigonella orthoceras	9.3±1.3	4.2±1.8	6.6±4.9
Prangos odontalgica	-	0.6±0.4	-
Convolvulus arvensis	-	0.8±0.7	-
Carduus uncinatus	-	-	1.5±1.1
Gypsophila paniculata	1.6±0.1	-	-
Filago arvensis	-	1.3±0.7	0.5±0.0
Не идентифицированные фрагменты разнотравья	5.1±0.5	5.4±2.3	3.7±6.8
Всего разнотравья	**59.2±3.1**	**56.3±4.1**	**34.2±8.7**
Итого	100.0	100.0	100.0

Летний и осенний рационы овец сходны; в оба сезона в рационе животных доминирует разнотравье (56,3-59,2 %). Доля злаков в рационе – 32,9-34,5 %. Доля осок, которая представлена на ключевом участке сухопутной осокой узколистной (латынь), – 7,9-9,2 %.

Среди злаков в рационе овец весной и осенью доминирует мятлик луковичный – 91,5-97,4 % от доли злаков в рационе. Роль других злаков в рационе незначительна.

Среди видов разнотравья животные предпочитают лебеду татарскую, доля в летне-осеннем рационе составила 13,6-17,5 %, пажитник прямороги (4,2-9,3 %), горец птичий (3,4-3,8 %), рогач песчаный (3,0-21,3 %), солянку сорную (1,6-7,7 %), полынь австрийскую (1,2-2,7 %).

Осока узколистная потребляется животными во все сезоны.

В зимний сезон соотношение злаков и разнотравья в рационе овец изменилось: доля злаков возросла почти вдвое – 60,1 %, доля разнотравья, напротив, снизилась. В декабре овцы активно потребляли мятлик луковичный, отросший во влажную осень. Многие виды разнотравья завершили вегетацию, из сохранившихся видов обнаружен пажитник прямороги, доля которого в зимнем рационе составила – 6,6 %, рогач песчаный – 7,8 %, василек раскидистый – 5,0 %, лебеда татарская – 4,1 %.

Полученные данные согласуются с данными В.Г. Танфильева [1939] отметившего, что у овец в степной зоне на возвышенности Ергени наиболее предпочитаемой группой кормовых растений является разнотравье. Но мятлик луковичный при отрастании весной и вторичной вегетации осенью представляет нежный питательный корм для овец и в декабре, поскольку на территории восточной зоны Калмыкии снежный покров зимой сохраняется редко.

При выпасе разных видов домашних животных в летний период на этой территории было выявлено, что доля злаков в рационе лошадей составляет до 90 %, у коров – около 70 %, у овец – 59 % [Джапова В.В. и др., 2023].

Полученные данные согласуются также с результатами исследования летнего рациона крупных млекопитающих в Восточной Монголии [Дмитриев И.А. и др., 2009]: в рационе лошади злаковые растения составили 79,7 %; в рационе овец – около 50 %, у коров – 54 %.

Заключение. Основным фактором рационального использования пастбищ, несомненно, является экологически допустимая пастбищная нагрузка. При формировании видовой структуры стада необходимо ориентироваться также на видовой состав растительных сообществ пастбищного участка. Использование пастбищных участков с учетом обоих факторов обеспечит равномерное потребление видов кормовых растений и сохранит фитоценотическое разнообразие пастбищной растительности.

Литература

1. Абатуров Б.Д. Казьмин В.Д. Джапова Р.Р. Аюшева Е.Ч., Джапова В.В. Нохаева Д.В. Колесников М.П. Миноранский В.А. Кузнецов Ю.Е. Кормовые ресурсы, питание и обеспеченность пищей свободнопасущихся верблюдов (*Camelus bactrianus*) на пастбищах степной природной зоны // Зоологический журнал, 2018, – Т.97, –№ 3. – С. 348-361.

2. Высоцкий Г.Н. Ергеня. Культурно-фитологический очерк //Труды Бюро по прикладной ботанике, 1915. – Т.8. – С. 1113-1443.

3. Джапова В.В., Бембеева О.Г., Аюшева Е.Ч., Джапова Р.Р. Летний рацион домашних животных в засушливых условиях на Черных землях Калмыкии // Бюл. Моск. О-ва испытателей природы. Отд. Биол.2023. – Т. 128. – Вып.4. Ботаника. – С. 38-47.

4. Джапова В.В., Бембеева О.Г., Аюшева Е.Ч., Казьмин В.Д., Джапова Р.Р., Абатуров Б.Д. Кормовая избирательность полувольных бизонов (*Bison bison*) в дерновиннозлаковой степи долины Западного Маныча // Аридные экосистемы. – 2020. – вып. – 26, № 4 (85) . – С. 58–64.

5. Джапова В.В., Бембеева О.Г., Джапова Р.Р., Аюшева Е.Ч. Питание сайгака (*Saiga tatarica*) в степи долины Западного Маныча //Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2021. – Том 126. – № 2. – С. 46-54.

6. Джапова Р.Р. Динамика пастбищ и сенокосов Калмыкии. Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2008. – 176 с.

7. Дмитриев И.А., Розенфельд С.Б., Абатуров Б.Д. Особенности использования степных пастбищ Восточной Монголии дикими и домашними крупными растительноядными млекопитающими // Аридные экосистемы. – 2009. – том 15. – № 4 (40). – С. 52-68.

8. Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий. Пояснительный текст и легенда к карте М 1: 8 000 000. Отв. ред. Г.Н. Огуреева. М., 1999. – 64 с.

9. Ларионов К.О., Джапова Р.Р., Розенфельд С.Л., Абатуров Б.Д. Питание сайгаков (*Saiga tatarica*) на пастбищах Черных Земель Калмыкии в условиях восстановительной смены растительности и остепнения // Зоологический журнал. 2008. Т. 87. № 10. – С. 1259-1269.

10. Мяло Е.Г., Левит О.В. Современное состояние и тенденции развития растительного покрова Черных земель //Аридные экосистемы, 1996. Т.2, № 2-3. – С.145-152.

11. Неронов В.В. Антропогенное остепнение пустынных пастбищ северо-западной части Прикаспийской низменности // Успехи современной биологии, 1998. Т. 118. № 5. – С. 597-612.

12. Розенфельд С.Б. Питание казарок и гусей в российской Арктике. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2009. – 236 с.

13. Сафронова И.Н. Северо-туранские (прикаспийские) пустыни //Растительность европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. – С. 291-295.

14. Танфильев В.Г. Борьба с тырсой (ковылем-волосатиком) //Пастбища для овец в южной европейской части СССР. М.: Сельхозгиз, 1939. – С. 3-82.

15. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Санкт-Петербург. Издательство: Мир и семья, 1995. – 990 с.

16. Abaturov B. D., R. R. Dzhapova, V. D. Kazmin, E. Ch. Ajusheva, and V. V. Dzapova. Comparative Features of the Diet of the Przewalski Horse Equus przewalskii, the Camel Camelus bactrianus, and the Saiga Saiga tatarica on an Isolated Steppe Pasture //Biology Bulletin. – 2019. – Vol. 46. – No. 6. – pp. 594–607.

17. Anthony, R. G., and N. S. Smith. 1974. Comparison of mmen and fecal analysis to describe deer diets. J. Wild]. Manage. 38:535-540.

18. Mohammad A.G., R. D. Pieper, Wallace J.D., Holechek, J. L. and Murrayl W. Comparison of fecal analysis and rumen evacuation techniques for sampling diet botanical composition of grazing cattle. 1995.J. Range Manage. 48:202-205.

19. Owen M. An assessment of fecal analyses technique in waterfowl feeding studies. WWT, Slimbridge // Journal of Wildlife Management. – 1975.– Vol. 39. – No. 2. – P. 271-279.

20. Samuel, M. J., and G. S. Howard. 1982. Botanical composition of summer cattle diets on the Wyoming High Plains. J. Range hlanage. 35:305-308.

21. Spilling E., Bergmann H., Stock M. Progress Report. Diet of Darkbellied Brent Geese (Branta b.Bernicla) in the Piassina Delta, Taimyr, Siberia // IWRB, Goose Research Group Bulletin. – 1994. – № 5. – November. – P. 18-25.

УДК: 581.527.7(470.344)

ФИТОМОНИТОРИНГ ЗА РАСПРОСТРАНЕНИЕМ ЛЮПИНА МНОГОЛИСТНОГО (LUPINUS POLYPHYLLUS LINDL. (1827) (FABACEAE) В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ В 2025 ГОДУ

Димитриев А.В.

E-mail: cheboksandr@mail.ru
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

В статье приведены сведения о распространении люпина многолистного в полосах отведения железных и шоссейных дорог в Чувашской Республике в 2025 году.

Ключевые слова: фитомониторинг, люпин многолистный, федеральная автодорога М-7 (Волга), железная дорога, адвентивное растение, Чувашская Республика, Чёрная книга флоры Средней России.

Нами ведётся работа по изучению заносных растений в Чувашской Республике с 1978 г. [1-6, 8-26, 28-33]. Среди них часто встречаются инвазивные виды. К ним относится люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus* Lindl.). С одной стороны, это растение является сидератом, обогатителем почв азотом, но с другой стороны – активным конкурентом с местными видами растений в ряде биогеоценозах; у алкалоидных форм люпина во всех надземных частях растения содержатся алкалоиды (основной из них люпанин), которые при проглатывании человеком или животным приводит к отравлению (люпиноз); его пыльца может оказаться ядовитым для людей и вызывает отравление пчёл [34].

L. polyphyllus не входит в «Отраслевой классификатор сорных растений» [28], но он занесён в Чёрную книгу флоры Средней России [33], куда помещены виды, угрожающие экологическому равновесию.

В настоящей статье публикуем данные о результатах мониторинга за распространением *L. polyphyllus*, организованного в июне 2025 г. с использованием транспортных средств, в Чувашской Республике.

Методика исследований. За распространением *L. polyphyllus* в полосе отвода (от дороги до придорожной лесопосадки) шоссейных и железных дорог в период цветения (июнь) удобно наблюдать с использованием транспортных средств. Эффектный аспект цветения *L. polyphyllus* даёт возможность легко его отличить от других видов флоры. Данные наблюдений заносятся в дневник, в котором отмечаются единичные, куртиночные, сплошные заросли с указанием участка дороги, а также с какой стороны дороги по ходу движения были отмечены экземпляры *L. polyphyllus*. Если, из-за большой скорости движения транспорта, не удаётся чётко зафиксировать все параметры произрастания

люпина многолистного сразу, то наблюдение ведётся вначале с одной стороны дороги, а потом – с другой. По итогам работы записи анализируются и объединяются, создавая единую картину распространения вида по наблюдаемой территории.

В современных условиях, когда хорошо развита фото- и видеотехника, регистрацию и фиксацию куртинок и зарослей *L. polyphyllus* можно осуществлять на электронных устройствах (видиорегистраторы, фотоаппараты, телефоны, и т.д.). Но, около стратегических объектов в настоящее время такую работу проводить запрещено. Поэтому лучше пользоваться обычными методами регистрации распространения инвазийного вида растения.

В июне 2025 г. в Чувашской Республике нами подтверждены находки *L. polyphyllus* в следующих местах:

Полоса отвода железной дороги Шумерля-Канаш (направление движения →): с остановкой поезда (ОП) 604 км ближе к ОП Пинеры 5 больших площадных зарослей и несколько небольших (от 0,5 до 5 кв.м); после ОП Пинеры 3 небольшие заросли; перед ж.-д. станцией Вурнары с западной стороны 1 заросль площадью 1,5 кв.м; после ж.-д. ст. Вурнары сразу начинаются небольшие заросли, единичные экземпляры, а далее – сплошные заросли, тянущиеся до ОП 641 км; от ж.-д. перезда Новые Ачаксы до другого такого переезда (Напольные Котяки) и далее до речки у ОП 652 км; после ж.-д. переезда Кармамеи и 661 км начинаются сплошные заросли, которые кончаются перед пересечением ЛЭП; перед ж.-д. ст. Канаш-1 отмечена небольшая куртинка люпина.

Полоса отвода железной дороги Канаш-Чебоксары (направление движения →): при выезде из Канаша в сторону Чебоксар от первых дач на окраине Канаша начинаются первые заросли люпина; при этом люпин присутствует на заброшенных дачных участках в большом количестве, местами образуя сплошные заросли; перед Ухманами заросли редеют и исчезают; отстановка «Малый Цивиль» – 1 небольшая заросль и 2 единичные экз.; далее – единичные экз., и 2 заросли по 1 кв.м; после пересечения автодороги А-151 начинаются многочисленные мелкие заросли, переходящие в сплошную заросль (среди них встречаются экз. и белыми и лиловыми цветами), в этом отрезке ж.-д. люпиновые заросли выходят за пределы полосы отвода ж.-д. в луговины овражно-балочной сети и при пересечении ж.-д. ЛЭП люпиновые заросли отмечались и на полосе отвода ЛЭП, люпиновые куртинки и небольшие заросли отмечены и на территории рядом расположенного кладбища; после небольшого перерыва с участком отсутствия люпина, снова появились небольшие заросли площадью 2 и 5 кв.м и начались снова сплошные заросли, в которых были отмечены экземпляры с белыми цветками; с ОП «Аттыково» снова начались небольшие, а потом большие и сплошные заросли, которые прекратились, когда рядом с ж.-д. начались полевые участки; у перезда

Шивпоси появились снова небольшие заросли и такие небольшие заросли встречались до 66 км; после 66 км единичные экз., небольшие заросли, переходящие в сплошную заросль – с появлением полевых участков рядом с ж.-д. заросли люпина кончились, но потом возобновились; заросли есть в районе Траков, а за ним – почти до ж.-д. ст. Цивильск (Михайловка) заросли отсутствовали; перед ст. Цивильск – 1 небольшая заросль; с ОП 46 км и ОП Яноросово (42 км) – появились небольшие заросли, а потом и сплошные, переходящие за пределы полосы отвода в овражно-балочные системы; единичные экз., небольшие, большие и сплошные заросли далее тянулись до ОП 38, далее до 24 км, где были отмечены экз. с белыми и лиловыми цветками; с 24 км (Шоркино) до Ишлеи – люпин в полосе отвода ж.-д. встречается везде; в районе бывшего карьера перед Горьковским поворотом встречаются небольшие заросли; после пересечения дороги М-7 – небольшие заросли отмечены рядом с дачными участками, далее в районе кладбища – сплошные заросли; между ж.-д. ст. Чебоксары-1 и Чебоксары-2 одна большая и несколько небольших зарослей.

Полоса отвода шоссейной дороги М-7 на участке Чебоксары-Новые Лапсары – Шомиково (направление движения →): вдоль ж.-д. и ботсада 1 большая (10 кв.м) и 2 небольшие заросли; на склоне ж.-д. откоса – 10 кв.м; Большие Карачуры – сплошные заросли вдоль ж.-д. и небольшие заросли; на заброшенных земельных участках дачников – сплошные заросли; после Б.Карачуры – заросли сплошные до Горьковского поворота; рядом Вознесенское в полосе отвода – несколько зарослей по 10-20 кв.м и далее единичные экз., небольшие и сплошные заросли (среди них есть экземпляры с белыми цветами); между Яуши и Крикакасы – небольшие и большие заросли; в районе пересечения ЛЭП, ГРС-3 большие заросли вдоль придорожной лесополосы и далее по заброшенным полям.

Подводя итоги исследований распространения *L. polyphyllus* по шоссейным и железным дорогам Чувашской Республики в 2025 г., можно констатировать:

1) люпин многолистный вдоль указанных транспортных магистралей местами занимает большие площади, что свидетельствует о многолетнем его произрастании на данных территориях (местами более 40 лет);

2) ***между ж.-д. станциями Канаш-Чебоксары*** существует 6 крупных очагов распространения люпина многолистного [Канаш-2 – Ухманы; от пересечения автодороги А-151 – до 87 км; Аттыково – Шивпоси (74 км); Траки – перезд Яншихово-Челлы – Вторые Тюрары; ОП 42 км – ж.-д. ст. Ишлеи; Горьковский поворот – 6 км];

3) ***между ж.-д. станциями Шумерля – Канаш-1*** – 1 крупный очаг на участке Вурнары – ОП 652 км;

4) ***на федеральной автодороге М-7*** между Новыми Лапсарами и Хыркасы существует крупный очаг распространения *L. polyphyllus*.

В дополнение к проведённым исследованиям необходимо добавить о том, что *L. polyphyllus* часто встречается в городских кладбищах и на заброшенных дачных участках в Чебоксарском, Моргаушском муниципальных округах. В советское время он также использовался лесхозами в лесных питомниках и в посадках сосен для обогащения почвы и защите саженцев от неблагоприятных экологических условий. После подобных работ в северо-восточной части Алатырского участка заповедника «Присурский» (бывшее Люльское лесничество Алатырского лесхоза [7]) остались заросли люпина многолистного, которые благополучно существуют на территории заповедника, который учреждён в декабре 1995 г. [27].

Литература

1. Антонова Е.С., Димитриев А.В. О произрастании ячменя гривастого в юго-западном микрорайоне города Чебоксары // Молодежь – за чистую Волгу. Сборник научных работ и экологических проектов Всероссийского молодежного научно-образовательного фестиваля. – Чебоксары, 2021. – С.35-40.

2. Воробьев Д.Н., Димитриев А.В. Дополнительные сведения о распространении ячменя гривастого *Hordeum jubatum* (Poaceae) в городах Чебоксары и Козмодемьянск // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада РАН. – 2019. – Вып. 13. – С. 130-133.

3. Воробьев Д.Н., Димитриев А.В. Борщевик Сосновского в Чувашии // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН. – 2017. – №9. – С.48-49.

4. Димитриев А.В. О встречах ячменя гривастого на федеральной автодороге М-7 (Волга) (Е22) с 627 по 847 км с 1967 по 2024 гг. // Трешниковские чтения – 2025: Современная географическая картина мира и технологии географического образования: материалы Всероссийского научно-практической конференции (9-10 апреля 2025, г. Ульяновск / под ред. Е.Ю. Анисимовой, А.К. Идиатуллова и др. – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2025. – С. 22-23.

5. Димитриев А.В. Дополнительные сведения о распространении ячменя гривастого *Hordeum jubatum* (Poaceae) в городах Канаш и поселке городского типа Урмары (Чувашия) // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН. – 2020. – № 16. – С. 142-146.

6. Димитриев А.В. Изучение адвентивных растений в Чувашской Республике // Флористические исследования в Центральной России (Материалы научной конференции «Флора Центральной России» Липецк, 1-3 февраля 1995 г.). / Под ред. чл.-корр. РАН В.Н. Тихомирова. – М., 1995. – С. 71-72.

7. Димитриев А.В. Краткое описание государственного природного заповедника «Присурский» // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». – Чебоксары-Атрат, 2001. – Т. 4. С. – С.4-13.

8. Димитриев А.В. Некоторые интересные флористические находки в Среднем Поволжье. Новости систематики высших растений. – 1987. – Т. 24. – С. 224-226.

9. Димитриев А.В. Некоторые натурализировавшиеся заносные растения во флоре г. Чебоксары // Проблемы рекреационных насаждений. Сборник научных работ. – Чебоксары, 1984. – С.63-65.

10. Димитриев А.В. Некоторые натурализировавшиеся заносные растения во флоре г. Чебоксары, 2 // Проблемы рекреационных насаждений. Сборник научных трудов. – Чебоксары, 1990. – Вып. 2. – С.26-34.

11. Димитриев А.В. О распространении ячменя гривастого от инвазивного очага по шоссейным дорогам Урмарского района Чувашии // Арчиковские чтения – 2022: к вершинам эколого-географического познания. Материалы Всероссийской научно-практической конференции-фестиваля, посвященной Году культурного наследия народов России, Году выдающихся земляков Чувашии, 55-летнему юбилею Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова и 30-летию кафедры физической географии и геоморфологии им. Е.И. Арчикова. Редколлегия: И.В. Никонорова, А.Е. Гуменюк. – Чебоксары, 2022. – С. 63-66.

12. Димитриев А.В. О терминологических аспектах сорности в фитоценологии, геоботанике и флористике // Экологический вестник Чувашской Республики / Отв. редактор к.б.н. Димитриев А.В. – Чебоксары-Москва, 2003. – Вып. 35. – С.91-95. (Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада РАН. Том 6).

13. Димитриев А.В. Экологическое зонирование путей сообщения для научных и практических целей // Экологический вестник Чувашии. – Чебоксары, 1996. – Вып.14. – С. 15-18.

14. Димитриев А.В., Воробьев Д.Н. О распространении *Hordeum jubatum* (Poaceae) на севере Приволжской возвышенности // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2018. – Т. 27. – № 4-1. – С. 227-231. DOI: 10.24411/2073-1035-2018-10118

15. Димитриев А.В., Абрамов Н.В., Мининзон И.Л., Папченков В.Г., Пузырев А.Н., Раков Н.С., Силаева Т.Б. О распространении *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) в Волжско-Камском регионе // Бот. журнал. – 1994. – Т. 79. – № 1. – С. 79-83.

16. Димитриев А.В., Ефейкин Д.П., Папченков В.Г. О динамике антропофильного элемента флоры Чувашии и сопредельных регионов // Флора и растительность антропогенных местообитаний. – Ижевск: Изд-во Удмурт. ун-та, 1993. – С. 39-46.

17. Димитриев А.В., Ильминских Н.Г. Новые заносные растения во флоре Чувашии // Бот. журн. – 1979. – Т. 64. – № 7. – С. 1007-1008.

18. Димитриев А.В., Коноваленко Е.И. О находках карантинного сорняка амброзии трехраздельной (*Ambrosia trifida* L.) в Чувашской Республике // Научные труды Государственного природного заповедника «Присурский». – 2013. – Т. 28. – С. 51-52.

19. Димитриев А.В., Коноваленко Е.И. О распространении *Ambrosia trifida* L. в Чувашской Республике // Инвазионная биология: современное состояние и перспективы: Материалы рабочего совещания. Москва, 10-13 сентября 2014 г. / Ред. С.Р. Майоров. – М.: МАКС Пресс, 2014. – С. 88-91.

20. Димитриев А.В., Краснов Н.А., Нерогова Р.Т., Теплова Л.П. *Hordeum jubatum* (Poaceae) в Чувашской, Марийской и Татарской АССР // Бот. журн. – 1984. – Т 69. – № 5. – С. 674-676.

21. Димитриев А.В., Теплова Л.П., Ефейкин Д.П. Новые дополнения к флоре Чувашской Республики // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский»: Материалы Первой межрегиональной, бассейновой конференции по изучению природы и биоразнообразия Присурья. – Чебоксары–Атрат, 1999. – Том 2. – С.61-65.

22. Димитриев А.В., Теплова Л.П., Нерогова Р.Т., Папченков В.Г. О некоторых редких и новых растениях Чувашии и прилегающих территорий // Бот. журн. – 1989. – Т. 74. – № 8. – С.1190-1192.

23. Иванова А.Е., Димитриев А.В. Дополнительные сведения о находках ячменя гривастого *Hordeum jubatum* (Poaceae) в городе Канаше и Канашском районе Чувашии в 2021 г. // Молодежь – за чистую Волгу. Сборник научных работ и экологических проектов Всероссийского молодежного научно-образовательного фестиваля. – Чебоксары, 2021. – С. 205-210.

24. Ильминских Н.Г., Димитриев А.В. Некоторые новые флористические находки в Марийской АССР // Флора Марийской АССР и вопросы её охраны. – Йошкар-Ола, 1981. – С. 121-122.

25. Ильминских Н.Г., Димитриев А.В., Мильчаков Л.В. О некоторых редких и новых адвентивных растениях во флоре Волжско-Камского края // Бот. журн. – 1981. – Т. 66. – № 8. – С. 1221-1224.

26.Налимова Н.В., Димитриев А.В., Теплова Л.П. О флористическом списке высших сосудистых растений Чувашской Республики (Обзор опубликованных материалов за 1964-2001 гг.) // Экологический вестник Чувашской Республики. – 2001. – Вып. 24. – С. 80-88.

27. Осмелкин Е.В., Димитриев А.В., Егоров Л.В. и др. Заповедник «Присурский»: материалы к Государственному кадастру особо охраняемых природных территорий Российской Федерации. Монография. – Чебоксары, 2013. – 64 с.

28. Отраслевой классификатор сорных растений / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – М.: Росинформагротех, 2018. – 51 с.; ISBN 978-5-7367-1458-2.

29. Папченков В.Г., Гафурова М.М., Димитриев А.В., Петрова Е.А. Дополнения к «Флоре …» П.Ф. Маевского (2006) по Чувашской Республике // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2008. – Т. 113. – № 6. – С. 73.

30.Папченков В.Г., Димитриев А.В. Об адвентивной флоре автономных республик Среднего Поволжья // Проблемы изучения адвентивной флоры СССР: Материалы совещания. 1-3 февраля 1989 г. – М.: Наука, 1989. – С. 47-49.

31. Папченков В.Г., Димитриев А.В. Оценка возможности проникновения в агрофитоценозы автономных республик Среднего Поволжья новых видов адвентивных растений // Тезисы Всес. совещ. «Агрофитоценозы и экологические пути повышения их стабильности и продуктивности». – Ижевск, 1988. – С. 144-145.

32. Папченков В.Г., Димитриев А.В. Новые и редкие виды заносных растений автономных республик Среднего Поволжья // Бот. журн. – 1989. – Т. 74. – № 4. – С. 547-553.

33. Папченков В.Г., Димитриев А.В. О некоторых редких и новых растениях во флоре Чувашии // Бот. журн. – 1987. – Т. 72. – № 4. – С. 526-528.

33. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах средней России. – М.: ГЕОС, 2010. – 512 с.https://bookblack.ru/

34. Рудковская О.А., Кравченко А.В. Люпин многолистный Lupinus polyphyllus Lindl. (1827). http s://dias.krc.karelia.ru/species/32.

УДК: 581.527.7(470.344)

АВТОДОРОЖНЫЙ ФИТОМОНИТОРИНГ ЗА РАСПРОСТРАНЕНИЕМ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (HERACLEUM SOSNOWSKYI) (UMBELLIFERAE) В ТРЁХ РЕСПУБЛИКАХ ПОВОЛЖЬЯ В 2025 ГОДУ

Димитриев А.В.

E-mail: cheboksandr@mail.ru
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

Приведены сведения о встречах борщевика Сосновского в 2025 г. на автодорогах Республики Марий Эл, Чувашской Республики и Республики Татарстан.

Ключевые слова: автодорожный фитомониторинг, борщевик Сосновского, федеральная автодорога М-7 (Волга), адвентивное растение, инвазивное растение, Республика Марий Эл, Чувашская Республика, Республика Татарстан.

Нами ведётся работа по изучению заносных растений в Чувашской Республике с 1978 г. [1-25, 27-31]. Среди заносных растений часто встречаются сорняки (в том числе карантинные) и инвазивные виды. К инвазивным видам относится борщевик Сосновского (*Heracleum Sosnowskyi* Manden., 1944), с которым ведётся борьба на многих территориях. С 18.12.2015 г. он Министерством сельского хозяйства Российской Федерации внесён в Отраслевой классификатор сорных растений Российской Федерации [26]. С 01.03.2026 г. вступает в силу Федеральный закон № 294-ФЗ «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» ужесточающие требования по уничтожению на земельных участках инвазивных видов растений [32] http://www.kremlin.ru/acts/news/77625.

Нами проводится мониторинг за распространением *H. Sosnowskyi* в Чувашской Республике и прилегающих территориях [3], который относится к инвазивным растениям [32].

В настоящей статье публикуем данные о результатах автодорожного фитомониторинга за распространением *H. Sosnowskyi*, организованного в июне – июле 2025 г., по автодорогам Республики Марий Эл, Чувашской Республики и Республики Татарстан.

Методика исследований распространения борщевика Сосновского по шоссейным дорогам аналогична автодорожному фитомониторингу ячменя гривастого (*Hordeum jubatum* L.), люпина многолистного и других яркоаспективных растений, которых легко можно определить в определенные фазы фенологического развития из движущегося авто или железно-дорожного транспорта. В период вегетации, цветения и диссеминации удобно наблюдать за распространением *H. Sosnowskyi* с

использованием транспортных средств. Борщевик Сосновского высокогабаритное растение с большими рассечёнными листьями с большими зонтичными соцветиями и отличить его от других видов флоры довольно легко.

В 2025 г. нами подтверждены находки *H. Sosnowskyi* на следующих автодорогах:

I. **Чувашской Республики**:

Дорога М-7 (направление движения →): недалеко от светофора между пос. Опытный и г.Цивильск - на обочине пороги и полосе отвода до посадок тополей - несколько экз.

Поворот с дороги М-7 на Нискасы и далее в сторону Шумерли (**дорога Р-231**) **(направление движения →)**: перед Нискасы – заросли и единчные экземпляры; Вурманкас-Асламасы – овражек перед дорогой – заросль борщевика и далее Ойкас-Асламасы - вдоль дороги единичные экз. и небольшие заросли на территории населенного пункта; до и после 18 км дороги единичные экз. и небольшие заросли; Кукшумы – в районе фермы – сплошная заросль.

Дорога от М-7 до оздоровительного лагеря «Березка» (Моргаушский м.о.) - конечная остановка - несколько экз.

Территория колхоза «Ленинская искра» – дорога на контурно-мелиоративную систему земледелия (несколько экз.); река Выла – заросли вдоль берега реки. По берегам и в пойме реки Выла по течению вниз местами заросли борщевика отмечаются и вне территории указанного колхоза.

II. **Республики Татарстан**: **федеральная дорога М-7 (направление движения →):** после границы Республик Чувашия и Татарстан около путепровода на Нурлаты – заросль в придорожной лесополосе, единичные экземпляры между шоссе и лесополосой; заросли и единичные экземпляры встречаются в Малых и Больших Ачасырах; от Осиново (794 км) и далее единичные экземпляры и небольшие заросли в лесопосадках и луговинах вдоль дороги; 797 км – многочисленные заросли; 793 км, рядом с АЗС «Татнефть» - заросли и единичные экз.; 803-804 км – 1 экз.; после Сухой реки через 1,5 км - 1 экз.; от водоохранной зоны р. Казанки до Кульсеитово – единичные экземпляры и заросль; после путепровода Дербышки – Высокая гора в сторону увеличения километража автодороги - единичные и небольшие группы (по 2 и 5 экз.); склон оврага реки Шемелки - одна заросль;

автодорога от Кулаево на Пестрецы: заросли на берегу р. Сула и водоохранной зоне, лесопосадке.

III. **Республики Марий Эл**: **автодорога Р-165 (направление движения →):** от Малая Кожмара до Малые Валежи справа и слева вдоль шоссе, в овражках, на поле ржи, вдоль лесных островков на поле = заросли и единичные экземпляры *H. Sosnowskyi* (А.Д. – вдоль автодороги на его откосах заросли обработаны гербицидом и растения стали коричневыми и завядают). Местами на этом участке дороги густота зарослей борщевика

значительная. И он произрастает в этих местах уже несколько лет. Является очагом распространения семян по всей округе.

Подводя итоги исследований распространения *H. Sosnowskyi* по шоссейным дорогам трех республик Поволжья в 2025 г., можно констатировать, что многие ранее известные местопроизрастания этого растения до сих пор не ликвидированы. Они разрастаются и являются очагами распространения вида далее. В соответствии с действующим законодательством владельцы и арендаторы земельных участков обязаны своевременно уничтожать это опасное растение. За нарушение законодательства предусмотрены штрафы. При автодорожном фитомониторинге мы фиксировали, в основном, произрастание *H. Sosnowskyi* в полосе отвода земельного участка под автодорогу и в прилегающих территориях.

Другим мощным руслом распространения *H. Sosnowskyi* являются реки. Дождевые, ливневые и талые воды разносят их легкие многочисленные семена на далёкие расстояния, а потом они оседают на берегах и поймах рек, где возникают многочисленные заросли этого растения. В Чувашии такие очаги имеются на реках Выла, Унга, Большой Цивиль, Цивиль, Сура. Единичные экземпляры борщевика Сосновского нами также были отмечены в конце прошлого века в пойме р. Сура в охранной зоне заповедника «Присурский».

Изредка *H. Sosnowskyi* распространяется и вдоль железных дорог, но данное явление малозначительное. Из обследованных нами более 150 км железных дорог (Шумерля-Канаш-Чебоксары) в 2025 г. небольшие заросли этого растения отмечены только на перегоне ж.-д. ст. Вурнары - ОП 632 км 10 июня 2025 г.

Литература

1. Антонова Е.С., Димитриев А.В. О произрастании ячменя гривастого в юго-западном микрорайоне города Чебоксары // Молодежь – за чистую Волгу. Сборник научных работ и экологических проектов Всероссийского молодежного научно-образовательного фестиваля. Чебоксары, 2021. С.35-40.

2. Воробьев Д.Н., Димитриев А.В. Дополнительные сведения о распространении ячменя гривастого *Hordeum jubatum* (Poaceae) в городах Чебоксары и Козмодемьянск // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада РАН. 2019. Вып. 13. С. 130-133.

3. Воробьев Д.Н., Димитриев А.В. Борщевик Сосновского в Чувашии // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН. 2017. №9. С.48-49.

4. Димитриев А.В. О встречах ячменя гривастого на федеральной автодороге М-7 (Волга) (Е22) с 627 по 847 км с 1967 по 2024 гг. // Трешниковские чтения - 2025: Современная географическая картина мира и технологии географического образования: материалы Всероссийского научно-практической конференции (9-10 апреля 2025, г. Ульяновск / под ред. Е.Ю. Анисимовой, А.К. Идиатуллова и др. Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2025. С. 22-23.

5. Димитриев А.В. Дополнительные сведения о распространении ячменя гривастого *Hordeum jubatum* (Poaceae) в городах Канаш и поселке городского типа Урмары (Чувашия) // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН. 2020. № 16. С. 142-146.

6. Димитриев А.В. Изучение адвентивных растений в Чувашской Республике // Флористические исследования в Центральной России (Материалы научной конференции «Флора Центральной России» Липецк, 1-3 февраля 1995 г.). / Под ред. чл.-корр. РАН В.Н. Тихомирова. Москва, 1995. С. 71-72.

7. Димитриев А.В. Некоторые интересные флористические находки в Среднем Поволжье. Новости систематики высших растений. 1987. Т. 24. С. 224-226.

8. Димитриев А.В. Некоторые натурализировавшиеся заносные растения во флоре г. Чебоксары // Проблемы рекреационных насаждений. Сборник научных работ. Чебоксары, 1984. С.63-65.

9. Димитриев А.В. Некоторые натурализировавшиеся заносные растения во флоре г. Чебоксары, 2 // Проблемы рекреационных насаждений. Сборник научных трудов. Чебоксары, 1990. Вып. 2. С.26-34.

10. Димитриев А.В. О распространении ячменя гривастого от инвазивного очага по шоссейным дорогам Урмарского района Чувашии // Арчиковские чтения – 2022: к вершинам эколого-географического познания. Материалы Всероссийской научно-практической конференции-фестиваля, посвященной Году культурного наследия народов России, Году выдающихся земляков Чувашии, 55-летнему юбилею Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова и 30-летию кафедры физической географии и геоморфологии им. Е.И. Арчикова. Редколлегия: И.В. Никонорова, А.Е. Гуменюк. Чебоксары, 2022. С. 63-66.

11. Димитриев А.В. О терминологических аспектах сорности в фитоценологии, геоботанике и флористике // Экологический вестник Чувашской Республики / Отв. редактор к.б.н. Димитриев А.В. Чебоксары-Москва, 2003. Вып. 35. С.91-95. (Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада РАН. Том 6).

12. Димитриев А.В. Экологическое зонирование путей сообщения для научных и практических целей // Экологический вестник Чувашии. Чебоксары, 1996. Вып.14. С. 15-18.

13. Димитриев А.В., Воробьев Д.Н. О распространении *Hordeum jubatum* (Poaceae) на севере Приволжской возвышенности // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. Т. 27. № 4-1. С. 227-231. DOI: 10.24411/2073-1035-2018-10118

14. Димитриев А.В., Абрамов Н.В., Мининзон И.Л., Папченков В.Г., Пузырев А.Н., Раков Н.С., Силаева Т.Б. О распространении *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) в Волжско-Камском регионе // Бот. журнал. 1994. Т. 79, № 1. С. 79-83.

15. Димитриев А.В., Ефейкин Д.П., Папченков В.Г. О динамике антропофильного элемента флоры Чувашии и сопредельных регионов // Флора и растительность антропогенных местообитаний. Ижевск: Изд-во Удмурт. ун-та, 1993. С. 39-46.

16. Димитриев А.В., Ильминских Н.Г. Новые заносные растения во флоре Чувашии // Бот. журн. 1979. Т. 64. № 7. С. 1007-1008.

17. Димитриев А.В., Коноваленко Е.И. О находках карантинного сорняка амброзии трехраздельной (*Ambrosia trifida* L.) в Чувашской Республике // Научные труды Государственного природного заповедника «Присурский». 2013. Т. 28. С. 51-52.

18. Димитриев А.В., Коноваленко Е.И. О распространении *Ambrosia trifida* L. в Чувашской Республике // Инвазионная биология: современное состояние и перспективы: Материалы рабочего совещания. Москва, 10-13 сентября 2014 г. / Ред. С.Р. Майоров. М.: МАКС Пресс, 2014. С. 88-91.

19. Димитриев А.В., Краснов Н.А., Нерогова Р.Т., Теплова Л.П. Hordeum jubatum (Poaceae) в Чувашской, Марийской и Татарской АССР // Бот. журн. 1984. Т 69. № 5. С.674-676.

20. Димитриев А.В., Теплова Л.П., Ефейкин Д.П. Новые дополнения к флоре Чувашской Республики // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский»: Материалы Первой межрегиональной, бассейновой конференции по изучению природы и биоразнообразия Присурья. Чебоксары–Атрат, 1999. Том 2. С.61-65.

21. Димитриев А.В., Теплова Л.П., Нерогова Р.Т., Папченков В.Г. О некоторых редких и новых растениях Чувашии и прилегающих территорий // Бот. журн. 1989. Т. 74. № 8. С.1190-1192.

22. Иванова А.Е., Димитриев А.В. Дополнительные сведения о находках ячменя гривастого *Hordeum jubatum* (Poaceae) в городе Канаше и Канашском районе Чувашии в 2021 г. // Молодежь – за чистую Волгу. Сборник научных работ и экологических проектов Всероссийского молодежного научно-образовательного фестиваля. Чебоксары, 2021. С.205-210.

23. Ильминских Н.Г., Димитриев А.В. Некоторые новые флористические находки в Марийской АССР // Флора Марийской АССР и вопросы ее охраны. Йошкар-Ола, 1981. С. 121-122.

24. Ильминских Н.Г., Димитриев А.В., Мильчаков Л.В. О некоторых редких и новых адвентивных растениях во флоре Волжско-Камского края // Бот. журн. 1981. Т. 66. № 8. С. 1221-1224.

25. Налимова Н.В., Димитриев А.В., Теплова Л.П. О флористическом списке высших сосудистых растений Чувашской Республики (Обзор опубликованных материалов за 1964-2001 гг.) // Экологический вестник Чувашской Республики. 2001. Вып. 24. С. 80-88.

26. Отраслевой классификатор сорных растений / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. М.: Росинформагротех, 2018. 51 с.

27. Папченков В.Г., Гафурова М.М., Димитриев А.В., Петрова Е.А. Дополнения к «Флоре …» П.Ф. Маевского (2006) по Чувашской Республике // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2008. Т. 113. № 6. С. 73.

28. Папченков В.Г., Димитриев А.В. Об адвентивной флоре автономных республик Среднего Поволжья // Проблемы изучения адвентивной флоры СССР: Материалы совещания. 1-3 февраля 1989 г. М.: Наука, 1989. С. 47-49.

29. Папченков В.Г., Димитриев А.В. Оценка возможности проникновения в агрофитоценозы автономных республик Среднего Поволжья новых видов адвентивных растений // Тезисы Всес. совещ. «Агрофитоценозы и экологические пути повышения их стабильности и продуктивности». Ижевск, 1988. С. 144-145.

30. Папченков В.Г., Димитриев А.В. Новые и редкие виды заносных растений автономных республик Среднего Поволжья // Бот. журн. 1989. Т. 74. № 4. С. 547-553.

31. Папченков В.Г., Димитриев А.В. О некоторых редких и новых растениях во флоре Чувашии // Бот. журн. 1987. Т. 72. № 4. С. 526-528.

32. Подписан закон, устанавливающий меры по предотвращению распространения и уничтожению опасных видов растений // Режим доступа: http://www.kremlin.ru/acts/news/77625

УДК 631/635: 631.95: 631.582: 631.452: 632.91

АЛЬТЕРНАТИВА ХИМИКО-ТЕХНОГЕННОМУ ПУТИ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Дудкин И.В.

E-mail: dudkini@mail.ru
ФГБОУ ВО «Курский государственный аграрный университет им. И.И. Иванова», Курск, Россия

В статье рассмотрены пути развития земледелия, альтернативные ставшему приоритетным в наше время химико-техногенному пути. В основе других направлений находятся биологизация и экологизация земледелия и защиты растений. Большая роль в совершенствовании систем земледелия отводится таким биологическим факторам как севооборот, полевое травосеяние, использование промежуточных культур, сидерация, применение различных видов органических удобрений, интегрированная защита растений с приоритетом нехимических мер.

Ключевые слова: земледелие, биологизация земледелия, севооборот, полевое травосеяние, сидерация, удобрения, защита растений, агроэкология.

Интенсификация земледелия может происходить различными путями. Первый – это путь преимущественно техногенного развития. Он включает интенсивное использование техники, в том числе тяжёлой, что вызывает деформирующее и разрушающее действие на верхний слой почвы и усиливает эрозионные процессы.

Этот путь предполагает также широкое использование минеральных удобрений и химических средств защиты растений. Интенсивная химизация наряду с очевидными преимуществами имеет и серьёзные недостатки. Это не всегда положительное влияние на почвенно-поглощающий комплекс, на микрофлору почвы. Большую озабоченность вызывает сдвиг реакции почвенной среды в кислую сторону при регулярном применении высоких доз минеральных удобрений.

Применение в больших количествах химических средств защиты растений может привести, особенно в долговременном плане, не к решению проблем защиты растений от вредных организмов, а к их обострению. Это связано с изменением структуры сообществ сорняков и вредителей, состава болезней растений в сторону увеличения в них доли устойчивых к химикатам видов и появлению внутри видов устойчивых форм.

А.А. Жученко [1] отмечает, что возможности техногенной оптимизации факторов внешней среды даже в интенсивных агроэкосистемах весьма ограничены, а по ряду параметров исчерпаны или исключены вовсе, в связи с чем важно повышение устойчивости агроэкосистем к нерегулируемым абиотическим и биотическим стрессам. Даже избыток

техногенных средств (удобрений, пестицидов, техники) и государственных дотаций не могут компенсировать неадаптивность в землепользовании, приводящую к катастрофическим масштабам эрозии почвы, неоправданным затратам ресурсов, энергии и труда.

Альтернативой техногенному пути развития земледелия является его биологизация. Принцип биологизации землепользования предполагает более широкое использование биологических методов защиты растений, органических удобрений, в частности сидератов, а также максимальное использование биологического потенциала сортов и гибридов сельскохозяйственных культур [2].

Необходимость биологизации земледелия, по мнению Г.И. Казакова [3], вызвана загрязнением окружающей среды, деградацией и эрозией почвы в результате неумелого и, в недалёком прошлом, часто неограниченного применения минеральных удобрений, гербицидов и других химических веществ, а в настоящее время дефицитом и дороговизной энергоресурсов, основных средств производства.

Приверженцем такого альтернативного биологического пути земледельческой науки и практического земледелия был известный учёный – земледел академик А.М. Лыков, считавший необходимым переход на биогеоценотическое (адаптивно-биосферное) земледелие [4]. В своей статье он призывал к незамедлительному освоению агроценологической научной парадигмы, отмечая солидарную с ним позицию в этом вопросе академика РАН М.С. Гилярова.

Одним из главных биологических факторов воспроизводства и регулирования плодородия почвы, а также оздоровления фитосанитарной обстановки в агроценозах безусловно является севооборот. По мнению Дудкина В.М. и Лобкова В.Т. [5], на основе усиления севооборота, как главного биологического фактора, должна строиться и вся концепция биологизации земледелия.

В биологизированных севооборотах не допускается чрезмерное насыщение их одной культурой или группой однотипных культур. При построении биологизированных севооборотов следует руководствоваться принципом максимального приближения, сходства с природными объектами. Прежде всего, это касается увеличения разнообразия в полевых биологических сообществах и, за счёт этого, повышения их устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды.

Роль севооборота как биологического фактора в решении задач воспроизводства почвенного плодородия, создания благоприятных фитосанитарных условий на полях, получения экологически чистой продукции существенно возрастает по мере интенсификации земледелия [6].

В.М. Передериева и О.И. Власова [7] рассматривают севооборот как биологическое средство интенсификационных процессов в современном земледелии. Авторы особо выделяют плодосменные, биологизированные

севообороты, которые дают возможность улучшить биологические, агрофизические и агрохимические свойства почвы. По их мнению, кроме того, значительным резервом стабилизации плодородия почвы является увеличение доли многолетних и однолетних трав, зернобобовых культур. Подчёркивается, что состав и чередование культур в севообороте выступают в качестве определяющего средства биологизации и экологизации земледелия и зависят от конкретных почвенных, климатических и экономических условий.

Для дальнейшей биологизации севооборотного блока требуется увеличение в севооборотах удельного веса однолетних и многолетних бобовых трав, сортов и видов растений с высокой азотфиксирующей способностью. Принципиально важно в настоящее время обогащать почву не столько высокоуглеродистой соломистой органикой, но и биомассой с узким соотношением углерода к азоту. В максимальной степени этим требованиям отвечают многолетние бобовые травы. Усиление биологической активности почвы за счёт многолетних трав, вовлечение в минерализационный процесс остаточной биомассы как с узким, так и более широким соотношением C:N способствуют обогащению активного слоя почвы биогенными элементами, повышению продуктивности и плодосменных, и зерновых севооборотов [8].

Известно, что полевые культуры весьма существенно различаются по их влиянию на процессы минерализации гумуса и почвообразования. Наибольшие среднегодовые потери гумуса наблюдаются под чистым паром и пропашными (1,5 – 2,5 т/га), средние – под зерновыми и однолетними травами 90,4 – 1 т/га). Под основными почвообразователями – многолетними травами, запасы гумуса увеличиваются на 0,3 – 0,6 т/га [9].

В ходе исследований, проведенных в Тульской области [10], были получены данные, показывающие, что полевое травосеяние, включение в севооборот многолетних бобовых трав может служить активным, доступным и низкозатратным фактором увеличения плодородия почвы, в частности, создания положительного баланса гумуса и повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Исследования, проведенные в НИИСХ Северо-Востока [11] показали, что широкое использование сидеральных севооборотов с бобовыми культурами позволит сохранить и повысить плодородие почвы при невысоких дозах минеральных и органических удобрений. Рентабельность севооборотов с сидеральными парами в условиях Северо-Восточного региона выше, чем при включении в структуру посевных площадей других паров, и достигает 107,3…111,4 %.

Данные, полученные П.А. Постниковым и др. [12], говорят о необходимости формирования севооборотов с учетом биологических факторов земледелия. При использовании сидератов, соломы и за счет азотфиксации с однолетними и многолетними бобовыми культурами в среднем поступает около 73,1-88,3 кг/га NPK. Применение минеральных

удобрений и их сочетаний с сидератами и соломой практически нивелировало разницу в урожайности яровых зерновых культур между предшественниками.

Установлено [13], что сидерация влечёт за собой повышение биологической активности почвы, определявшейся по интенсивности разложения целлюлозы в почве, а также способствует снижению токсичности.

По данным МСХА им. К.А. Тимирязева [14], после выращивания пожнивных культур на сидерат отмечалось существенное улучшение агрофизических показателей и водного режима почвы.

В общем балансе органических удобрений наибольший удельный вес занимают подстилочный навоз и компосты (около 80 %) [15]. Применение этих видов органических удобрений положительно сказывается на плодородии почвы и урожайности возделываемых культур. Однако даже при полной мобилизации всех ресурсов навоза и помёта, потребность пашни в органических удобрениях для воспроизводства гумуса почв может быть удовлетворена лишь на 17-20 %. Какая-то часть необходимого органического материала может поступать в почву с зелёными удобрениями, о положительных качествах которых уже сказано выше.

Ещё одним приёмом биологизации земледелия является использование побочной продукции в качестве удобрения, прежде всего соломы. Расчёт её баланса показывает, что при сложившейся структуре посевных площадей выход соломы составляет свыше 100 млн т в год, в том числе около 50 млн т – излишки, не используемые на кормовые цели. Исследования ВНИПТИОУ показали, что солома как удобрение по воздействию на урожай не уступает навозу и компостам.

Одна тонна соломы зерновых культур по содержанию органического вещества, азота, фосфора и калия равноценна 2-3 т полуперепревшего навоза влажностью 75 %. Это определяет довольно высокую ценность соломы как удобрения. Достоверные прибавки урожая с.-х. культур от внесения соломы составляли от 10 до 20 % [16].

Следует учитывать, что транспортировка навоза на значительное расстояние связана с большими энергетическими затратами. В связи с этим, на отдалённых полях, где навоз не вносится, он может быть заменен соломой. Повышение продуктивности выращиваемых культур при ее внесении составило 2,5 – 2,9 ц/га к. ед. [17].

Проведенные нами исследования показали [18], что применение соломы зерновых культур в качестве удобрения не влечёт за собой рост численности сорняков в посевах, однако масса сорных растений возрастает.

Для стабилизации и повышения плодородия почв возможно использование отходов свеклосахарного производства (свекловичный жом, фильтрационный и транспортерно-моечный осадки) в качестве дополнительного источника кальцийсодержащих материалов и

органического удобрения, что позволяет безопасно решить проблему утилизации отходов и обеспечить благоприятные условия для формирования высокой урожайности сельскохозяйственных культур [19].

Биологизация оказывает существенное влияние на баланс гумуса в севообороте [20]. В биологизированном севообороте, где в почву поступали сидераты, солома и корнестерневые остатки, по всем вариантам получен положительный баланс гумуса (от +3,13 до +4,67 т/га). С дополнительным внесением 40 т/га навоза баланс гумуса увеличивался от +5,47 до +7,17 т/га. Применение биологических факторов способствовало росту урожайности сельскохозяйственных культур.

В результате исследований, выполненных в Воронежском ГАУ [21] сделан вывод, что для повышения массы органического вещества почвы и увеличения продуктивности севооборотов наряду с органическими (навоз) и минеральными удобрениями необходимо применять солому зерновых культур, пожнивную сидерацию, осуществлять замену чистого пара на сидеральный.

Ещё одно направление биологизации земледелия – применение биопрепаратов. Биопрепараты в растениеводстве могут быть использованы в качестве удобрительных средств, биологических активаторов почвенных процессов и биопестицидов для защиты растений от болезнетворной инфекции. В числе положительных сторон применения в растениеводстве биологических препаратов можно назвать возможность сокращения при выращивании полевых культур объёмов применения азотных и фосфорных удобрений, замены химических средств защиты растений на микробиологические препараты, купирования стрессов, в том числе и вызванных загрязнением почв радионуклидами и тяжелыми металлами [22].

Одним из главных положений биологизации земледелия является сокращение применения ядохимикатов, более широкое использование агротехнических и биологических мер для борьбы с вредными организмами. Положительно сказывается на эффективности защитных мероприятий их комплексное применение [23].

В сдерживании распространения сорных растений перспективен фитоценотический метод, заключающийся в способности культур с высокой конкурентной способностью подавлять сорняки [24-26].

Важное условие при формировании биологизированных систем земледелия – биологические факторы не следует противопоставлять небиологическим, а использовать их так, чтобы уменьшать негативное действие небиологических факторов и способствовать повышению их эффективности.

Следует отметить ещё один аспект рассматриваемого вопроса. В последние годы в мире и в России бурно развивается биотехнология, в том числе и непосредственно связанная с сельским хозяйством. Вероятно, в этом

направлении следует ожидать прорывных достижений, способных значительно изменить сельскохозяйственное производство.

Биологизацию земледелия, повышение его биотехнологичности следует рассматривать не только как направления совершенствования систем земледелия, ресурсосбережения, но и как пути решения проблемы мирового уровня – сохранения природных ресурсов, безопасного с точки зрения экологии природопользования, в том числе в аграрной сфере, получения экологически чистой продукции растениеводства. Это обязательно следует учитывать при разработке современных технологий выращивания сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Жученко А.А. Биологизация, экологизация, энергосбережение, экономика современных систем земледелия // Вестник АПК Ставрополья. – 2015. – Спецвыпуск № 2. – С. 9-13.

2. Макаров И.П. Экологические и экономические принципы зональных систем обработки почвы // Плодородие. – 2007. – №3. – С.22-23.

3. Казаков Г.И. Биологизация земледелия в Лесостепи Поволжья // Земледелие. – 2003. – №3. – С. 14-15.

4. Лыков А.М. Введение в биогеоценотическое (адаптивно – биосферное) земледелие // Плодородие. – 2006. – №1. – С. 27-32.

5. Дудкин В.М., Лобков В.Т. Биологизация земледелия: основные направления // Земледелие. – 1990. – №11. – С. 43-46.

6. Дудкин В.М., Дудкин И.В. Пути усиления роли севооборота как биологического фактора в современных системах земледелия // Почвозащитное земледелие в России / Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции (15-17 сентября 2015 г.). – Курск, 2015. – С. 109-112.

7. Передериева В.М., Власова О.И. Севооборот как биологическое средство интенсификационных процессов в современном земледелии // Вестник АПК Ставрополья. – 2015. – Спецвыпуск № 2. – С. 35-44.

8. Турусов В.И. Пути биологизации севооборотов в адаптивно-ландшафтном земледелии юго-востока ЦЧП // Управление продукционным процессом в агротехнологиях 21 века: реальность и перспективы / Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 35-летию образования Белгородского НИИСХ (15-16 июля 2010 г.). – Белгород, 2010. – С. 357-359.

9. Рекомендации по созданию продуктивных и устойчивых агроландшафтов / А.С. Шпаков, И.А. Трофимов, А.А. Кутузова и др. – М., Россельхозакадемия, 2003. – 44 с.

10. Многолетние бобовые травы – активный фактор управления продуктивностью полевых агроэкосистем и животноводства / В.И. Макаров, К.Г. Калашников, Н.В. Ермоленко, В.И. Северов // Агроэкологическая оптимизация земледелия / Сборник докладов Международной научно-практической конференции (14-16 сентября 2004 г.). – Курск, 2004. – С. 184-187.

11. Влияние предшественников озимой ржи на урожайность, показатели почвенного плодородия и экономическую эффективность / Л.М. Козлова, Т.С. Макарова, Ф.А. Попов, В.А. Денисова // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №6. – С.42-45.

12. Постников П.А., Попова В.В., Тиханская Е.Л. Влияние биологических факторов на накопление элементов питания и на урожайность зерновых // Агрохимический вестник. – 2020. – №2. – С.32-36.

13. Дудкин И.В., Дудкина Т.А. Биологическая активность и токсичность почвы под озимой пшеницей в зависимости от севооборота и удобрений // Чернозёмы Центральной России: генезис, география, эволюция / Материалы Международной научной конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения П.Г. Адерихина (25-28 мая 2004 г.). – Воронеж, 2004. – С. 348-351.

14. Лошаков В.Г. Специализированные зерновые севообороты и промежуточные культуры в центральных областях Нечерноземной зоны РСФСР // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1984. – №1. – С. 33-36.

15. Еськов А.И. Улучшать использование органических удобрений // Земледелие. – 2000. – №6. – С. 24-25.

16. Куприченков М.Т., Антонова Т.Н., Головинов А.А. Солома – ценное органическое удобрение // Земледелие. – 2000. – №5. – С. 26.

17. Зезюков Н.И. Использование соломы на удобрение для повышения плодородия почвы в свекловичных севооборотах // Регулирование плодородия чернозёмов в условиях лесостепи ЦЧЗ. – Воронеж, 1989. – С. 13-23.

18. Дудкин И.В., Дудкина Т.А. Биологические факторы борьбы с засорённостью посевов // Земледелие. – 2004. – №3. – С. 34-35.

19. Пузанова Л.И., Лабузова В.Н. Использование отходов свеклосахарного производства для повышения плодородия почв // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия / Сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск, 2019. – С. 315-318.

20. Матвеев В.В., Власов В.А., Комарова Н.А. Эффективность биологизации земледелия в системе севооборотов // Ресурсосберегающие технологии для земледелия и животноводства Владимирского Ополья / Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции (ГНУ ВНИИСХ РАСХН, 17-19 июля 2008 г.). – Суздаль, 2008. – С. 92-96.

21. Коротких Е.В. Биологическая направленность севооборотов // Принципы и технологии экологизации производства в сельском хозяйстве / Материалы 68-ой международной научно-практической конференции (26-27 апреля 2017 г.). – Рязань: Изд-во Рязанского ГАТУ, 2017. – С. 365-370.

22. Биопрепараты в сельском хозяйстве. (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве) / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь и др. – М., 2005. – 100 с.

23. Substantiation of the weed control system when placing grain production in microzones of the Central Chernozem region / Igor V. Dudkin, Natalia V. Dolgopolova, Dmitry I. Zhilyakov, Ekaterina V. Malysheva, Viktor N. Nedbaev // VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023). E3S Web of Conf. V. 390, 02011. 2023. – 5 p. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339002011.

24. Дудкин И.В. Безгербицидная система борьбы с бодяком полевым // Экологические проблемы химизации сельского хозяйства. – Барнаул, 1990. – С. 93-94.

25. Кукреш Л.В., Бысов Н.С. Фитоценотический метод борьбы с пыреем ползучим // Земледелие. – 1990. – №4. – С. 33-42.

26. Смолин Н.В., Бочкарёв Д.В. Фитоценотический эффект подавления овсюга (Avena fatua L.) на различных агрофонах // Агрохимия. – 2012. – №8. – С. 38-47.

УДК 581.5: 632.51

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ

Дудкин И.В.

E-mail: dudkini@mail.ru
ФГБОУ ВО «Курский государственный аграрный университет им. И.И. Иванова», Курск, Россия

Актуальными направлениями совершенствования систем земледелия в последнее время являются их биологизация и экологизация. Важнейшая сфера, где такие изменения необходимы – защита растений и, в частности, борьба с сорными растениями. Отмечена положительная роль в снижении вредоносного действия сорняков таких факторов, как севооборот, промежуточные посевы, обработка почвы, фитоценотический метод. Показана необходимость создания комплексных систем регулирования засоренности посевов, в которых по значимости упор следует делать на экологически безопасные приемы.

Ключевые слова: сорные растения, севооборот, промежуточные посевы, обработка почвы, фитоценотический метод, комплексные системы борьбы, экологическая безопасность

Проблемы охраны окружающей среды в мире и в России относятся к наиболее актуальным. Много нерешённых проблем в этом отношении и в агропромышленном комплексе.

Свойства и режимы пахотных почв в Центрально Черноземной зоне и в России в целом уже сейчас далеки от сельскохозяйственного и экологического оптимума и имеют устойчивую тенденцию к дальнейшей деградации. Широко распространённые процессы техногенного загрязнения уже в настоящее время способны, наряду с эрозией, принимать необратимый характер и выводить из сельскохозяйственного использования большие площади земель. В этих условиях земледелие, учитывая его современное экологическое состояние, нуждается в глубокой агроэкологической реорганизации в следующих направлениях: а) экологически обоснованного уменьшения антропогенного воздействия на природную среду; б) достижения максимального экологического соответствия производства продукции растениеводства природной организации ландшафта и организации земельной территории хозяйств; в) применение экономически и экологически наиболее эффективных систем территориального разделения сельскохозяйственного производства; г) создание научно-технического обеспечения и благоприятных условий для широкого распространения экологизированных почвозащитных и ресурсосберегающих систем земледелия со стабильно высоким производством экологически безопасной продукции [1].

По мнению Ю.А. Овсянникова [2], ориентация земледелия на использование естественных природных процессов позволит существенно

снизить затраты энергии и ресурсов. А также это улучшит экологическое состояние агроландшафтов.

Экологически безопасные технологии возделывания сельскохозяйственных культур должны иметь приоритет. Во многом экологичность технологий зависит от того, какие применяются системы защиты растений.

Совершенно очевидно, что по мере дальнейшей интенсификации сельскохозяйственного производства роль защиты растений будет возрастать, так как одновременно с созданием более благоприятных условий для роста растений создаются и лучшие условия для развития и размножения вредных организмов [3].

По опубликованным данным [4], средние потери урожая сельскохозяйственных культур в растениеводстве России в пересчёте на зерно до сих пор находятся на уровне 40 млн т / год, из которых на сорные растения приходится до 40 % потерь.

Современная концепция защиты растений предусматривает отказ от тотального истребления вредных организмов и поэтапный переход к созданию стабильных в фитосанитарном отношении агроэкосистем, в которых будет действовать механизм саморегуляции и управления численностью вредителей и сорняков и уровнем развития болезней [5].

Ю.В. Бухонова и В.Р. Сергеев [6] отмечают, что адаптация систем защиты растений к биологическим особенностям культивируемых растений, почвенно-климатическим условиям, формам организации труда и потребностям рынка является на сегодня и ближайшее будущее приоритетным направлением.

Успех может быть достигнут лишь при интегрированной системе защиты, рациональном применении агротехнических, биологических, химических и других методов борьбы [7].

Одним из приёмов, успешное использование которого позволит снизить применение ядохимикатов, является севооборот. Возможность культурных растений противостоять сорным зависит от интенсивности роста, биологической приспособленности к условиям возделывания. Это в конечном счёте определяет значение последовательной смены культур в севообороте. Севооборот, за счёт рационального чередования культур, учитывающего биологические особенности как культурных растений, так и сорняков, способен обеспечить высокую эффективность очищения полей [8].

Культуры имеют большие различия в сороочищающей способности. При отсутствии некоторых культурных растений семена ряда сорняков в почве не прорастают даже при наличии необходимого увлажнения и температуры. Так, семена живокости дают всходы только в присутствии пшеницы, семена сорняков семейства гвоздичных не прорастают на полях сахарной свёклы, а корневые выделения картофеля стимулируют развитие всех сорняков [9].

Данные о большом регулирующем влиянии севооборота на сорный компонент агрофитоценозов получены нами в многофакторном полевом опыте [10]. Наибольшая численность сорняков отмечена в зернотравянопропашном севообороте, наименьшая – в зернотравяном. В зависимости от вида севооборота изменялась структура сорно-полевого сообщества. Так, многолетних сорных растений в зернопаропропашном севообороте было соответственно в 6 и 9 раз меньше, чем в зернотравяном и зернотравянопропашном севооборотах.

Посевы хорошо развитых сельскохозяйственных культур способны подавлять сорную растительность. На этом базируется фитоценотический метод борьбы с сорняками.

Конкурентная способность культур по отношению к сорнякам различна. Наиболее успешно конкурирует с сорняками озимая пшеница, озимая рожь, многолетние травы. К слабым конкурентам относят сахарную свёклу, кукурузу, яровую пшеницу.

Конкурентную способность культур можно повысить регулированием нормы высева, сроков и способов посева, созданием различных конструкций посевов, разносортовых, смешанных и совмещённых посевов.

Норма высева сельскохозяйственных культур должна быть достаточно высокой, чтобы препятствовать массовому развитию сорняков, но не настолько, чтобы плотность стояния культурных растений приводила к взаимному угнетению растений культуры и снижению урожая.

В опытах в Курской области [11] было доказано, что, используя только агротехнические и фитоценотические меры, не прибегая к химическим средствам, можно добиться снижения засорённости одним из самых злостных сорняков бодяком полевым до уровня ниже порога вредоносности, когда отпадает необходимость в применении гербицидов. Этот метод базируется на сочетании истощения бодяка механическими обработками и подавлении его посевом два года подряд с повышенной нормой высева высококонкурентной культуры – озимой пшеницы (в первый год в занятом пару – на зелёную массу, во второй год – на зерно). Применение такой системы борьбы значительно подавляет и другие сорные виды.

В Белорусском НИИ земледелия [12] был разработан метод борьбы с пыреем ползучим. Применение этого метода дает возможность успешно бороться с пыреем без применения химических веществ с помощью агрофитоценозов с высокой конкурентной способностью к этому сорняку. Полное уничтожение корневищ пырея ползучего достигнуто при сочетании зеленоукосных посевов озимой ржи с двукратным посевом редьки масличной.

Широкое распространение фитоценотического метода борьбы с сорняками – существенный вклад в экологизацию земледелия и защиты растений.

В условиях Курской области [13] также было изучено действие промежуточных посевов на засорённость основных культур севооборота. На фоне без основной обработки почвы весной в начале вегетации

количество сорных растений в посевах озимой пшеницы при выращивании промежуточных культур снизилось на 17 %, сахарной свёклы – на 14 %, яровой пшеницы – на 4 %. В течение вегетации культурных растений противосорняковый эффект промежуточных культур возрастал во всех полях севооборота, но наибольший эффект зафиксирован на посевах сахарной свёклы, где снижение засорённости перед уборкой составило 30 %. Под действием промежуточных культур снижалась и масса сорняков.

Большой вклад в борьбу с сорными растениями вносит обработка почвы. Установлено [14], что сороочищающая эффективность систем основной обработки почвы различна в зависимости от севооборота. В предуборочный период в зернопаропропашном севообороте на обоих изучавшихся в опыте фонах питания при плужной основной обработке почвы засорённость была в 1,1–1,5 раза меньше, чем в других вариантах обработки почвы. Наибольшую чистоту посевов в зернотравянопропашном севообороте обеспечивала обработка почвы плоскорезом, а в зернотравяном севообороте – вспашка (на неудобренном фоне) и плоскорезная обработка (при внесении минеральных удобрений).

Правильный выбор системы основной обработки почвы и качественное выполнение всех приёмов механического воздействия на почву могут значительно снизить потребность в гербицидах или даже дать возможность избежать их применения.

Фактором, оказывающим значительное влияние на сорные растения, являются минеральные удобрения. В наших опытах на чернозёме типичном тяжелосуглинистом [15] применение минеральных удобрений в севообороте ($N_{36}P_{37}K_{40}$ на 1 га пашни) снижало численность сорняков в посевах, но, как правило, увеличивало их массу.

В опытах МСХА им. К.А. Тимирязева установлено [16], что при уменьшении глубины размещения минеральных удобрений в почве с 20 до 10-5 см конкурентная способность ячменя и кукурузы по отношению к сорнякам резко повышается, а коэффициент использования элементов питания этими культурами возрастает соответственно с 12-22 до 13-47 и с 5-13 до 9-52 %.

Самым проблемным с экологической точки зрения способом борьбы с сорняками является химический способ. На ряде культур в течение полевого сезона проводятся неоднократные обработки гербицидами, что зачастую входит в противоречие с экологическими требованиями. В то же время нельзя не отметить эффективность химической прополки посевов. При правильном применении современных препаратов она способна быстро и кардинально решить проблему засоренности посевов.

Недостатком химического метода борьбы с сорняками является то, что при многоразовом применении одних и тех же препаратов или препаратов, близких по химическому составу на одном и том же поле прибавка урожая от применения гербицидов снижается. Повышается резистентность сорных растений к гербицидам, в структуре сорнополевого сообщества увеличивается содержание устойчивых видов.

В настоящее время экологизация земледелия и защиты растений – одна из важнейших задач агропромышленного комплекса. Поэтому в сельском хозяйстве, как и в других отраслях, необходимо решить задачу минимизации воздействия токсикантов на окружающую среду. Применение пестицидов, в связи с этим, следует рассматривать как крайнюю меру. Решение об их применении и выбор препаратов должны производиться с учётом их влияния на экологическое состояние агроценозов.

Для определения пороговой нагрузки ксенобиотика на агроэкосистему необходим системный экотоксикологический подход, обеспечивающий изучение действия всех экофакторов, в том числе и сам препарат [17].

Зарубежными учёными [18] рассматривается вопрос снижения объёмов внесения гербицидов. Основными мерами по выполнению этой задачи являются следующие:

- внесение гербицидов на основе экономических порогов вредоносности сорняков;
- целенаправленное послевсходовое внесение гербицидов по основным видам сорняков и дробный способ внесения в зависимости от погодных условий и засорения;
- снижение норм расхода в зависимости от индекса конкуренции, фазы роста и развития сорняков, от конкурентоспособности сорта и стеблестоя, покрытия сорняками, погодных условий, от внесения КАС и других гербицидов (баковые смеси);
- комбинация механических и химических мер борьбы и ленточное внесение гербицидов;
- дифференцированное внесение гербицидов по полю в зависимости от гетерогенности засорения.

Применение послевсходовых гербицидов регулируется в зависимости от количества и видового состава, взошедших сорняков, фазы их развития, а также от состояния культуры и погодных условий (температура воздуха, солнечное освещение, осадки, сила ветра). Минимальные нормы рекомендуются при хорошем состоянии культурных растений, в чувствительной фазе развития сорняков, умеренной температуре воздуха и отсутствии во время обработки осадков [19].

Ю.Я. Спиридонов и С.Г. Жемчужин [20] отмечают, что в последнее десятилетие стали активно использовать гербицидные комбинированные препараты. Это вызвано, во-первых, большим видовым разнообразием сорняков. Во-вторых, для снижения фитотоксического действия на культуры, некоторые препараты лучше использовать в виде небольших добавок к базовым гербицидам. В-третьих, при использовании комбинированных гербицидов, в составе которых биоактивные компоненты с разным механизмом действия, можно избежать появления резистентных видов сорняков.

Положительное влияние гербицидов на урожайность возделываемых культур можно увеличить при их совместном применении с удобрениями и

регуляторами роста. В.В. Гамуев [21] подчеркивает, что совместное применение удобрений и гербицидов даёт возможность снизить количество вносимых ядохимикатов, что очень важно, поскольку соответствует современной парадигме земледелия, одним из важнейших положений которой является подчинение интересов агроэкономических интересам более высокого уровня – экологическим.

Наибольший эффект в борьбе с сорняками достигается, когда противосорняковые меры применяются не разрозненно, а совместно. В таких комплексных системах регулирования засорённости посевов необходимо использовать потенциал всех звеньев систем земледелия в очищении полей от сорняков. Именно его наряду с предупредительными мерами следует рассматривать как базовую часть создаваемых систем [22, 23]. Такой подход позволяет частично или полностью заменить небезопасные с экологической точки зрения меры борьбы с сорняками другими, не наносящими ущерба окружающей среде.

В проведенных в Курской области опытах [11] при комплексном применении различных способов снижения засорённости посевов (основная обработка почвы, гербициды, локальное внесение минеральных удобрений) в среднем по культурам севооборота сырая масса сорных растений в предуборочный период была в 5,3 раза меньше, чем без применения мер борьбы и в 3,6 раза – чем при применении только гербицидов. Особенно эффективно интегрированное действие противосорняковых факторов в борьбе с многолетними видами сорных растений. Комплексное применение различных способов борьбы с сорняками обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Экологические аспекты формирования систем земледелия и защиты растений / И.В. Дудкин, В.М. Дудкин, А.Я. Айдиев, Н.И. Стрижков, Т.А. Дудкина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №7. – С. 2-7.

2. Овсянников Ю.А. Земледелие как фактор возникновения и разрешения экологических проблем // Аграрная наука. – 2000. – №6. – С. 12-13.

3. Алёхин В.Т. Пути стабилизации фитосанитарной обстановки // Защита и карантин растений. – 2004. – №1. – С. 8-12.

4. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Практика создания и эффективного применения комбинированных отечественных гербицидов в борьбе с сорняками в посевах зерновых колосовых культур // Агрохимия. – 2013. – №1. – С. 35-49.

5. Алёхин В.Т. Перспективы улучшения фитосанитарного состояния агроценозов // Защита и карантин растений. – 2006. – №5. – С. 7-10.

6. Бухонова Ю.В., Сергеев В.Р. Защита растений в адаптивно-ландшафтном земледелии // Пути сохранения плодородия почвы и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья / Материалы заседания Территориального координационного совета «Проблемы земледелия ЦЧЗ» (Каменная Степь, 29 мая 2009 г.). – Ч.2. – Воронеж: Изд-во «Истоки», 2009. – С. 6-7.

7. Алёхин В.Т. Пути оптимизации фитосанитарного состояния агроценоза пшеницы // Материалы научно-практической конференции «Проблемы и пути реализации потенциала производства зерна в Центральном Черноземье» и заседания

территориального координационного совета «Проблемы земледелия ЦЧЗ» (Каменная Степь, 31 мая – 1 июня 2007 г.). – Каменная Степь – Санкт-Петербург, 2007. – С. 20-23.

8. Плескачёв Ю.Н., Сухова О.В. Борьба с сорной растительностью в полевых севооборотах Волгоградской области // Известия Оренбургского гос. агр. ун-та. – 2013. – №3(41). – С. 24-27.

9. Свиридов А.К., Черенков В.В. Севооборот – основа получения высоких урожаев. – Воронеж, 1980. – 17 с.

10. Дудкин И.В. Научное обоснование приёмов и систем регулирования засорённости посевов сельскохозяйственных культур в ландшафтном земледелии лесостепи Центрального Черноземья: Автореф. дис. … докт. с.-х. наук / 06.01.01 – общее земледелие. – Курск, 2009. – 38 с.

11. Дудкин И.В. Эффективность различных методов борьбы с бодяком полевым в посевах сельскохозяйственных культур в условиях Лесостепи Центрально-Чернозёмной зоны; Автореф. дис. … канд. с.-х. наук / 06.01.01 – общее земледелие. – Курск, 1992. – 20 с.

12. Кукреш Л.В., Бысов Н.С. Фитоценотический метод борьбы с пыреем ползучим // Земледелие. – 1990. – №4. – С. 47-48.

13. Дудкин И.В., Дудкина Т.А. Фитосанитарное действие промежуточных посевов // Фитосанитарная безопасность агроэкосистем: материалы международной научной конференции (7-8 июля 2010 г, г. Новосибирск). – Новосибирск, 2010. – С. 79-81.

14. Дудкин И.В., Дудкина Т.А. Системы основной обработки почвы – центральное звено комплекса мер борьбы с сорняками // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия / Сборник докладов научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов им. В.В. Докучаева». – Курск, ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2014. – С. 43-45.

15. Дудкин И.В. Интенсификация биологических факторов борьбы с сорняками // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – №1. – С. 20-23.

16. Туликов А.М., Сутягин В.П. Состав и продуктивность агрофитоценозов ячменя и кукурузы при разных способах заделки удобрений // Известия ТСХА. – 1981. – Вып.2. – С. 18-25.

17. Голубев В.Н., Соколов О.А. Экологически чистые агроэкосистемы: принципы функционирования и управления // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – №7. – С. 8-11.

18. Шпаар Д., Вартенберг Г. Научные основы снижения норм гербицидов в земледелии развитых стран Европы // Земледелие на рубеже 21 века / Сборник докладов Международной научной конференции. – М.: Изд-во МСХА, 2003. – С. 28-35.

19. Стрижков Н.И. Экологически обоснованные минимально необходимые нормы и сроки применения гербицидов на полевых культурах // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – №9. – С. 19-20.

20. Спиридонов Ю.Я., Жемчужин С.Г. Современные проблемы изучения гербицидов // Агрохимия. – 2010. – №7. – С. 73-91.

21. Гамуев В.В. Агротехническое и экологическое обоснование современной системы защиты сахарной свёклы от сорной растительности: автореф. дисс. … докт. с.-х. наук. – Рамонь, 2010. – 45 с.

22. Дудкин И.В. Концепция формирования системы управления сорным компонентом агрофитоценоза как части адаптивно-ландшафтной системы земледелия // Управление продукционным процессом в агротехнологиях 21 века: реальность и перспективы / Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 35-летию образования Белгородского научно-исследовательского института сельского хозяйства (15-16 июля 2010 г.). – Белгород: «Отчий край», 2010. – С. 21-23.

23. Дудкин И.В. Интегрированные системы борьбы с сорными растениями // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. – 2023. – Т.2. – №2(6). – С.3-7.

УДК 379.85: 913

ПРИРОДНЫЕ РЕКРЕАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Дурманова К.А.

Email: durmanova@bsuedu.ru
Научный руководитель: Корнилов А.Г., зав. кафедрой географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности института наук о Земле, доктор географ. наук, профессор
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В статье приводится общая классификация рекреационных ресурсов. Дана характеристика природных рекреационных ресурсов Белгородской области с учетом их генетической типологии. Изучение природных предпосылок развития сферы рекреации традиционно является одним из первых этапов оценки территории, так как природные ресурсы служат одним из ведущих факторов, предопределяющих ее использование. Освоение и рациональное использование рекреационных ресурсов Белгородской области является одной из актуальных проблем ее социально-экономического развития. Территория Белгородской области обладает благоприятными для развития и функционирования туристско-рекреационной отрасли природными условиями и ресурсами.

Ключевые слова: рекреационные ресурсы; типы рекреационных ресурсов; природные ресурсы; Белгородская область.

Рекреация, как отрасль хозяйства и род деятельности, имеет ярко выраженную ресурсную ориентацию. Под рекреационными ресурсами понимают компоненты природной среды, объекты хозяйственной деятельности, обладающие уникальностью, оригинальностью, эстетической привлекательностью, целебно-оздоровительной значимостью, которые могут быть использованы для организации различных видов и форм рекреационных занятий. Рекреационные ресурсы оказывают влияние на территориальную организацию рекреационной деятельности, на формирование рекреационных районов и центров, на их специализацию и экономическую эффективность. Это влияние опосредуется социально-экономическими факторами и прежде всего объемом и структурой рекреационных потребностей [2].

Термин «рекреационные ресурсы» вошел в науку сравнительно недавно (после 1960-х гг. XX века). Ю.К. Ефремов (1968–1971 гг.) рекомендовал относить к рекреационным ресурсам места отдыха и туризма, живописные пейзажи, красивые и декоративные виды организмов. Затем, в течение трех десятилетий, экономисты, географы и ученые других специальностей уточняли содержание этого понятия. В результате,

природные рекреационные ресурсы, с одной стороны, входят в состав природной среды в качестве ее компонентов, с другой стороны, они – составная часть социально-экономической жизни общества [6].

Существует несколько классификаций рекреационных ресурсов, в основе которых заложены различные признаки. Наиболее часто употребляемыми классификациями являются: генетические, топологические, по назначению, по использованию, по местоположению [1].

По генезису рекреационные ресурсы делятся на:

1) природные (климатические. гидрологические, бальнеологические, геологические и геоморфологические, ресурсы растительного и животного мира);

2) культурно-исторические (культурные, исторические, археологические, этнографические);

3) социально-экономические (экономико-географическое положение территории, инфраструктура, трудовые ресурсы, уровень экономического развития [3].

На основе данного подхода, была дана характеристика природных рекреационных ресурсов Белгородской области.

Климатические ресурсы. Климат умеренно континентальный. Континентальность климата увеличивается с запада на восток. Зима довольно мягкая со снегопадами и оттепелями, продолжительное лето. Осадков около 500 мм в год. Вегетационный период 180-190 дней. Твердые осадки составляют 15-20 % от годовой суммы и преимущественно выпадают в виде снега. Первый снег выпадает в октябре-ноябре. Продолжительность периода со снежным покровом составляет 120 дней. В южных и юго-восточных районах число дней со снежным покровом – около 100. Высота снежного покрова наибольших значений на открытой местности достигает в конце февраля – начале марта: 21 см в северных районах и 17 см в южных. В отдельные годы из-за оттепелей снежный покров почти полностью разрушается в середине зимы [4].

Геологические и геоморфологические ресурсы. Белгородская область расположена в центре Европейской части России, на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности, в зоне лесостепи, на юге – находятся степи.

Территория представляет собой приподнятую всхолмлённую равнину со средней высотой над уровнем моря 200 м, на которой выделяются отдельные возвышенные и низменные места. Самая высокая точка – 277 м над уровнем моря – лежит в Прохоровском районе.

Особенностью территории является сильное расчленение поверхности долинно-балочной сетью, в результате чего водораздельные участки приобрели вид узких возвышенностей [4].

Можно выделить несколько зон с высоким ландшафтно-рекреационным потенциалом: ворсклинский, илекско-ворсклинский, пенно-ворсклинский, северскодонецкий, оскольский, осколо-валуйский, тихососненский и айдарский природные комплексы [5].

Гидрологические ресурсы. Область является маловодным краем. Здесь берут начало многочисленные притоки речных систем Днепра и Дона. Общая длина речной сети – 5000 км. Практически все водотоки могут быть отнесены к малым рекам. Исключение составляют реки Оскол, Псёл, Ворскла, Тихая Сосна и Северский Донец. Озёр в области сравнительно немного, в основном это озёра-старицы. Наиболее крупные водохранилища: Старооскольское и Белгородское. Эти водохранилища и другие, более мелкие, являются местами культурного и спортивного отдыха населения. Заболоченность территории области невелика. Встречаются верховые (сфагновые) болота. Наиболее известное из них – Моховое болото, расположенное близ г. Грайворон [4].

Разведаны месторождения минеральных вод двух типов: бальнеологические радоновые и лечебно-столовые воды. Месторождения радоновых вод расположены в долине р. Оскол и приурочены к архей-протерозойским породам. Воды используются для бальнеологических целей. Хлоридно-натриевые воды разведаны в долине р. Северский Донец и приурочены к известнякам каменноугольного возраста и породам архей-протерозоя. Воды архей-протерозойского возраста с минерализацией 30-31 г/дм^3 предназначены для использования в бальнеологических целях в виде ванн. Воды с минерализацией 4,5-7,0 г/дм^3 хлоридно-натриевого состава приурочены к известнякам карбона и рекомендуются к использованию в качестве столовых лечебно-питьевых [4].

Ботанические (растительные) ресурсы. На территории области имеется как зональная растительность (лесная и степная), так и экстразональная, то есть необычная для этих мест: сосновые боры на песке, сфагновые торфяные болота, растительность засолённых почв, луговая болотная и водная растительность в поймах рек, песчаная растительность надпойменных террас, растительность меловых обнажений и в том числе – остаточная – реликтовая, сохранившаяся еще от третичного времени и ледникового периода. Во флоре насчитывается 1 284 вида. Из редких – 164, занесенных в Красную книгу в федеральном масштабе – 15. Лекарственных растений из всего списка видов флоры около 80 %. Растительный мир области отражает черты северной лесостепи, для которой характерно чередование лесов с луговой степью. Из лесных формаций наиболее характерны дубравы: междуречные, «нагорные», пойменные и байрачные. Степная растительность в основном сохранилась в балочной системе. Уникальными участками растительности в области являются меловые боры – их осталось семь. Наиболее сохранившийся бор из меловых сосен – это «Бекарюковский бор». Он открыт для посещений, для сбора в нем любых видов растений.

Под угрозой исчезновения находится болотная растительность. Особенно редкими являются гипновые и сфагновые болота. Здесь можно встретить такие редкие виды растений как молинию, росянку, пушицу, клюкву, трифоль, сабельник болотный [4].

Зоологические ресурсы. Географическое положение области определяет, с одной стороны разнообразие животного мира, с другой – чрезвычайно высокую уязвимость из-за высокого антропогенного воздействия. По разным оценкам в области насчитывается от 10 до 15 тысяч видов животных, из которых 50 видов включены в Красную книгу России, около 10 % нуждается в особой охране, около 5 % – отнесены к числу «вредителей». Большинство позвоночных животных, вытесняемых из естественных местообитаний, быстро сокращают свою численность. Особенно заметно эта тенденция проявляется у амфибий, рептилий, болотных и хищных птиц, насекомоядных и рукокрылых млекопитающих. В области насчитывается около 280 видов птиц, в том числе 152 – гнездящихся, остальные пролётные и откочевывающие сюда зимой из более северных районов. Наиболее богато представлен отряд воробьиных (111 видов), кулики – 45 видов, гусеобразные – около 30 видов, дневные хищники – 21 вид. Из птиц, занесенных в Красную книгу, встречаются дрофа, скопа, балобан, сапсан, змееяд, могильник, беркут, орлан-белохвост.

Ряд видов животных (сурок, бобр, европейский олень), которых ранее истребили в области, вновь появились на её территории. За последние 30 лет фауна области претерпела существенные изменения: естественным путем расселились лось, кабан, косуля, бобр, с помощью человека расселены благородный и пятнистый олени, сурок-байбак. Площадь закреплённых охотничьих угодий – 450 тысяч гектар.

На территории области находится 480 водоёмов рыбохозяйственного назначения, дополняемые искусственными водоёмами. Видовой состав ихтиофауны: плотва, краснопёрка, карп, лещ, карась, щука, уклея, окунь, подуст, толстолобик, язь, линь, судак. Промысловый лов рыбы в естественных водоемах практически не ведется, в основном развито спортивно-любительское рыболовство. Наибольшее число рыболовов-любителей отмечается на р. Северский Донец (Белгородское водохранилище) и на р. Оскол (Старооскольское водохранилище) [4].

Особо охраняемые природные территории. Область относится к территориям с высокой антропогенной нагрузкой, поэтому сохранение остатков относительно ненарушенных естественных экосистем приобретает особенно важное значение. Сеть региональных особо охраняемых природных территорий области создавалась в 1982 – 1990 годах, существовавшей в то время общественной организацией «Всесоюзное общество охраны природы». В региональную сеть было включено 276 территорий общей площадью 31 255 га и 15 охотничьих заказников общей площадью 261 500 га. В настоящий момент региональная сеть территорий включает в себя 299 особо охраняемых природных территорий общей площадью 42 326,16 га и 15 природных комплексных (ландшафтных) заказников регионального значения общей площадью 256 069,92 га. До недавнего времени в области имелись 2 заповедника: Государственный природный заповедник «Лес на

Ворскле» (2 участка общей площадью 1128 га) и участки Государственного природного биосферного Центрально-Чернозёмного заповедника (3 участка общей площадью 1003 га). Распоряжением Правительства Российской Федерации в 1999 году 3 заповедных участка Центрально-Чернозёмного заповедника переданы в состав заповедника «Лес на Ворскле», который переименован в Государственный природный заповедник «Белогорье» (2,1 тыс. га). Число охраняемых видов: зверей – 53, птиц – 200, растений – 900 [4].

Заключение. На основе генетической классификации рекреационных ресурсов были изучены климатические. гидрологические, бальнеологические, геологические и геоморфологические ресурсы, ООПТ, ресурсы растительного и животного мира Белгородской области.

К благоприятным природно-климатическим ресурсам территории можно отнести:

1) умеренно-континентальный климат;
2) разнообразие природно-территориальных комплексов и сеть региональных ООПТ;
3) богатый видовой состав флоры и фауны в долинах рек, уникальные участки растительности (меловые боры).
4) обилие естественных и искусственных водных объектов, служащих местами культурного и спортивного отдыха населения;
5) разведанные месторождения минеральных вод могут служить в бальнеологических целях в виде ванн.

Их наличие создает условия для развития экскурсионно-познавательного, событийного, экологического, сельского, оздоровительного и спортивного туризма.

В целом, состав природных ресурсов Белгородской области обладает достаточным рекреационным потенциалом и способствует развитию большинства видов рекреационной деятельности.

Литература

1. Гировка Н.Н. Туристско-рекреационные ресурсы территорий: основы организации / Н.Н. Гировка. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – 308 с.

2. Демиденко Г.А. Рекреационное природопользование / Г.А. Демиденко. – Красноярск: КрасГАУ, 2019. – 281 с.

3. Кайзер Ф.Ю. Рекреационные ресурсы и туристско-рекреационное районирование Кемеровской области – Кузбасса. / Ф.Ю. Кайзер, О.А. Брель. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2025. – 113 с.

4. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/regions/belgorodskaya_oblast/?sphrase_id=508944.

5. Холодова Р.А. Оценка природно-ресурсного потенциала Белгородской области для развития экологического туризма: автореф. дис. … кан. геогр. наук / Р.А. Холодова. – Астрахань, 2010. – 22 с.

6. Челноков А.А. Рекреационные ресурсы / А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко, А.Ф. Мирончик. – Москва: Вышэйшая школа, 2017. – 430 с.

УДК 911.9 (470)

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО КРЫМА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Ергина Е.И., Рубцов Н.Н.

E-mail: ergina65@mail.ru
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь, Россия

В работе с помощью методов геоинформационного моделирования определены пространственно-временные закономерности дифференциации природных факторов, влияющих на размещение и функционирование объектов альтернативной энергетики в Горном Крыму. На основе базы данных спутниковых наблюдений за первую четверть XXI века произведено картографическое моделирование среднемноголетних величин суммарной солнечной радиации за год и по сезонам, а также среднегодовых и сезонных скоростей ветра на различных высотах. В рамках исследуемой территории наибольшим природным гелиоэнергетическим потенциалом обладает побережье Каламитского залива, а наибольшим природным ветроэнергетическим потенциалом – полуострова Гераклийский и Меганом, а также мысы Ильи и Киик-Атлама.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, возобновляемые источники энергии, природный потенциал, пространственно-временные закономерности, Горный Крым.

Введение. Согласно международному энергетическому агентству (IEA) [11], доля альтернативной энергетики в мировой генерации электроэнергии в 2024 г. составила 17,8 %, а к 2030 г. должна достичь 32,5 %. При этом по данным отчёта Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA) Renewable Energy Capacity Statistics 2025 [10], установленная мощность объектов солнечной и ветровой энергетики в мире на момент 2024 г. равнялась 1865,5 ГВт и 1132,8 ГВт, соответственно, выросши за последние 10 лет в 8,2 и 2,7 раз. Подобный тренд в мире на переход к внедрению систем альтернативной энергетики, основанных на возобновляемых источниках энергии, обусловлен в первую очередь потребительскими, сырьевым, политическим и экологическими факторами.

В Российской Федерации данное направление основывается на документах стратегического планирования федерального уровня [7] и отраслевых государственных программах поддержки [2, 3].

Для Крымского полуострова развитие альтернативной энергетики в условиях слабореализованного потенциала в области возобновляемых источников энергии [1] и низкой вовлечённости собственных месторождений углеводородов в структуру топливно-энергетического комплекса региона [6] может стать одним из путей по обеспечению его устойчивого развития.

Цель исследования. С помощью методов геоинформационного моделирования определить пространственно-временные закономерности

дифференциации природных факторов, влияющих на размещение и функционирование объектов альтернативной энергетики в Горным Крыму.

Материалы и методы. Картографическое моделирование актинометрических ресурсов региона осуществлялось на основе базы данных Photovoltaic Geographical Information System – Second Generation of the Solar Radiation and Meteorological Database (PVGIS-SARAH2) проекта Climate Monitoring Satellite Application Facility (CM SAF) Европейской организации по эксплуатации метеорологических спутников (EUMETSAT) [9], где в расчётах применялись среднемноголетние среднегодовые и сезонные показатели суммарной солнечной радиации за 2005-2020 гг., получаемой поверхностью Земли с учётом оптимального угла наклона, орографических особенностей и атмосферных условий.

Картографическое моделирование ветроэнергетических ресурсов региона осуществлялось на основе базы данных Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2) проекта Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER) Управления энергетической информации США (EIA) [8], где в расчётах применялись среднемноголетние среднегодовые и сезонные показатели скорости ветра на высоте 50 и 10 метров за 2000-2020 гг.

Картографическое моделирование проводилось в геоинформационных системах QGIS 3.40.10 и SAGA GIS 9.8.1.

Результаты исследования. В рамках данного исследования территория Горного Крыма выделена на основе физико-географического районирования, предложенного П.Д. Подгородецким [4].

Под понятием «природный потенциал», согласно работе, посвящённой характеристике данного показателя на территории Равнинного Крыма [5], подразумевается совокупность природных условий, ресурсов, используемых в наше время, и потенциальных ресурсов, ещё не вовлечённых в хозяйственный оборот по экономических, техническим и технологическим причинам.

С целью характеристики природного гелиоэнергетического потенциала территории Горного Крыма построена карта поступления суммарной солнечной радиации за год (рис. 1) на основе среднемноголетних значений за период 2005-2020 гг., учитывающих оптимальный угол наклона, орографические особенности и атмосферные условия.

Основными факторами пространственной дифференциации солнечной радиации являются географическое положение, высота над уровнем моря, орографические особенности, атмосферные условия и характер подстилающей поверхности.

Исследуемая территория располагается в пределах примерно от 44°23’ до 45°11’ с.ш. и от 33°22’ до 35°25’ в.д., в связи с чем величина суммарной солнечной радиации за год колеблется в пределах от 1456,6 кВт·ч/м² до 1774,6 кВт·ч/м². При этом закономерности её распространения формируются скорее не широтной зональностью, а высотной поясностью.

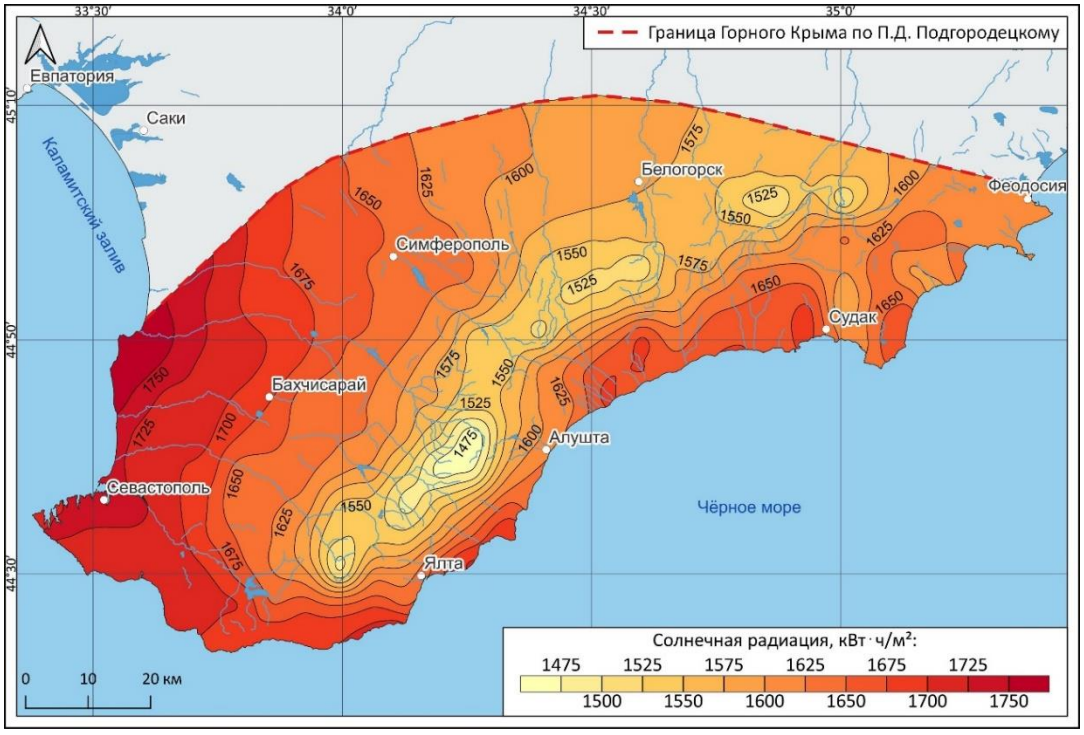


Рис. 1. Суммарная солнечная радиация за год на оптимально наклонённую к лучу поверхность на территории Горного Крыма. Составлено автором

Орографические особенности территории, такие как закрытость и затенённость склонов, в Горном Крыму оказывают сильное воздействие на показатель суммарной солнечной радиации за год из-за высокой степени пересечённости рельефа. Её уровень уменьшается от более 1750 кВт·ч/м² в пределах аккумулятивных низменностей до менее 1475 кВт·ч/м² в пределах яйлинских массивов. Изменения происходят в зависимости от расчленённости рельефа, экспозиции его форм и угла наклона склонов.

Существенное влияние на внутрирегиональные различия в пространственном распределении данного ресурса оказывают атмосферные условия: облачность, туманы, атмосферная пыль и загрязнители.

Наибольшие показатели характерны для прибрежных территорий, что обусловлено действием бризовой циркуляции, рассеивающей облачность и туманы. Так на западном побережье величины достигают более 1725 кВт·ч/м², на южном побережье – более 1650 кВт·ч/м² и на восточном побережье – более 1600 кВт·ч/м². Абсолютный максимум наблюдается на побережье Каламитского залива, где составляет более 1750 кВт·ч/м².

Наименьшие показатели характерны для горных территорий, что обусловлено действием горно-долинных ветров, концентрирующих облачность и туманы. Так в пределах Главной гряды Крымских гор величины составляют менее 1550 кВт·ч/м². Абсолютный минимум наблюдается в районе Бабуган-яйлы, где составляет менее 1475 кВт·ч/м².

С целью определить временные закономерности природного гелиоэнергетического потенциала построена карта поступления суммарной

солнечной радиации по сезонам (рис. 2) на основе среднемноголетних значений за период 2005-2020 гг., также учитывающих оптимальный угол наклона, орографические особенности и атмосферные условия.

Наименьшие значения суммарной солнечной радиации в течение года для территории Горного Крыма, ввиду увеличения угла падения солнечных лучей и уменьшения продолжительности светового дня, характерны для зимнего периода: в январе показатель колеблется от 28,1 кВт·ч/м² до 40,6 кВт·ч/м².

В апреле данная величина колеблется в пределах от 149,6 кВт·ч/м² до 176,9 кВт·ч/м².

Наибольшие значения суммарной солнечной радиации в течение года для территории Горного Крыма, ввиду уменьшения угла падения солнечных лучей и увеличения продолжительности светового дня, характерны для летнего периода: в июле показатель колеблется от 181,4 кВт·ч/м² до 220,7 кВт·ч/м².

В октябре данная величина колеблется в пределах от 105,1 кВт·ч/м² до 135,2 кВт·ч/м².

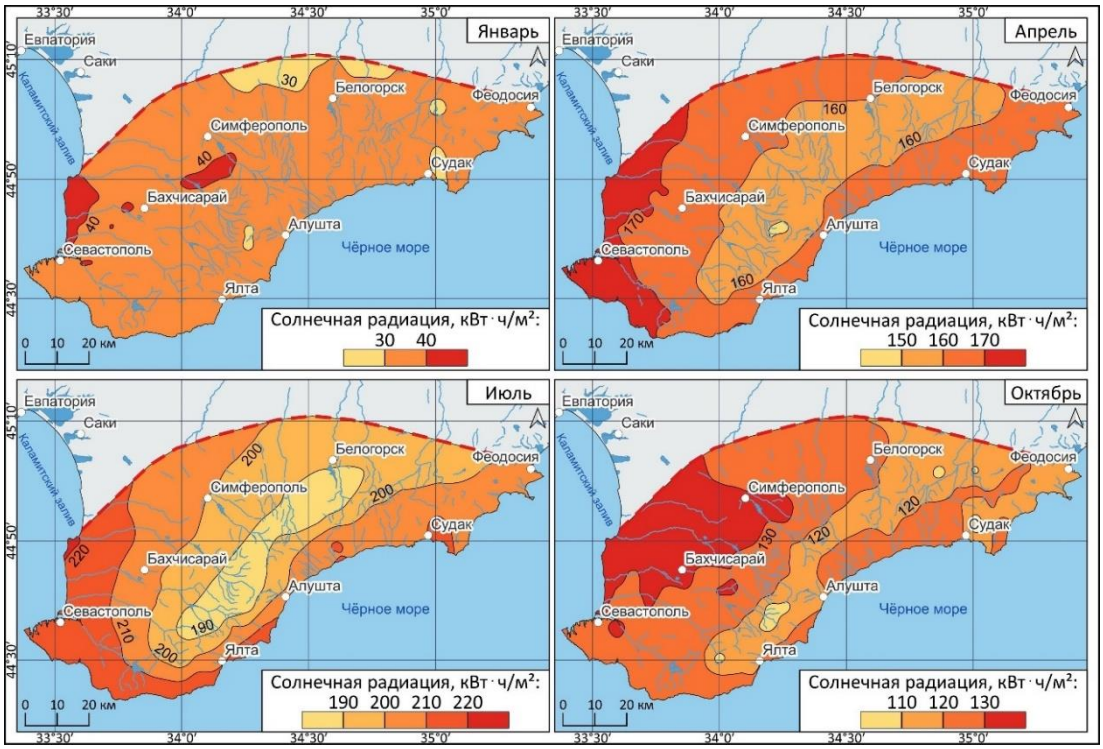


Рис. 2. Суммарная солнечная радиация по сезонам на оптимально наклонённую к лучу поверхность на территории Горного Крыма. Составлено автором

Пространственные закономерности также, как и для показателя за год (рис. 1), определены в первую очередь орографическими особенностями и атмосферными условиями.

С целью характеристики природного ветроэнергетического потенциала территории Горного Крыма на основе среднемноголетних значений за период 2000-2020 гг. построены карты среднегодовой скорости ветра на

высоте 50 метров (рис. 3), что важно при поиске перспективных территорий для размещения ветроагрегатов промышленного назначения с крупной единичной мощностью, и 10 метров (рис. 4), что важно при поиске перспективных территорий для размещения ветроагрегатов локального назначения с малой единичной мощностью.

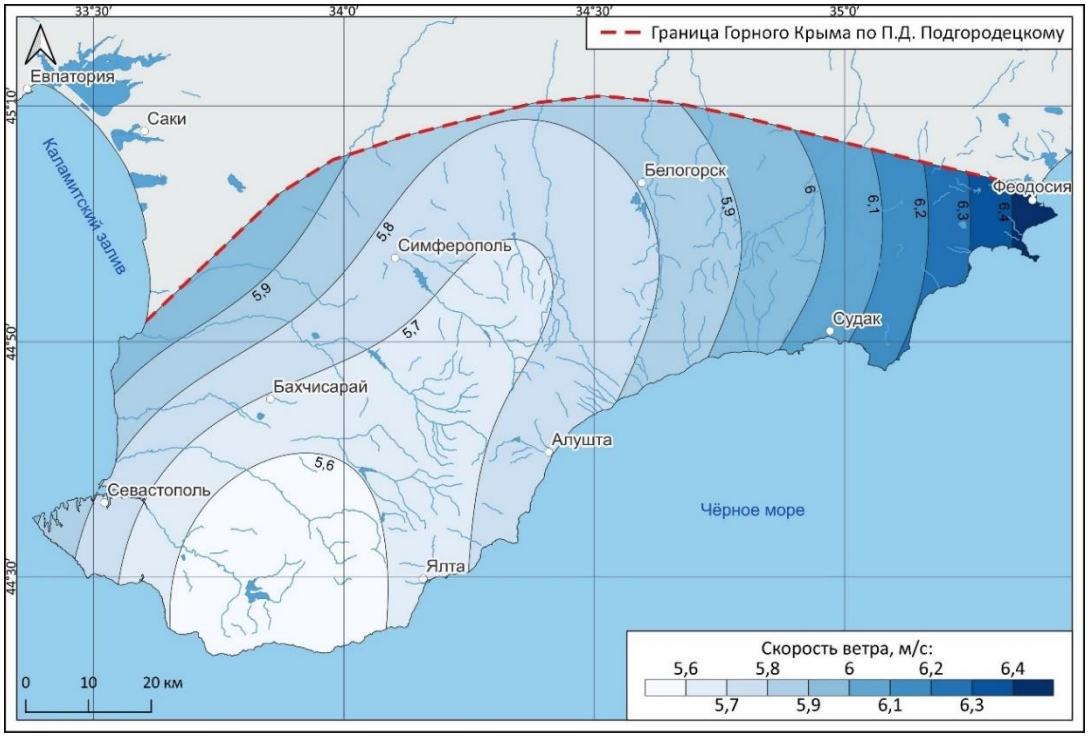


Рис. 3. Среднегодовая скорость ветра на высоте 50 метров на территории Горного Крыма. Составлено автором

В пределах исследуемой территории величина среднегодовой скорости ветра на высоте 50 метров колеблется от 5,51 м/с до 6,48 м/с. Основным фактором пространственной дифференциации скорости ветра в данном случае является барьерный эффект Крымских гор. Минимальные значения наблюдаются в районе Внутреннего межгорного понижения, окружённого массивами Внутренней и Главной гряд, где составляют менее 5,6 м/с, а максимальные – в районе восточной оконечности массива Тепе-Оба, выступающим в море, где составляют более 6,4 м/с.

В пределах исследуемой территории величина среднегодовой скорости ветра на высоте 10 метров колеблется от 4,13 м/с до 5,25 м/с. Основным фактором пространственной дифференциации скорости ветра в данном случае является удалённость от моря. Минимальные значения наблюдаются в районе долин равнинных рек Салгир, Бурульча и Биюк-Карасу, расположенных на внутренних территориях, где составляют менее 4,2 м/с, а максимальные – в районе Гераклийского полуострова на западе и полуострова Меганом, а также мысов Киик-Атлама и Ильи на востоке, выступающих в море, где составляют более 5 м/с.

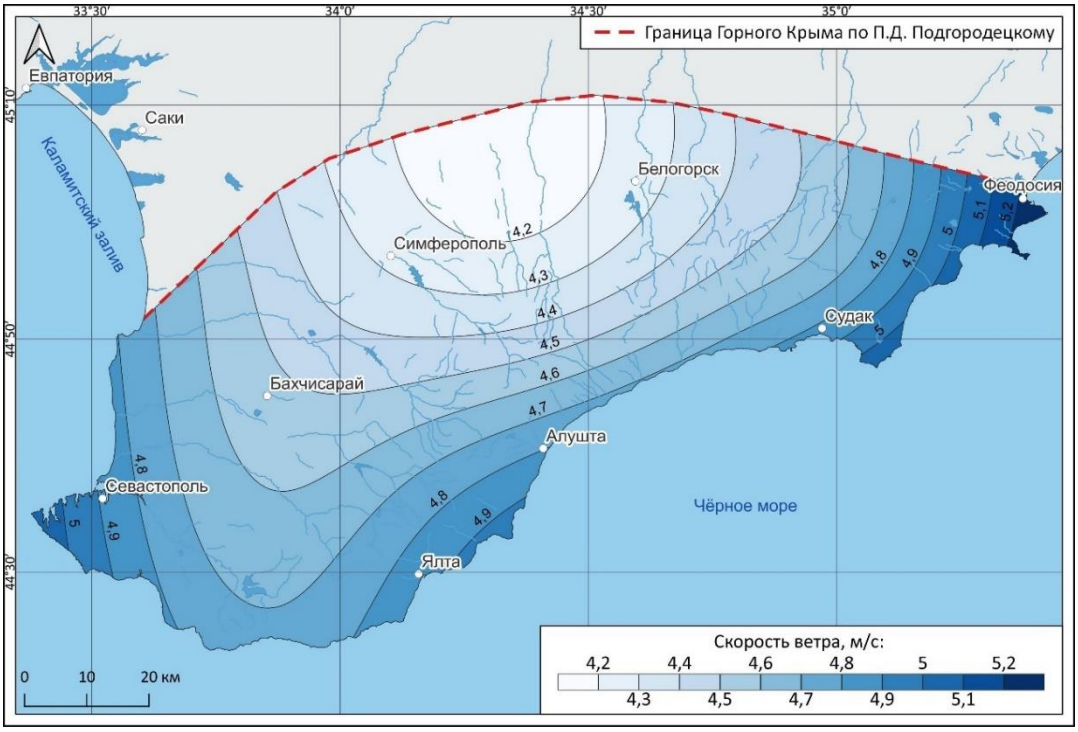


Рис. 4. Среднегодовая скорость ветра на высоте 10 метров на территории Горного Крыма. Составлено автором

С целью определить временные закономерности природного ветроэнергетического потенциала построены карты скорости ветра на высоте 50 и 10 метров по сезонам (рис. 5 и 6) на основе среднемноголетних значений за период 2000-2020 гг.

Наибольшие значения скорости ветра на высоте 50 метров в течение года на территории Горного Крыма характерны для зимнего периода: в январе показатель колеблется в пределах от 6,39 м/с до 7,43 м/с. В апреле данная величина колеблется в пределах от 5,51 м/с до 6,37 м/с. Наименьшие значения скорости ветра на указанной высоте в течение года на территории Горного Крыма характерны для летнего периода: в июле показатель колеблется в пределах от 4,61 м/с до 5,47 м/с. В октябре данная величина колеблется в пределах от 5,55 м/с до 6,65 м/с.

Наибольшие значения скорости ветра на высоте 10 метров в течение года на территории Горного Крыма характерны для зимнего периода: в январе показатель колеблется в пределах от 4,61 м/с до 6,07 м/с. В апреле данная величина колеблется в пределах 4,21 м/с до 4,99 м/с. Наименьшие значения скорости ветра на указанной высоте в течение года на территории Горного Крыма характерны для летнего периода: в июле показатель колеблется в пределах от 3,59 м/с до 4,49 м/с. В октябре данная величина колеблется в пределах от 3,99 м/с до 5,54 м/с.

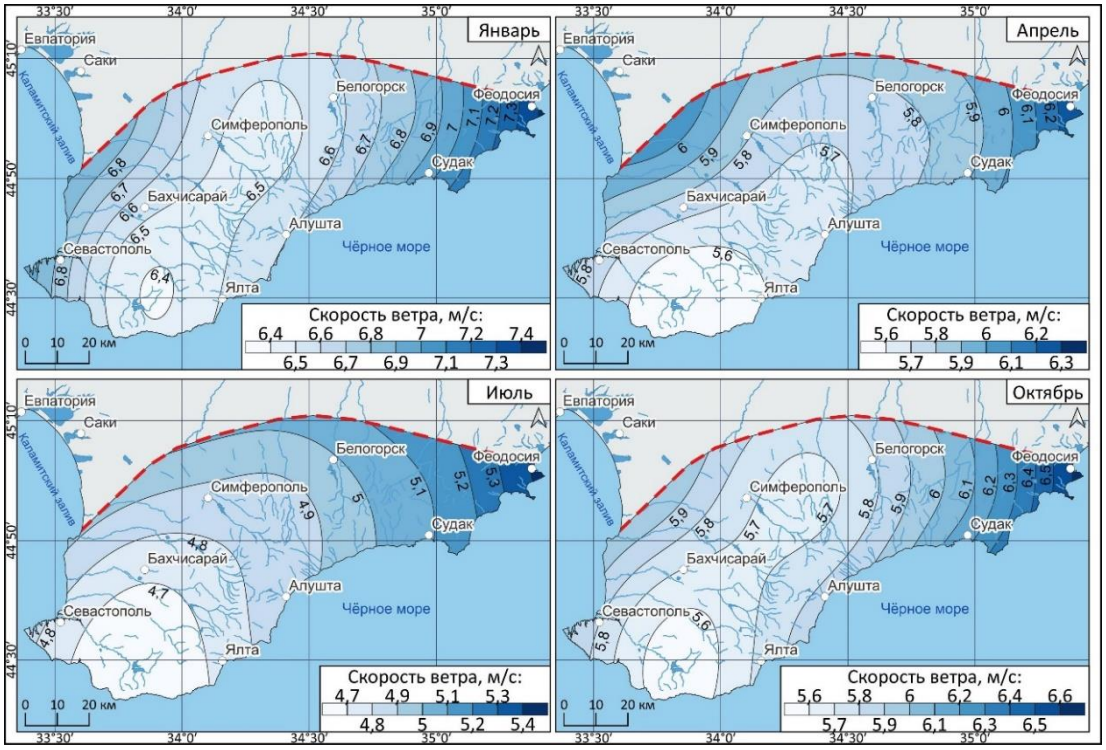


Рис. 5. Скорость ветра на высоте 50 метров на территории Горного Крыма. Составлено автором

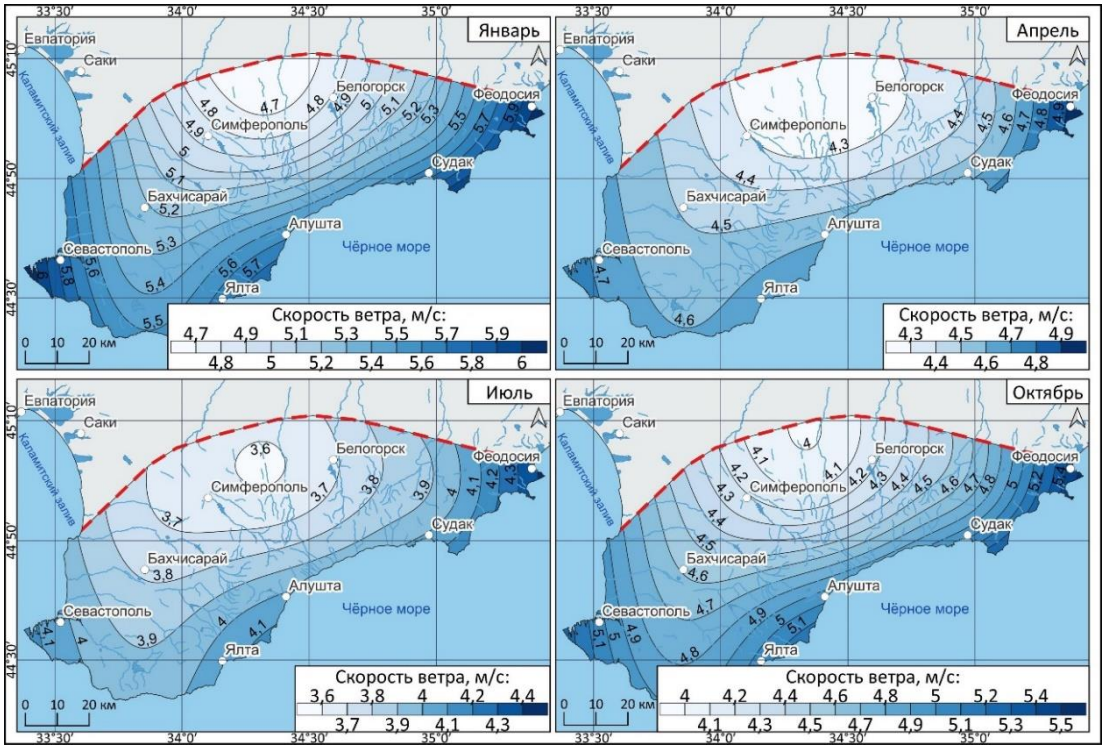


Рис. 6. Скорость ветра на высоте 10 метров на территории Горного Крыма. Составлено автором

Выводы. Произведено картографическое моделирование факторов окружающей среды, определяющих размещение гелио- и

ветроэнергетических установок на территории Горного Крыма: солнечной радиации, определяемой географическим положением, высотой над уровнем моря, орографическими особенностями, атмосферными условиями, характером подстилающей поверхности и сезонностью, и скорости ветра, определяемой глобальной и местной атмосферной циркуляцией, рельефом, характером подстилающей поверхности и сезонностью.

К районам, наиболее перспективным для размещения объектов гелиоэнергетики, отнесены побережье Каламитского залива.

К районам, наиболее перспективным для размещения объектов ветроэнергетики, отнесены полуострова Гераклийский и Меганом, а также мысы Ильи и Киик-Атлама.

Литература

1. Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории Крыма / под ред. С.В. Киселевой, Р.В. Горбунова, Ю.Ю. Рафиковой. – Севастополь-Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2023. – 102 с.

2. О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности: постановление Правительства РФ от 28 мая 2013 г. № 449 [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. – Сайт. – Москва. 03.06.2013. – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201306030016.

3. Об утверждении плана мероприятий по реализации Энергетической стратегии РФ на период до 2035 года: распоряжение Правительства РФ от 1 июня 2021 г. № 1447-р [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. – Сайт. – Москва. 04.06.2021. – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202106040032.

4. Подгородецкий П.Д. Крым: Природа: справ. изд. – Симферополь: Таврия, 1988. – 192 с.

5. Рубцов Н.Н. Характеристика природного потенциала территории Равнинного Крыма для размещения объектов альтернативной энергетики // «Наука Крыма: от истоков к современности». Сборник материалов II научно-практической конференции. – Симферополь, 2024. – С. 174-178.

6. Шавина Е. Энергетический потенциал Республики Крым: Состояние, перспективы и проблемы преодоления внешних санкций // «Постсоветский материк». – 2018. – № 4. – С. 96-110.

7. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. – М.: Правительство Российской Федерации, 2020. – 79 с.

8. NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources [Электронный ресурс] // NASA Langley Research Center (LaRC). – Официальный сайт. – Хамптон: 2025. – URL: https://power.larc.nasa.gov/.

9. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) – European Commission [Электронный ресурс] // European Commission. – Официальный сайт. – Брюссель: 2025. – URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis_en.

10. Prime J., Ahmed I.A., Akande D., Elhassan N., Melnikov Y., Whiteman A. Renewable capacity statistics 2025. – Abu Dhabi: IRENA – International Renewable Energy Agency Publ., 2025. – 61 p.

11. Renewables – Energy System – IEA [Электронный ресурс] // IEA – International Energy Agency. – Официальный сайт. – Париж. 2025. – URL: https://www.iea.org/energy-system/renewables.

УДК 631.8:631.95:633.4

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Жабин М.А., Мухина С.В., Теслина Е.В., Гребенюкова Г.А.

E-mail: talovskaya@rosah.ru
Таловский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба», п. Каменная Степь, Россия

В статье приводится оценка эколого-токсикологического состояния почв сельскохозяйственных угодий Петропавловского, Бутурлиновского и Бобровского муниципальных районов Воронежской области.

Ключевые слова: Тяжелые металлы, остаточное количество пестицидов

В результате хозяйственной деятельности человека происходит загрязнение окружающей среды различными химическими средствами интенсификации сельскохозяйственного производства: твердыми, жидкими, газообразными отходами промышленности, органическими отходами животноводческих ферм и крупных городов. Одним из самых опасных загрязнителей считаются тяжёлые металлы. Термин «тяжёлые металлы» используют, когда речь идёт об опасных для живых организмов концентрациях элемента с относительной массой более 40 [3].

Одним из сильных канцерогенов, губительно влияющих на живые организмы, является свинец. Загрязнение природной среды свинцом происходит главным образом в результате сжигания бензина и производства цветных металлов, производства железа, стали, ферросплавов, сжигания древесины [4]. К основному источнику загрязнения растительности свинцом относится автомобильный транспорт. Опасность такого рода загрязнения для сельскохозяйственных культур возрастает в зависимости от потока автотранспорта [5].

Кадмий заслуживает особого внимания. Это относительно малоизученный металл. Он содержится в природных средах в чрезвычайно малых количествах. Загрязнение почвы кадмием является одним из наиболее опасных экологических явлений. Кадмий достаточно прочно закрепляется в верхнем почвенном горизонте, хотя менее сильно, чем свинец [9].

Ртуть мало распространена в природе. Она находится в природе в виде сульфида ртути или киновари. Ртуть образует сильные связи с серой. Она задерживается почвой и находится в ней в форме слабоподвижных органических комплексов. Фоновые уровни ртути в почвах нелегко оценить из-за широкого распространения антропогенного загрязнения

этим металлом. Ртуть, как и кадмий, отличается повышенной фитотоксичностью [7].

Мышьяк также один из наиболее хорошо известных токсичных металлов. Он существует в виде ряда токсичных и нетоксичных форм. Токсичными являются неорганические соединения. Нетоксичные формы органического мышьяка присутствуют в различных видах пищи. Часто нетоксичный органический мышьяк присутствует в морепродуктах [2].

Проблема загрязнения почв тяжелыми металлами не утрачивает свою актуальность. Почвы – один из наиболее уязвимых к воздействию тяжёлых металлов (ТМ) компонентов урбо- и агроэкосистем, ввиду того, что они служат неким «приёмником» аэротехногенных седиментов, промышленных и коммунальных стоков, твёрдых и промышленных отходов [6].

Сохранить почву в современных условиях в нативном состоянии практически невозможно, так как вся поверхность земного шара в той или иной степени подвержена воздействию антропогенных продуктов. Следовательно, вопрос состоит не в том, чтобы иметь чистую почву, а в том, чтобы уровни содержания тяжёлых металлов антропогенного происхождения находились в почвах сельскохозяйственного использования в количествах, не приводящих к негативным последствиям [7].

Поэтому важнейшей задачей является нормирование тяжелых металлов в почве, которая предусматривает установление их предельно допустимых концентраций (ПДК). Под ПДК тяжёлых металлов понимают такую их концентрацию, которая, при длительном воздействии на почву и произрастающие на ней растения, не вызывает каких-либо патологических изменений или аномалий в ходе биологических процессов, а также не приводит к накоплению токсичных элементов в растениеводческой продукции и, следовательно, не может нарушить биологического оптимума для сельскохозяйственных животных и человека [1].

Почвы подвергаются воздействию хозяйственной деятельности – вспашке, внесению удобрений и мелиорантов, гербицидов, пестицидов и так далее, поэтому немаловажную роль в агроэкологической ситуации имеет проблема загрязнения почв сельскохозяйственных угодий остаточными количествами пестицидов, связанную в основном с использованием гербицидов в связи с их более продолжительным периодом распада в почве.

На миграцию, разложение, продолжительность сохранения пестицидов в почве влияют многие факторы. В частности, строение вещества, определяющее физико-химические свойства: его летучесть, коэффициент адсорбции препарата почвой, термическую и фотохимическую стабильность и другие. Из почвенных факторов на скорость детоксикации пестицидов влияет механический состав почвы, pH

почвы. Из климатических факторов на скорость детоксикации пестицидов влияет температура почвы и воздуха, а также количество осадков [8].

Остаточное количество действующего вещества пестицида – это количественный показатель содержания действующего вещества пестицида и продуктов его распада (метаболитов) в окружающей среде и сельскохозяйственной продукции. На основании остаточного количества действующего вещества пестицида оценивается безопасность пестицида для здоровья людей и окружающей среды.

В рамках эколого-токсикологического обследования Таловским филиалом ФГБУ «РосАгрохимслужба» ежегодно проводится отбор почвенных проб и определяется в них содержание остаточных количеств пестицидов (ГХЦГ и ДДТ) и тяжелых металлов (кадмий, свинец, ртуть, мышьяк).

В 2024 году было обследовано 100,0 тыс. га пашни, в том числе 18,3 тыс. га – Петропавловского, 38,0 тыс. га – Бутурлиновского, 43,7 тыс. га – Бобровского районов. Было отобрано и исследовано 1003 образца почвы.

Остатки изомеров гексахлорциклогексана (ГХЦГ) и ДДТ и его метаболитов в отобранных образцах не обнаружено. Содержание остаточных количеств пестицидов составляло менее нижнего предела обнаружения (таблица). Остаточные количества пестицидов определялись методом газовой хроматографии на газовом хроматографе «Кристалл-2000М».

Предельно-допустимые концентрации содержания остаточных количеств пестицидов в почве и водных объектах регламентируются следующим нормативным актом: СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) хлорорганических пестицидов (ГХЦГ и изомеры и ДДТ и его метаболиты) в почве составляет 0,1 мг/кг.

Содержание свинца, кадмия, ртути, мышьяка в почвах сельскохозяйственных угодий исследуемых муниципальных районов также не превышало установленных предельно допустимых концентраций. Обследованные районы Воронежской области в целом характеризуются низким уровнем содержания тяжёлых металлов. Тяжелые металлы определялись по общепринятым методикам на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Квант-2мт», мышьяк на фотометре фотоэлектрическом КФК-3-01.

Значения предельно допустимых концентраций в черноземах подвижных форм (экстрагент ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4,8) кадмия – 2,0 мг/кг, свинца – 6,0 мг/кг; а ПДК валового содержания ртути – 2,1 мг/кг, мышьяка – 10,0 мг/кг.

Таблица

Эколого-токсикологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий в 2024 году

№ п/п	Наименование токсикантов	Обследованная площадь, тыс. га	Исследовано количество образцов	Обнаружено токсикантов, тыс. га (ниже ПДК)	Содержание токсикантов выше ПДК, тыс. га
1	2	3	4	5	6
Петропавловский район					
1	**Остаточное количество пестицидов:**				
	ГХЦГ (сумма изомеров)	18,3	184	-*	-
	ДДТ и его метаболиты	18,3	184	-*	-
2	**Тяжелые металлы:**				
	свинец	18,3	184	18,3	-
	кадмий	18,3	184	18,3	-
	ртуть	18,3	184	18,3	-
	мышьяк	18,3	184	18,3	-
	Итого по району	18,3	184	18,3	-
Бутурлиновский район					
1	**Остаточное количество пестицидов:**				
	ГХЦГ (сумма изомеров)	38,0	381	-*	-
	ДДТ и его метаболиты	38,0	381	-*	-
2	**Тяжелые металлы:**				
	свинец	38,0	381	38,0	-
	кадмий	38,0	381	38,0	-
	ртуть	38,0	381	38,0	-
	мышьяк	38,0	381	38,0	-
	Итого по району	38,0	381	38,0	-
Бобровский район					
1	**Остаточное количество пестицидов:**				
	ГХЦГ (сумма изомеров)	43,7	438	-*	-

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
	ДДТ и его метаболиты	43,7	438	-*	-
2	**Тяжелые металлы:**				
	свинец	43,7	438	43,7	-
	кадмий	43,7	438	43,7	-
	ртуть	43,7	438	43,7	-
	мышьяк	43,7	438	43,7	-
	Итого по району	43,7	438	43,7	-
	ВСЕГО	100,0	1003		

* – содержание остаточных количеств пестицидов (ГХЦГ и ДДТ) менее нижнего предела обнаружения.

Таким образом, можно констатировать, что почвы Воронежской области имеют благополучную экологическую обстановку, поэтому сельскохозяйственная продукция, выращенная на обследованных почвах, будет экологически безопасной и нормативно чистая.

Литература

1. Алексеев Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях. Л.: Агроиздат. Ленинградское отделение, 1987. – С.89-90.

2. Гагарина Ю.Б. Острые отравления в производственных условиях //Молодой учёный. -. 2016. – №18.1 (122.1). – С. 9-10.

3. Лешонкова О.И. Эколого-агрохимическая оценка плодородия почв юго-востока ЦЧЗ: Дис.…канд. с.-х. наук. Каменная Степь, 2003. – 177с.

4. Минеев В.Г. Проблема тяжёлых металлов в земледелии //Тяжёлые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах.: Материалы научно-практической конференции. – М., 1994. –С. 5-11.

5. Миланова Е.В. О загрязнении почв некоторыми ядовитыми элементами.- Вестник МГУ.- Серия география.- 1976. – №1.-С. 30-35.

6. Неведров Н.П. Подвижность тяжёлых металлов в условиях высокой вариабельности базовых свойств почв урбоэкосистем и агроэкосистем ЦЧР//Агрохимический вестник. – 2025. №1. – 37-43с.

7. Овчаренко М.М. Тяжёлые металлы в системе почва-растение-удобрение. ЦИНАО. Министерство сельского хозяйства и продовольствия России. – М., 1997. – С. 15-19.

8. Прудников П.В., Лелянова Е.Н., Пашковский А.А. и др. Экологический контроль и мониторинг радиационной обстановки почв сельхозугодий Брянской области, проводимых ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» //РосАгрохимслужба: Почвы. Удобрения. Урожай, 2025. Том №1 (1). – С. 53-58.

9. Beavington F. Contamination of soil with zinc, copper, lead and cadmium in the Wollongong citi area. – Australian Journal of Soil Research. – 1973. –W.11.-№1.-P.27-31.

УДК 631.452

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ЮГО-ВОСТОЧНЫХ И ЮЖНЫХ РАЙОНОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Жабин М.А., Мухина С.В., Калашникова Л.Г.

E-mail: talovskaya@rosah.ru
Таловский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба», п. Каменная Степь, Россия

В статье приводится оценка радиационной обстановки почв сельскохозяйственных угодий юго-восточных и южных муниципальных районов Воронежской области.

Ключевые слова: Радиационная обстановка, цезий, стронций

Почвенный покров является основным депозитарием радиоактивных веществ в наземных экосистемах, а трофическая цепочка почва – растение – исходной в миграции радионуклидов, ведущей к их поступлению в рацион питания населения. Почва служит важным резервуаром естественных радионуклидов, переходящих по той же цепи через растения к человеку [1]. Радионуклиды природного происхождения содержатся в объектах окружающей среды, и их излучение создаёт естественный радиационный фон планеты [5].

Почвенный покров, в то же время, служит мощным природным очистителем агроландшафтов от радионуклидов. Он выполняет роль универсального биологического нейтрализатора и стабилизатора природной среды при радиоактивных загрязнениях. Поступление радионуклидов в растения зависит от состояния и уровня плодородия почв [3]. Кислотность почв оказывает влияние на поступление стронция-90 и цезия-137 из почвы в растения. В кислых почвах повышается подвижность радионуклидов, снижается прочность их закрепления в почве, поэтому увеличивается доступность их растениям. Поступление стронция-90 в растения уменьшается при увеличении ёмкости поглощения почвы и содержания в ней обменного кальция и увеличивается при повышении содержания обменного калия. На величину перехода цезия-137 из почвы в растения оказывает влияние общая ёмкость поглощения почвы и, в частности, сумма поглощённых оснований. На почвах с низкой суммой поглощённых оснований происходит более интенсивное поступление радиоцезия в растения по сравнению с почвами, имеющими более высокую сумму поглощённых оснований. Из состава поглощённых оснований более сильное влияние на поступление цезия-137 из почвы в растения оказывает обменный калий. С увеличением подвижных форм калия в почве уменьшается накопление радиоцезия в растениях. Гранулометрический состав почв оказывает на поступление цезия-137 в растения значительно большее влияние, чем на накопление стронция-90 [3].

Как сложная многофазная система, почва оказывает значительное влияние на миграцию радионуклидов. С одной стороны, происходит сорбция радионуклидов твердой фазой почвы, с другой – идут процессы перераспределения их в более глубокие слои. Скорость этих процессов зависит от таких свойств почвы, как гранулометрический и минералогический состав, содержание органического вещества, емкость обмена, а также от количества выпавших осадков и других [3].

На процессы перераспределения стронция-90 и цезия-137 в почве оказывает влияние и характер сельскохозяйственного использования. В пахотных почвах в результате ежегодной перепашки наблюдается более равномерное распределение продуктов деления в корнеобитаемом слое почвы по сравнению с целинными. В пахотных почвах распределение стронция-90 и цезия-137 существенно зависит от агротехнических приёмов обработки [2].

Кальций является элементом, сходным по своим химическим свойствам с радиостронцием, а химическим аналогом радиоцезия является калий. Дискриминация цезия по отношению к калию при сорбционных процессах и в почвах является очень большой, тогда как в поглощении твёрдой фазой почвы стронция и кальция разница практически отсутствует [4].

Агроландшафты сельскохозяйственного назначения используются довольно интенсивно, поэтому необходим агрохимический контроль. Охрана почв от различных форм деградации возможна только на основе хорошо налаженной системы почвенного мониторинга, дающего необходимую информацию о состоянии почвенного покрова, показателях плодородия и наличии загрязняющих веществ [6].

Экологический контроль за уровнями радиоактивного загрязнения почв и продукции растениеводства Таловский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба» осуществляет в 13-ти муниципальных районах Воронежской области с 1980 года. Заложено 23 контрольных участка на важных типах земельных угодий (пашня, орошаемые участки, пастбища, сад). Каждый контрольный участок имеет привязку на местности.

Вся работа, которая проводится на заложенных контрольных участках, ведется по «Методическим указаниям по проведению радиологических исследований на контрольных участках». Обследование включает: отбор объединенных проб почв, замер гамма-фона, а также отбор растительных проб.

Содержание техногенных радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в почве определяли на спектрометрическом комплексе УСК «Гамма-Плюс». Содержание в почве Cs^{137} анализируется согласно «Методическим рекомендациям измерения гамма-излучающих радионуклидов на сцинтилляционном спектрометре с использованием программ «Прогресс» без предварительной химической подготовки.

Содержание Sr^{90} осуществляется по той же программе «Прогресс» для бета- излучающих радионуклидов с предварительной химической подготовкой по «Методике приготовления счетных образцов» проб почвы

для измерения активности стронция-90 на бета- спектрометрических комплексах с пакетом программ «Прогресс».

Мониторинг радиационной обстановки на сельскохозяйственных угодьях в 2024 году показал, что содержание цезия-137 варьирует в широких пределах в зависимости от агрохимических свойств почвы, гранулометрического и минералогического состава, обменных оснований. Максимальное значение Cs^{137} в почве Таловского муниципального района – 30,30 Бк/кг, минимальное – 9,20 Бк/кг в почве Петропавловского района (таблица). Средневзвешенное содержание цезия-137 по всем обследованным районам – 20,63 Бк/кг.

Цезий-137 и стронций-90, определяющие характер загрязнения по-разному сорбируются почвами. Sr^{90} в основном закрепляется в почве по типу ионного обмена, а Cs^{137} закрепляется преимущественно по типу необменного поглощения, что подтверждается коэффициентом накопления в растительной продукции: цезия-137 от 0,004 до 0,34, а стронция-90 от 0,15 до 28,9 в основной продукции, а в побочной Cs^{137} max 1,17 и Sr^{90} – 1,69.

Значение активности Sr^{90} колебалось от 0,41 Бк/кг в почве Новохопёрского муниципального района до 5,48 Бк/кг в почве Богучарского района. Средневзвешенное значение Sr^{90} по районам – 2, 29 Бк/кг. В растительной продукции max значение Sr^{90} достигает в озимой пшенице – 3,9 Бк/кг. Максимальное значение Cs^{137} – в подсолнечнике – 1,62 Бк/кг.

Отношение стронция и цезия чаще всего используется в экологии и радиобиологии, чтобы определить степень загрязнения окружающей среды, оценить риски для здоровья и разработать методы очистки от радиоактивных изотопов, а также контроля их накопления в пищевых продуктах и организмах. Соотношение стронция к цезию в почве важно для оценки степени радиоактивного загрязнения и для прогнозирования поступления радионуклидов в растения и почвенные воды. Оно позволяет понять, какой радионуклид будет более опасен для конкретной почвы. Знание соотношения помогает подобрать оптимальные методы агрохимической мелиорации для снижения накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, например, путём известкования для нейтрализации стронция-90. Отношение Sr^{90} к Cs^{137} по обследуемым районам варьировало от 0,02 до 0,28.

Таблица

Радиологическое обследование почв контрольных участков в 2024 году

№ п/п	Контрольные участки	Содержание в почве, Бк/кг		
		Стронций-90	Цезий-137	Отношение ^{90}Sr к ^{137}Cs
1.	Бобровский район	0,89	25,40	0,04
2.	Богучарский район	5,48	19,30	0,28
3.	Бутурлиновский район	1,64	31,00	0,05
4.	Верхнемамонский район	2,28	18,30	0,12
5.	Воробьевский район	0,65	12,60	0,05
6.	Калачеевский район	3,36	12,80	0,26
7.	Кантемировский район	2,36	20,60	0,11
8.	Новохоперский район	0,41	20,10	0,02

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
9.	Ольховатский район	1,48	22,20	0,07
10.	Павловский район	3,04	29,40	0,10
11.	Петропавловский район	2,27	9,20	0,25
12.	Россошанский район	3,57	16,90	0,21
13.	Таловский район	2,31	30,30	0,08
Среднее		2,29	20,63	

Контроль радиационной обстановки на территории юго-восточных и южных районов Воронежской области включает также измерение мощности дозы гамма-излучения на высоте 1 метра от поверхности земли. Отсчёт показаний мощности излучения производится в пяти точках: по углам квадрата и в центре на уровне 1 м от поверхности почвы и на поверхности почвы. Уровень фона на высоте 1 м от почвы min – 11, max – 18 мР/час, на поверхности почвы, соответственно, 11 и 17 мР/час. Эти показания не превышают естественных природных значений. Оценка степени радиоактивного загрязнения местности проводится с помощью дозиметра ДБГ-06Т, измеряется мощность дозы гамма-излучения.

Таким образом, содержание радионуклидов в пахотном слое почв всех исследуемых участков 13 муниципальных районов Воронежской области не превышает установленных временно-допустимых уровней (ВДУ). Продукция, полученная на контрольных участках, по содержанию Sr^{90} и Cs^{137} соответствует требованиям безопасности, установленных в санитарных нормах и правилах.

Литература

1. Алексахин Р.М. Актуальные задачи в исследовании миграции радионуклидов в системе почва – растение. Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН. Россия. Материалы научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах». – М., 1994. – С. 89-90.

2. Алиев Д.А., Абдуллаев М.А., Тагиев А.Т. Распределение стронция-90 и цезия-137 в пахотных почвах зоны сухих (субтропических) степей Малого Кавказа в Азербайджанской ССР //Почвоведение. – 1977. – №7. – С.34.

3. Воробьёв Г.Т. Агрохимические основы реабилитации почв центра русской равнины, загрязнённых радионуклидами. Дис.…докт. с.-х. наук. – М., 1999. – С. 105-109.

4. Моисеев И.Т. Влияние различной обработки почвы, внесение удобрений и некоторых химических веществ на поступление стронция-90 в растения и его накопление в урожае //Автореф. дис….канд. биол. наук.- М., 1970. – 20 с.

5. Орлов П.М., Аканова Н.И., Ермаков А.А. Проблема загрязнения почв ^{238}U, ^{226}Ra, ^{210}Pb, ^{210}Po в условиях применения боеприпасов с обеднённым ураном //Плодородие. – 2024. – №2. – С. 46-50.

6. Прудников П.В., Лелянова Е.Н., Пашковский А.А. и др. Экологический контроль и мониторинг радиационной обстановки почв сельхозугодий Брянской области, проводимых ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» //РосАгрохимслужба: Почвы. Удобрения. Урожай.- 2025. – Том №1(1). – С. 53-58.

УДК 581.527.7

К ОЦЕНКЕ НАТУРАЛИЗАЦИИ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ДЕКОРАТИВНЫХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВИДОВ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Земскова Л.А., Анищенко Л.Н.

E-mail: eco_egf@mail.ru
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», Брянск, Россия

Представлены данные о натурализации трёх видов эргазиофигофитов, рассмотрен их адаптивный потенциал. Для *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun и *Inula helenium* L. описаны формируемые ими сообщества (S-группа). Наибольшую угрозу представляет *Sorbaria sorbifolia*, который проявляет не только высокую степень натурализации, аллелопатической активности, значительного вегетативного размножения; вид способен перейти в статус «трансформера». Дан анализ приуроченности видов к местообитаниям. Отмечено, что высокая степень натурализации, проявление широкой экологической валентности характеризует ранее редкий для области вид – *Inula helenium*. Адвентивный вид – *Brunnera sibirica* Stev. – вероятно будет усиливать натурализацию в ближайшее время, это потенциально инвазивный вид (S- и R-группа). Расселение девясила высокого с формированием сообществ представляется хорошей базой для возобновления промышленных сборов этого растения и ценопопуляций.

Ключевые слова: натурализация видов, интродуцированные виды, инвазивность, Брянская область.

Фитоинвазии и фитоинвазивная активность растений остаётся актуальным вопросом, обсуждение которого требует не только флористических, но и геоботанических, эколого-химических исследований в местах поселений. Особенно напряжённым направлением выглядят работы по потенциальной инвазивной активности и натурализации декоративных и лекарственных растений, так как контролировать их привнесение на территорию и последующую активность практические невозможно. В антропогенно-изменённой среде растительные сообщества находятся в постоянной динамике, ослабляются воздействием рекреации, что открывает широкие возможности внедрения адвентивных видов и формирования устойчивых ценопопуляций. Также изменение климатических условий в центре средней России способствует натурализации многих завезённых декоративных видов, раскрывая их адаптивный потенциал, формируя многочисленные признаки экологической валентности. Прогноз распространения новых инвазивных видов, процессов натурализации адвентов на десятилетия необходим для разработки мер по их ограничению или реабилитации сообществ с ксеноценными видами [4, 5]. Исследование эколого-биологических особенностей чужеродных видов в центре

нечерноземья – Брянской области – начато давно; созданная мониторинговая база пополняется и настоящее исследование дополнят информацию по особенностям развития и натурализации эргазиофигофитов.

Цель статьи – представить мониторинговые сведения о некоторых видах эргазиофигофитах, натурализующихся в естественных местообитаниях.

В настоящее время дичающие культивируемые виды для староосвоенного региона не составляют значительной части чужеродной флоры, однако спектр видов расширяется, ущерб от заселения ими местообитаний увеличивается, что отмечено для *Vinca minor* L., *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Reynoutria sachalinensis* (Schm.) Nakai, *Impatiens glandulifera* Royle., *Thladiantha dubia* Bunge.

Объекты исследований – ценопопуляции *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun, *Inula helenium* L., *Brunnera sibirica* Stev. Эти виды культивируются благодаря высокой декоративности побегов (листовых пластинок, бруннера сибирская, рябинник рябинолистный), соцветий и доказанных лекарственных свойств (девясил высокий).

Для видов учитывалась их миграции на расстояние из мест первичной интродукции, скорость размножения, способность формировать сообщества [1]. Геоботанические описания сообществ проводились сопутствующими при исследовании растительного покрова Брянской области. Для оценки биохимической активности вида анализировали почвенные образцы, отобраны ножом по методу диагонали непосредственно под растениями и на расстоянии в две высоты растений. Аллелопатическая активность исследовалась из почвенных вытяжек, устанавливалась фитотоксичность; определялись УКЕ – условные кумариновые единицы по шкале Гродзинского [2]. Биомасса растений изучалась на учётных площадках 1 м^2 в августе, надземные части срезались на уровне почвы; определяли число побегов на 1 м^2 путём прямого подсчёта. Номенклатура растений указана по общепринятой сводке [3].

Вторичный ареал изученных видов неуклонно расширяется в связи с деятельностью человека: одичание из культуры – основной способ расселения в разнообразные местообитания. По агрессивности *Sorbaria sorbifolia, Brunnera sibirica* относятся, скорее всего, к адвентивным видам, так как распространяются по залежам, незадернованным субстратам, по вспаханным и заброшенным полям вблизи поселений; ценопопуляции *Inula helenium* внедряются в полуестественные и естественные сообщества, формируя собственные ценозы [1]. Успех внедрения трёх видов определён эколого-биологическими особенностями растений: высокой скоростью вегетативного размножения, малой повреждаемостью побеговой массы животными, в том числе и пасущимися, а также вредителями, присутствие в жизнеспособном состоянии на корнях вегетативных почек.

Исследования вытяжек из почвы в местообитаниях трёх адвентивных видов показали различную аллелопатическую активность за счёт выделения растениями ингибиторов (таблица 1).

Таблица 1

Показатели аллелопатической активности эргазиофигофитов на примере *Sorbaria sorbifolia* (1), *Inula helenium* (2), *Brunnera sibirica* (3)

Показатели биотестера / Виды	1*	2	3
Прорастание семян биотестера, % к контролю (M±m)	28,29±1,7** / 79,84±5,8	32,17±1,5 / 85,83±5,9	29,30±1,3 / 87,95±6,5
Прирост корней биотестера, % к контролю (M±m)	25,17±1,3 / 88,15±7,2	27,95±1,9 / 90,43±8,4	25,99±1,8 / 86,83±7,9
J	28,72 / 8,12	15,10 / 7,97	21,52 / 7,12
УКЕ	195,5 / 54,3	139,6 / 54,7	188,7 / 53,9

Примечание. * Номера видов растений указаны в названии таблицы. ** почва под растениями – в числителе, почва на расстоянии двух высот растения – в знаменателе.

Образцы почв, взятые непосредственно под растениями девясила высокого, показали слабую аллелопатическую активность, почв под рябинником и бруннерой – средне высокую активность (умеренную токсичность). Все растения проявляют значительную кумариновую активность: от 139,6 до 195,5 усл. единиц, что обусловлено присутствием колинов в почве. УКЕ для трёх видов сопоставимо с выделением активных веществ в почву для растений, изученных ранее как чужеродных. Прорастание семян биотестера снижается достаточно сильно содержащимися в почвенной вытяжке веществами: в среднем снижение на 69 %; угнетают рост корней в среднем на 72 %. Значительная аллелопатическая активность зарегистрирована для рябинника рябинолистного и бруннеры северной, что позволяет отнести их к стресс-толерантам (S-группа). Девясил высокий пользуется, видимо, не только аллелопатическими веществами, ввиду значительной высоты побегов угнетает другие растения, уменьшая общую освещённость.

Биометрические характеристики трёх видов адвентов в центре занятых ими местообитаний показаны в таблице 2.

Таблица 2

Биометрические характеристики видов эргазиофигофитов на примере *Sorbaria sorbifolia* (1), *Inula helenium* (2), *Brunnera sibirica* (3)

Признак / виды	1*	2	3
Число побегов, на 1 м^2	10,72±1,0	3,50±0,4	9,54±0,8
Сырая биомасса, кг/ м^2	1,86±0,3	2,14±0,3	0,98±0,2
Средняя высота, м	1,57±0,2	1,95±0,2	0,45±0,2

Примечание. * Номера видов растений указаны в названии таблицы.

Биометрические характеристики видов соответствуют их биологическим особенностям, в частности высоте побега. Однако *Sorbaria sorbifolia* и *Brunnera sibirica* развивают значительную сырую биомассу, развивая листовой аппарат.

В местообитаниях трёх адвентов зарегистрированы полноценные сообщества, длительно удерживающихся на территории. Значительная площадь сообществ, сформированная *Sorbaria sorbifolia*, выявлена на территории старинного усадебного парка Ляличи (Суражский район) – 0,2 га, а также в окрестностях и непосредственно на заброшенных усадьбах малых населённых пунктов площадью от 20 до 50 м^2. Рябинник рябинолистный образует трёхъярусное сообщество, среднее число видов на площадь описания – 9,5. В первом ярусе доминирует рябинник, второй сложен в основном злаками, третий – будрой плющевидной и вербейником монетным. Вид *Sorbaria sorbifolia* прекрасно выносит затенение и на территории лесных сообществ в старинных усадебных парках образует третий и четвёртый ярус (рисунок 1). Огромные по площади заросли в усадьбе Ляличи описаны для высоковозрастных кленовников, липняков: в этих лесных биоценозах рябинник угнетает травяной ярус – в среднем альфа-разнообразие сокращается до 5,7 видов на м^2. Такое размножение и распространение рябинника рябинолистного обусловлено скоростью вегетативного размножения, ухудшением режима абиотических факторов для растений. Для усадебного парка Ляличи рябинник распространился по 1/5 части высоковозрастных устойчивых насаждений за 40-50 лет из небольшого по площади искусственного насаждения перед входом в барский дом. Полноценные сообщества из рябинника рябинолистного зарегистрированы в Брянской области для 52 точек наблюдений по трансектам.

Лекарственный и декоративный вид – *Inula helenium*, разводимый в культуре и для воспроизводства этого редкого в прошлом вида, прекрасно осваивается в полуестественных и естественных сообществах с различными экорежимами. Так, описаны биоценозы с участием девясила высокого (55 % проективного покрытия) и лиан – каллистегией заборной, эхиноцистиса лопастного; альфа-разнообразие – 12,5 видов, сообщества двухъярусные с общим проективным покрытием в 90 %; местообитание – пониженный участок вблизи усадьбы. Девясил высокий формирует сообщества около береговой линии водоёмов вместе с тростником южным, осокой острой и в среднем 5-6 сопутствующими видами. Общее число ярусов – 2, средняя высота травостоя – 1,85 м. Видимо в эти неблагоприятные по условиям избыточного увлажнения корневища девясила занесены паводком.

Также *Inula helenium* образует монодоминантные сообщества на суходольных лугах, некогда косимых, располагающихся около заброшенных усадеб или малых населённых пунктах. Биоценозы трёхярусные, высота первого яруса – 1,6-1,8 м, альфа-разнообразие – 16,8 видов. Все биоценозы с *Inula helenium* длительно, не менее 25-30 лет удерживают территорию

(рисунок 2). Сообщества из девясила высокого зарегистрированы в Брянской области для 18 точек наблюдений по трансектам. Вид в целом демонстрирует биоценотическую функцию С-стратега.



Рис. 1. Распространение *Sorbaria sorbifolia* в нижнем ярусе высоковозрастных парковых лесных насаждений


А

Б

Рис. 2. Сообщества с участием *Inula helenium*: А – в прибрежной части водоёмов. Б – на месте заброшенных усадеб

Ценопопуляции *Brunnera sibirica* осваивают в основном рудеральные местообитания, реже встречаются на заброшенных приусадебных участках, активно размножаясь по всей площади, в наибольшей степени под пологом плодовых садов; растение плохо переносит открытые участки с избыточным

освещением. Так как это растение (особенно зелёнолистная форма) агрессивно и садоводы удаляют его с клумб, несмотря на декоративность. Бруннера сибирская быстро размножается вегетативно, выдерживает затенение и активно подавляет рост других растений. Сообществ с бруннерой не описано, но на учётных площадках это вегетативно высокоподвижное растение образует мёртвый покров. Значительные по площади местообитания, занятые этим видом, выявлены по 12 точкам наблюдений по трансектам. Вид отнесён к группе стресс-толерантов и рудералов (S- и R-группа).

Таким образом, высокая угроза инвазий с перестройкой полуприродных сообществ выявлена для *Sorbaria sorbifolia*, что подтвердила его принадлежность к группе растений-трансформеров в европейской части России. Позднесукцессионный вид – рябинник – длительно способен удерживать площади произрастания за счёт вегетативного возобновления системой многолетних побегов. Высокая степень натурализации, проявление широкой экологической валентности выявлено для ранее редкого для области вида – *Inula helenium*. Адвентивный вид – *Brunnera sibirica* – вероятно будет усиливать натурализацию в ближайшее время, не покидая пределов населённых пунктов. По мнению авторов – это потенциально инвазивный вид. Расселение девясила высокого с формированием сообществ представляется хорошей базой для возобновления промышленных сборов этого растения и ценопопуляций.

Сведения о биолого-экологических особенностях «поведения» трёх интродуцированных декоративных видов дополнят мониторинговую базу по адвентивным видам и их категориям. Для контроля численности ценопопуляций рябинника рябинолистного и бруннеры сибирской необходим поиск видов-антагонистов для возможного вытеснения из сообществ; формирование перечня агротехнических мероприятий, не позволяющих увеличивать площадь распространения. Также необходимо формировать законодательные ограничения на ландшафтный бизнес, который выступает одним из решающих факторов распространения потенциально инвазивных адвентов.

Литература

1. Баранова О.Г., Щербаков А.В., Сенатор С.А., Панасенко Н.Н., Сагалаев В.А., Саксонов С.В. Основные термины и понятия, используемые при изучении чужеродной и синантропной флоры // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2018. – XII. – № 4. – С. 4-22.

2. Гродзинский А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. – Киев: Наук. думка, 1965. – 198 с.

3. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2014. – 635 с.

4. Майоров С.Р., Бочкин В.Д., Насимович Ю.А. Новые эргазиофигофиты Московской флоры // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии. – 2019. – Вып. 3. – Т. 124. – С. 48-49.

5. Приходько С.А., Потенциально инвазионные травянистые эргазиофигофиты из коллекций Донецкого ботанического сада // Промышленная ботаника. – 2024. – Вып. 24. – № 3. – С. 82-87.

УДК 502.4

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ПЕТРОФИТНЫХ СТЕПЕЙ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ НЕКОТОРЫХ ООПТ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ)

Ильина В.Н.[1], Козловская О.В.[2], Рогова Н.А[1].

E-mail: 5iva@mail.ru
[1]Самарский государственный социально-педагогический университет, Самара, Россия
[2]Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

В статье приводятся обобщенные данные многолетних исследований популяций редких видов растений петрофитных степей Самарской области, показывающие произошедшие изменения за 20-25 лет на примере двух памятников природы регионального значения «Подвальские террасы» и «Гора Высокая». Результаты исследований позволяют определить степень экологической устойчивости природно-территориальных комплексов. Одним из негативных факторов, влияющих на почвенно-растительный покров, указано увеличение рекреационной нагрузки на объекты.

Ключевые слова: памятник природы, антропогенная нагрузка, лесостепь, Подвальские террасы, Гора Высокая, редкие виды, популяции.

Изучению структуры и динамики ценопопуляций редких видов растений посвящается все большее число исследований и публикаций учёных. Однако не всегда сведения о популяционных особенностях видов растений используются при определении текущего экологического состояния природных объектов и территорий. Однако этот метод может быть использован как ключевой при экспресс-оценке природно-территориальных комплексов в рамках экологических экспертиз. Несомненно, для этого необходимо участие специалиста в конкретной научной области, что пока не всегда возможно. Это предполагает обязательное знакомство студентов-экологов с основами популяционно-онтогенетических исследований и дальнейшее развитие справочной базы по онтогенезу видов растений, особенностях развития их популяций в условиях оптимума и стресса.

На территории Самарской области при проведении экологических экспертиз популяционно-онтогенетические методы имеют применение и достаточно широко используются некоторыми экспертными группами. За временной промежуток около 25 лет для более чем 60 видов редких растений и около 120 типичных представителей флоры для разных экосистем на территории региона имеются сведения о структуре природных популяций и тенденциях их развития в различных условиях существования – при отсутствии антропогенного пресса, при малой, средней и высокой степени нагрузки. При этом выявляются основные лимитирующие развитие видов в сообществах факторы.

Данные об особенностях развития редких видов растений в фитоценозах используются при оформлении видовых очерков Красной книги Самарской области. Подобная работа проводится не во всех регионах России. В Красной книге Самарской области [5] примерно для 35 % представителей редких сосудистых растений эти данные представлены, хотя и в кратком изложении. В последующем третьем издании книги эта информация будет дополнена и исправлена.

В связи с возрастающим антропогенным прессом на многие особо охраняемые территории Самарской области, особенно это касается памятников природы регионального значения [6], открытых для свободного посещения, растительный и животный мир претерпевают значительные изменения. Закономерно, что редкие виды первыми реагируют на подобные изменения [2-4, 7]. Это касается как количества редких видов, так и численности, и плотности их особей, а также онтогенетической и виталитетной структуры ценопопуляций.

За прошедшие годы (с 1998 года) редкие виды и структура их популяций на некоторых ООПТ Самарской области изучались неоднократно, что позволяет выявить произошедшие изменения. В данной статье укажем лишь некоторые данные, полученные авторами в ходе многолетних исследований.

На ООПТ «Подвальские террасы» (Шигонский район, Самарская область) исследования проводились с 2000 по 2025 гг. Территория памятника природы имеет лесостепной характер, уникальность ему придает наличие петрофитных степных сообществ с большим числом редких представителей флоры. Следует указать, что для меловых склонов за эти годы выявлено постепенное зарастание оголенных степных участков злаками, в том числе ковылями разных видов, что, с одной стороны, снижает интенсивность эрозионных процессов, а с другой – сказалось на численности особей таких видов-петрофитов, как пупавка Корнух-Троцкого, бурачок ленский, клаусия солнцелюбивая, астрагал рогоплодный, астрагал Гельма, копеечник Гмелина, копеечник Разумовского, истод сибирский в сторону их уменьшения. Некоторые виды, способные существовать в сообществах с более развитым травяным покровом, свою численность несколько увеличили – это копеечник крупноцветковый, астрагал Цингера, курчавка кустарниковая, володушка серповидная. Изменились за эти годы и лимитирующие факторы, влияющие на растительный покров – если в советский период и начало 21 века основным видом антропогенного воздействия можно было считать выпас крупного и мелкого рогатого скота, в меньшей – степные палы, то в настоящее время это скорее рекреационное использование природно-территориального комплекса. При разнонаправленном изменении численности особей редких видов у многих из них тип популяции в настоящее время рассчитан как стареющий – у пупавки Корнух-Троцкого, клаусии солнцелюбивой, астрагала рогоплодного, астрагала Гельма, истода сибирского и володушки серповидной. Ранее все они относились к зрелым или переходным (по классификации дельта-омега [1]).



Рис. 1. Подвальские террасы в 2006 и 2025 году

Растительный покров и популяции редких видов в частности изучались на ООПТ «Гора Высокая» (Сергиевский район, Самарская область) с 1999 по 2025 год. Территория представляет собой останец Бугульмино-Белебеевской возвышенности с развитыми луговыми и каменистыми степями, где лесных сообществ нет (несмотря на расположение в лесостепной зоне). Для склонов горы отмечено снижение степени задернения почвы и усиление эрозионных процессов. Ранее наиболее значимыми факторами являлись пасквальная нагрузка и степные палы, в настоящее время выпас несколько снизился, но объект с каждым годом привлекает все больше туристов, возрастает рекреационная нагрузка. Кроме того, на данную территорию может свободно заезжать автомобильный транспорт, что также влияет на почвенно-растительный покров. Снижение численности особей отмечено у таких редких видов, как копеечник Разумовского, копеечник Гмелина, астрагал Цингера, астрагал Гельма, астрагал волжский, эфедра двуколосковая, лён украинский, полынь солянковидная, бурачок ленский, люцерна решетчатая, остролодочник яркоцветковый, истод сибирский. Смещение онтогенетических спектров ценопопуляций от зрелых и переходных в сторону стареющих произошло у копеечника Разумовского, копеечника Гмелина, астрагала Цингера, астрагала Гельма, эфедры двуколосковой, полыни солянковидной, люцерны решетчатой, истода сибирского и остролодочника колосистого.



Рис. 2. Гора Высокая в 2002 и 2025 году

Таким образом, выявление структуры и динамики популяций редких видов растений показывают на изменения почвенно-растительного покрова ООПТ и нарушение экологической устойчивости указанных памятников природы регионального значения Самарской области (Подвальские террасы, Гора Высокая). В настоящее время оба памятника природы испытывают антропогенную нагрузку, но ее степень различна.

Подвальские террасы в связи с удаленностью от крупных населенных пунктов, сложностью рельефа и пока еще «малой раскрученностью» как туристической территории характеризуется как удовлетворительно выполняющий свои природоохранные функции и в целом эффективный ООПТ, несмотря на снижение жизненности некоторых популяций редких видов.

Другая ООПТ – Гора Высокая – имеет низкий показатель эффективности как рефугиум флоры и растительности. Необходимо четкое соблюдение природоохранного законодательства на данной территории в связи с повышением рекреационной нагрузки, в том числе необходимо регулировать поток туристов и запретить въезд автомобилей (однако авторы понимают, что это очень сложно реализовать по разным причинам). Одним из вариантов организации популярного туристического маршрута на Горе Высокой считаем создание экологической тропы, способной снизить нагрузку на почвенно-растительный покров ООПТ и определить точный маршрут туристов.

Литература

1. Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. – 2001. – № 1. – С. 3-7.

2. Ильина В.Н. Эколого-биологические особенности некоторых редких видов растений степной флоры при выпасе и палах // Ботанический вестник Северного Кавказа. – 2017. – № 2. – С. 12-22.

3. Ильина В.Н. Эталонные природные комплексы Самарского Заволжья: к вопросу сохранения фиторазнообразия степей региона // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – Вып. 67. – С. 93-99.

4. Ильина В. Н. Вопросы охраны биоразнообразия петрофитных степей Самарского Заволжья // Роль ботанических садов в сохранении и обогащении природной и культурной флоры: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 20-летию Ботанического сада Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, Якутск, 12–16 июля 2021 года. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2021. – С. 93-95.

5. Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений и грибов / Под ред. С.А. Сенатора и С.В. Саксонова. – Самара, 2017. – 284 с.

6. Особо охраняемые природные территории регионального значения Самарской области: материалы государственного кадастра, издание второе. – Самара: ООО «Лаборатория Экотон», 2018. – 377 с.

7. Mitroshenkova A. E., Ilyina V. N., Kazantsev I. V. and Rogov S. A. Current state, population structure and population dynamics of rare plants under economic and recreational use of natural-territorial complexes in the Middle Volga basin (Russia). – ESDCA 2021. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 723 (2021), 042054, 6 p. doi:10.1088/1755-1315/723/4/042054.

УДК 631.9

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АГРОЭКОСИСТЕМ

Киреева-Гененко И.А., Белоусова Л.И., Гененко М.А.

E-mail: genenko@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

В статье рассматриваются комплексное влияние техногенных факторов на агроэкосистемы Белгородской области – одного из наиболее развитых в агропромышленном отношении регионов России. Анализируются основные источники негативного воздействия: химизация сельского хозяйства (применение минеральных удобрений и пестицидов), промышленные выбросы, автомобильные эмиссии и отходы производства. Исследуются последствия данного воздействия на ключевые компоненты агроэкосистем: деградация и загрязнение почвенного покрова, ухудшение качества водных ресурсов, снижение биоразнообразия и нарушение устойчивости экосистем. Подчеркивается, что интенсивная сельскохозяйственная и промышленная деятельность, несмотря на экономические выгоды, создает значительную экологическую нагрузку. В заключение обозначены потенциальные пути минимизации негативного техногенного воздействия через внедрение адаптивно-ландшафтных систем земледелия, биологизацию сельского хозяйства и применение современных экологически ориентированных технологий.

Ключевые слова: агроэкосистемы, Белгородская область, техногенное воздействие, загрязнение почв, химизация сельского хозяйства, тяжелые металлы, минеральные удобрения, пестициды, экологическая безопасность, устойчивое землепользование.

Под воздействием различных видов технической деятельности человека возникает процесс трансформации окружающей среды, то есть техногенез. Воздействие человека на окружающую среду при использовании технологий приводит к возникновению техногенных факторов, которые могут иметь прямое и косвенное влияние на агроэкосистемы.

«Агроэкосистема, вторичный, измененный человеком биогеоценоз (агробиоценоз), ставший значимой элементарной единицей биосферы, основу которой составляет искусственно созданное, как правило, объединенное видами живых организмов, биотическое сообщество. Общепринятого определения агроэкосистемы нет. Это определение является современным представлением нескольких определений, вкладываемых в данное понятие различными учёными: В.А. Ковдой (1973), Н.Ф. Реймерсом (1983), Ю. Одумом (1986) и др.» [2].

«Аграрные экологические системы представляют собой сообщества культурных растений и животных и среды их обитания, искусственно

созданные человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции» [7, с. 467].

Современное сельское хозяйство сталкивается с комплексными экологическими проблемами. Агроэкосистемы подвергаются одновременному воздействию множества физических, химических и биологических факторов. Эти воздействия, как правило, слабые, но продолжительные, и приводят к накоплению загрязняющих веществ. Высокие уровни загрязнения снижают урожайность, что напрямую влияет на стабильность агроэкосистем. Поэтому крайне важно прогнозировать, как техногенное воздействие может изменить структуру и функции агроэкосистем, и будут ли эти изменения временными или постоянными.

Долгий эволюционный путь позволил природным экосистемам развить механизмы саморегуляции и самовосстановления. Однако, при переходе к агроэкосистемам, материально-энергоинформационные потоки, включая структуру сельскохозяйственных ландшафтов, претерпевают значительные трансформации. Когда эти изменения выходят за пределы устойчивости, ландшафт утрачивает способность к естественному воспроизводству своих ключевых элементов, что приводит к быстрой деградации.

Выделяют шесть основных принципов организации агроэкосистем (рис. 1). Для повышения устойчивости агроэкосистем необходимо придерживаться изложенных принципов их организации.



Рис. 1. Принципы организации агроэкосистем

Устойчивость агроэкосистем – это «способность сохранять своё состояние, основные свойства и взаимосвязи при внешнем воздействии в течение некоторого времени.

Устойчивость агросистм в значительной мере зависит от степени антрогогенного воздействия, а также от способности к самоочищению от продуктовтехногенеза различных типлв агроэкосистем, под которой подразусеваются процессы их трансформации и выноса за пределы системы. При этом необходимо учитывать неоднородность природных условий территории» [6, с. 159].

Следовательно, понятие устойчивости тесно связано с оценкой воздействия хозяйственной деятельности на агроэкостстемы.

Ключевыми показателями «устойчивости агроэкосистемы являются: состояние почвы (ее функции, режимы и свойства), характеристики растительного сообщества (структура, организация и продуктивность), микробное сообщество (его структура и организация), а также интенсивность и сбалансированность биогеохимических циклов. Для количественной оценки устойчивости экосистемы анализируются взаимосвязи между воздействующими факторами (их тип, интенсивность, продолжительность, частота возмущений и т.д.), а также связи экосистемы с основными параметрами, определяющими ее устойчивость, и областями (зонами) стабильного равновесия. Количество таких зон может варьироваться от одной до нескольких. Способность экосистемы восстанавливать прежнее устойчивое равновесие после временного воздействия природного или антропогенного фактора является мерой ее стабильности» [4].

На рисунке 2 представлены основные группы антропогенного воздействия на сельскохозяйственные ландшафты.

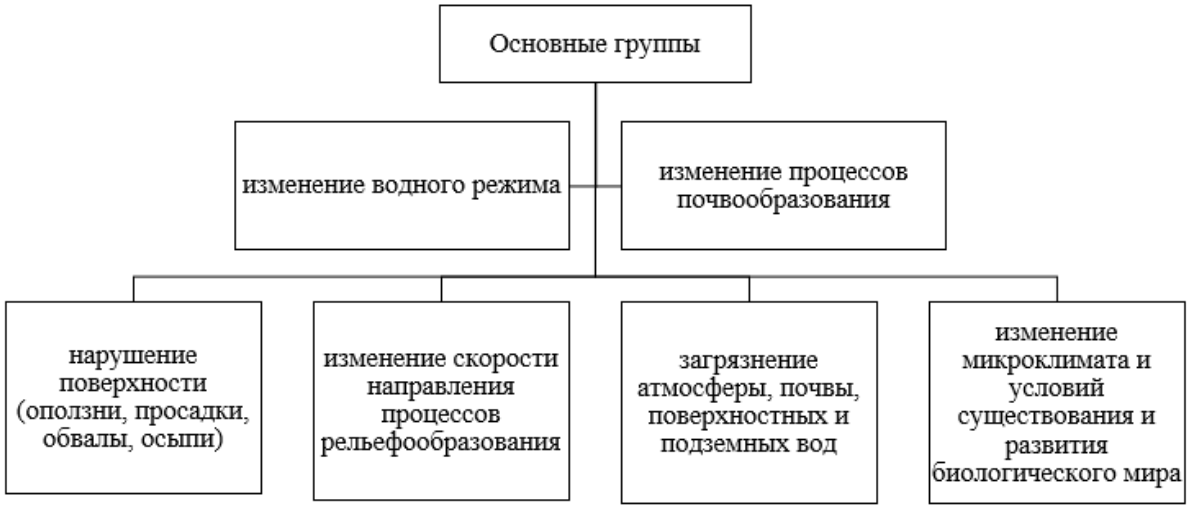


Рис. 2. Группы антропогенного влияния на агроландшафты

Белгородская область является флагманом отечественного агропромышленного комплекса, демонстрируя высокие показатели продуктивности сельского хозяйства. Однако интенсивное использование природных ресурсов и значительная концентрация промышленных предприятий обуславливают мощное техногенное давление на местные

экосистемы. Агроэкосистемы области, представляющие собой преобразованные человеком природные комплексы, особенно уязвимы к этому воздействию [1, 5].

Для анализа техногенных изменений в агроландшафтах Белгородской области были использованы данные и карты, представленные в региональном издании «Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство» [3].

Карта «Агроландшафты» (рис. 3). в «Географическом атласе Белгородской области» демонстрирует разделение территории на три округа: лесостепные Западный и Центральный, и степной Юго-Восточный. Каждый округ включает в себя десять видов агроландшафтов – комплексных природных образований, охватывающих территорию от водораздела до дна балки или реки. Эти агроландшафты характеризуются определенной структурой почвенного покрова, его составом и степенью эродированности, что позволяет классифицировать их по интенсивности водной эрозии.

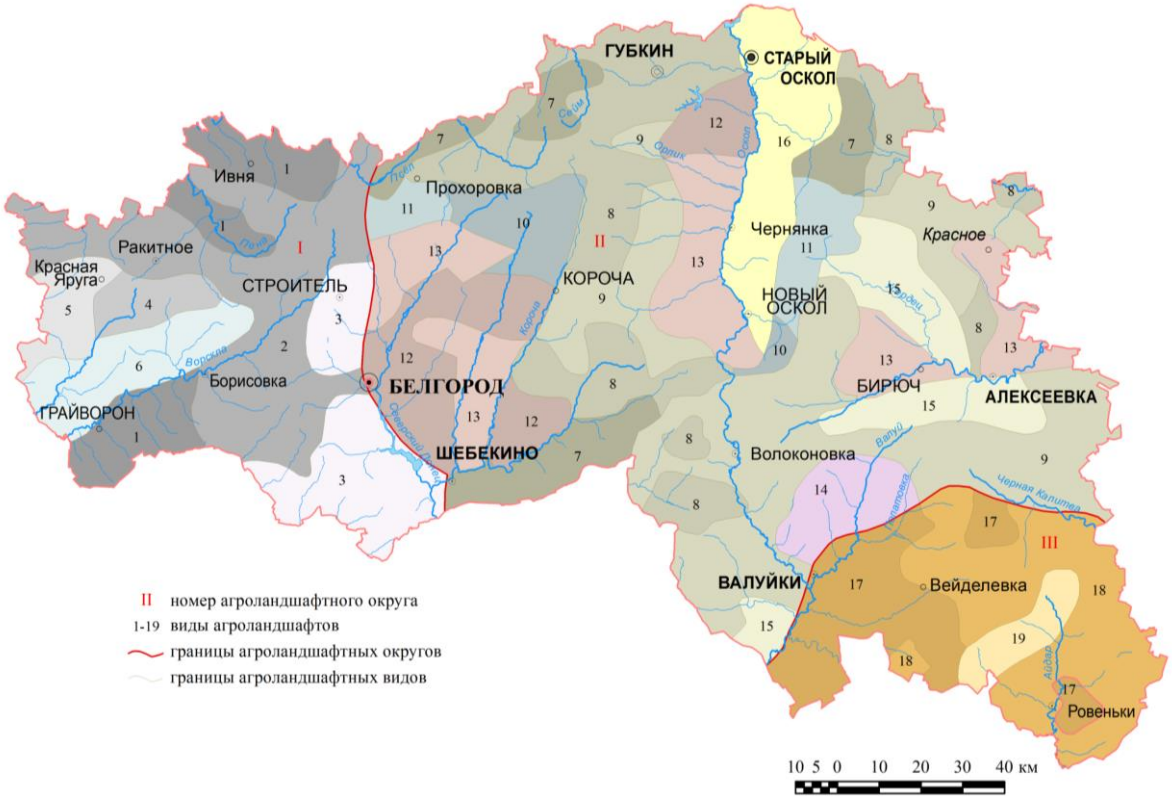


Рис. 3. Агроландшафты Белгородской области [3]

На основании представленной картографической информации можно констатировать, что природный комплекс Белгородской области подвергся практически полной антропогенной трансформации. Проведенный анализ данных позволил выявить корреляции и проследить эволюцию агроландшафтов, индуцированную техногенными факторами.

Техногенное воздействие на агроэкосистемы региона можно разделить на следующие ключевые факторы:

- Химизация сельского хозяйства – это ведущий фактор прямого воздействия. Для поддержания высоких урожаев в области активно применяются минеральные удобрения (азотные, фосфорные, калийные) и средства химической защиты растений (пестициды, гербициды, инсектициды). Их несбалансированное и избыточное использование приводит к: закислению или засолению почв; накоплению в пахотном слое нитратов, фосфатов, токсичных элементов (кадмий, свинец, ртуть), входящих в состав удобрений в качестве примесей; нарушению биологического равновесия в почве: гибели полезной микрофлоры и фауны, дождевых червей; загрязнению водных объектов путем миграции химических веществ со поверхностным стоком и инфильтрацией в грунтовые воды.

- Промышленные выбросы. Белгородская область обладает развитой промышленностью (горнодобывающий комплекс, металлургия, машиностроение, производство стройматериалов). Предприятия являются источниками выбросов в атмосферу: тяжелых металлов (свинец, цинк, кадмий, медь, никель); диоксида серы, оксидов азота, которые, растворяясь в атмосферной влаге, образуют кислотные дожди. Загрязняющие вещества из атмосферы осаждаются на почву и растения, напрямую включаясь в пищевые цепи агроэкосистем.

- Автомобильный транспорт. Интенсивная транспортная сеть является источником поступления в окружающую среду свинца, сажи, углеводородов и других токсичных соединений, оседающих на прилегающих сельскохозяйственных угодьях.

- Образование и складирование отходов. Промышленные и сельскохозяйственные отходы (включая отходы животноводческих комплексов) при неправильном хранении становятся источником загрязнения почв и грунтовых вод.

Совокупное воздействие этих факторов приводит к серьезным нарушениям функционирования агроэкосистем:

- деградация почвенного покрова: снижается содержание гумуса – основы плодородия. Ухудшаются физико-химические свойства почв (структура, водопроницаемость, буферность). Накапливаются токсиканты, что делает продукцию потенциально опасной;

- снижение биоразнообразия: упрощается видовая структура агроценозов, исчезают полезные виды насекомых-опылителей и энтомофагов, снижается устойчивость экосистем к болезням и вредителям;

- нарушение круговорота веществ: техногенное воздействие разрывает естественные циклы, приводя к накоплению одних элементов и дефициту других;

- ухудшение качества сельскохозяйственной продукции: накопление токсичных элементов и нитратов в зерне, овощах и кормах представляет риск для здоровья человека и животных.

Для обеспечения устойчивого функционирования агроэкосистем необходим комплекс мер:

- внедрение адаптивно-ландшафтных систем земледелия, учитывающих особенности конкретных территорий;
- переход к биологизированному и точному земледелию (дозированное внесение удобрений и средств защиты растений на основе агрохимического мониторинга, использование севооборотов, биологических средств защиты);
- внедрение современных технологий очистки промышленных выбросов и стоков;
- систематический экологический мониторинг состояния почв, вод и воздуха в районах с высокой техногенной нагрузкой;
- рекультивация нарушенных земель и безопасное обезвреживание отходов.

Таким образом, техногенные факторы оказывают многоплановое и в основном негативное воздействие на агроэкосистемы Белгородской области, ставя под угрозу их долгосрочную продуктивность и экологическую стабильность. Дальнейшая интенсификация сельского хозяйства и промышленности невозможна без внедрения строгих природоохранных мер и перехода к модели устойчивого развития, которая позволит гармонично сочетать экономические интересы с экологической безопасностью региона.

Литература

1. Белоусова Л.И., Киреева-Гененко И.А., Петина В.И., Шевченко В.Н., Фурманова Т.Н. Оценка эколого-геоморфологической опасности территории Белгородской области // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – С. 547.

2. Большая российская энциклопедия – URL: https://bigenc.ru/c/agroekosistema-46a2f7 (дата обращения 09.09.2025).

3. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство / Всероссийская общественная организация «Русское географическое общество», Белгородский государственный национальный исследовательский университет; [ответственный редактор: А.Г. Корнилов; ред: А.Н. Петин, Ю.Г. Чендев, В.И. Петина и др.; фот.: А.Н. Петин и др.]. – Белгород: Константа, 2018. – 200 с.

4. Куликов Я.К. Агроэкология: учебное пособие / Я.К. Куликов. – Минск. 2012. – 318 с.

5. Лопина Е.М., Корнилов А.Г., Киреева-Гененко И.А. Анализ особенностей общественного природопользования населенных пунктов района размещения горнодобывающих предприятий КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 5. – С. 184-188.

6. Носонов А.М. Территориальные системы сельского хозяйства Экон.-геогр. аспекты исслед. / А.М. Носонов. – М.: Янус-К, 2001. – 324 с.

7. Панов А.В., Переволоцкая Т.В. Методология оценки рисков для агроэкосистем в условиях техногенного загрязнения / Агроэкология. Сельскохозяйственная биология. – 2020, том 55. – №3. – С. 468-480.

УДК 574.5

КРАТКИЙ ОБЗОР ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ РЕК БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В РАЙОНАХ ИНТЕНСИВНОГО ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Киселев В.В., Корнилов А.Г., Корнилова Е.А., Раевская М.В.

E-mail: kiselev_v@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

В статье представлен краткий обзор результатов предыдущих гидроэкологических исследований малых рек Белгородской области в районах интенсивного животноводческого производства. Общий анализ включил в себя как обобщённые выводы по мониторингу многолетних данных Росгидромета, так и оценку результатов современных полевых гидрохимических исследований.

Ключевые слова: Белгородская область, малые реки, интенсивное животноводство, гидрохимические характеристики, гидроэкологическое состояние.

На территории Белгородской области на загрязнение водоемов оказывают наибольшее влияние 3 источника: стоки животноводческих ферм, сброс селитебно-промышленных стоков крупных агломераций, а также стоки с территорий с интенсивным сельскохозяйственным использованием [7].

Отдельно стоит отметить загрязнение малых рек Белгородской области стоками животноводческих комплексов, так как регион является одним и лидеров России по развитию животноводческой отрасли, а по темпам развития свиноводства занимает первое место в стране.

Для того, чтобы иметь представление о гидроэкологической ситуации в районах концентрации большого количества животноводческих комплексов, необходим регулярный мониторинг гидрохимической ситуации водных объектов, подверженных антропогенному воздействию с их стороны [2, 9, 10].

В данной статье мы бы хотели тезисно осветить общие результаты предыдущих 5-7 летних исследований по данной тематике.

1) В сельскохозяйственных районах Белгородской области имеют место две тенденции, влияющих на гидроэкологическое и гидрохимическое состояние малых рек. Первая тенденция

связана с постепенным, но заметным сокращением численности населения в сельских населённых пунктах. Это сопровождается снижением не канализованного стока от населения и существенным сокращением большого выпаса скота на пастбищах и в водоохранных зонах. Вторая тенденция связана с широкомасштабным развитием животноводства, в первую очередь со строительством свиноводческих комплексов на территории Белгородской области [4, 6].

2) Результаты полевых исследований малых рек области в районах интенсивного животноводства показали, что в районах размещения животноводческих комплексов, на локальных участках водосборной территории малых рек, складывается напряжённая экологическая ситуация в связи с периодическим сверхнормативным поступлением биогенных загрязняющих веществ в окружающую среду и пиковым характером концентраций соединений азота и фосфатов в природных водных объектах, часто превышающим ПДК более чем в 10 раз. При этом ассимиляционные возможности малых рек пока ещё не исчерпаны, поэтому в их среднем течении, на расстоянии 10-15 км от зоны воздействия животноводческих комплексов, гидроэкологическая ситуация выравнивается и в среднем концентрации ЗВ не превышают ПДК [1].

3) В рамках анализа гидрохимических данных, полученных в ходе полевых исследований, выявлен сезонный периодический характер динамики гидроэкологической ситуации. По совокупности процессов поступления и ассимиляции биогенных компонентов выделяются периоды гидроэкологических ситуаций, соответствующие тёплому сезону (летне-осенние), холодному сезону (осенне-зимнему), переходно-осеннему (ориентировочно октябрь), переходно-весеннему (период половодья). Несмотря на выявленные эпизодически проявляющиеся пиковые значения содержания загрязняющих веществ в верховьях рек, в отношении среднесезонных показателей отмечается стабильный и равномерный характер поступления нитратов и фосфатов в водную среду. Концентрация аммония в исследуемых реках является значимым индикатором животноводческой нагрузки в районе исследования в холодное время года, так как средние концентрации аммония в холодный период тесно зависят от расчётной животноводческой нагрузки.

4) Анализ мониторинговых данных Росгидромета [3] вплоть до 2025 года показал, что результатом влияния животноводческой отрасли на малые реки области является выраженный характер нитратного и нитритного загрязнения в период интенсификации

животноводческой отрасли региона (2010–2016 годы), что наиболее характерно для рек Короча и Нежеголь, вокруг которых сформировались очаговые ареалы типовых животноводческих площадок, а также реки Северский Донец (пункт исследования в с. Беломестное), на которую опосредованно влияют животноводческие комплексы Прохоровского района [5, 8].

5) В целом, по данным Росгидромета, качество поверхностных вод в малых реках Белгородской области в районах интенсивного животноводства имеет неудовлетворительное состояние. В большинстве случаев в исследуемых створах вода характеризуется как «загрязнённая» или «грязная». При этом сохраняется общий положительный тренд по ухудшению гидрохимических характеристик исследуемых малых рек за рассматриваемый период, что подтверждает рост комплексного комбинированного показателя степени загрязнённости поверхностных вод (УКИЗВ) [5].

6) Результатом влияния животноводческой отрасли на малые реки Белгородской области является пиковый характер проявления азотного и фосфатного загрязнения, что, вероятно, связано с производственными циклами в области агропромышленного комплекса региона, а также возможными залповыми сбросами. При этом постепенно ситуация по загрязнению стабилизируется, что может быть связано с усовершенствованием системы обращения и утилизации отходов при производстве [1].

7) Реализация программы интенсивного развития животноводства на территории Белгородской области становится значимым фактором формирования гидроэкологической и гидрохимической ситуации в водосборных бассейнах малых рек. В связи с выявленным периодически залповым характером динамики гидроэкологической ситуации, приводящей к систематическим пиковым концентрациям загрязняющих веществ в районах расположения свиноводческих комплексов, необходима разработка и внедрение комплекса природоохранных мероприятий по снижению негативного воздействия животноводческой отрасли на окружающую среду с приоритетом мероприятий по экологическому контролю и обеспечению производственной дисциплины по обращению с отходами.

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2025-0006.

Литература

1. Биогенное загрязнение водных объектов в сельскохозяйственных районах Белгородской области / А. Г. Корнилов, В. В. Киселев, В. А. Курепина [и др.] // Региональные геосистемы. – 2023. – Т. 47, № 1. – С. 76-87.

2. Буряк, Ж. А. Анализ угрозы загрязнения рек Белгородской области от свиноводческих комплексов с использованием цифровой модели рельефа / Ж. А. Буряк // Актуальные проблемы математики и естественных наук: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения к.п.н., доцента В.Л. Рабиновича, Петропавловск-Баку-Сургут, 23 мая 2023 года. – Петропавловск-Баку-Сургут: Некоммерческое акционерное общество "Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева", 2023. – С. 92-97.

3. Ежегодники качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории деятельности ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС» за 2008-2018 гг. Курск. Министерство природных ресурсов Российской Федерации Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

4. Киселев В.В., Корнилов А.Г. Геоэкологические аспекты развития современного интенсивного свиноводства на территории Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2019. Т. 43, №1. С. 98–108.

5. Киселев В. В. Оценка общего гидроэкологического состояния малых рек Белгородской области / В. В. Киселев, Е. А. Корнилова // Региональные геосистемы. – 2025. – Т. 49, № 1. – С. 80-92.

6. Курепина В. А. Геоэкологические аспекты развития современного животноводства на территории Алексеевского и Красногвардейского районов Белгородской области / В. А. Курепина, В. В. Киселев, А. Г. Корнилов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2019. – Т. 43, № 4. – С. 425-437.

7. Колмыков С.Н. Краткий анализ воздействия животноводческих комплексов на речные бассейны Белгородской области / С.Н. Колмыков, А.Г. Корнилов // Материалы международной научно-практической конференции «Регион – 2006: стратегия оптимального развития» (15-16 мая 2006 года, г. Харьков) / Под ред. В.С. Бакирова // ИРО Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина, Харьков, 2006 – С. 214-216.

8. Оценка гидрохимического состояния малых рек Белгородской области в пределах сельских территорий / Вл. В. Киселев, А. Г. Корнилов, Вик. В. Киселев, А. А. Корнилов // Региональные геосистемы. – 2024. – Т. 48, № 3. – С. 368-381.

9. Lisetskii, F. Associated Problems of Soil Erosion, River Degradation and Water Ecology: A Bibliometric Analysis of Publications in the Journal of Regional Geosystems between 2013 and 2023 / F. Lisetskii // Environmental Analysis & Ecology Studies. – 2024. – Vol. 12, No. 2. – P. 1423-1426. – DOI 10.31031/eaes.2024.12.000785.

10. Lisetskii, F. Water resources of rivers and erosion-accumulation processes / F. Lisetskii // Bioscience Biotechnology Research Communications. – 2022. – Vol. 15, No. 4. – P. 480-482. – DOI 10.21786/bbrc/15.4.1.

УДК 504.064.2

ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ АДАПТАЦИЙ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КРУПНОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКА)

Ковалева А.С.

E-mail: nasty.kovaleva.04@mail.ru
Научный руководитель: Анищенко Л.Н., д.с.-х.н., профессор
Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского, г. Брянск, Россия

В статье рассмотрены результаты биомониторинга состояния зеленых насаждений на урбанизированных территориях города Брянска с использованием методов определения содержания фотосинтетических пигментов, активности фермента каталазы и оценки флуктуирующей асимметрии листьев. Установлены различия в содержании хлорофиллов a и b, каротиноидов у исследуемых видов растений, выявлены участки с высокой и низкой активностью каталазы, а также дана оценка степени отклонения стабильности развития по индексу флуктуирующей асимметрии.

Ключевые слова: биомониторинг, зеленые насаждения, урбанизированная территория, хлорофилл, каротиноиды, каталаза, флуктуирующая асимметрия, экологическая нагрузка.

Современный город – сложная, открытая, динамичная, квазинативная системой, особенность которой – преобладание гетеротрофного компонента над автотрофным, нестабильный гомеостаз. Зелёные насаждения – преобладающая часть автотрофного звена, формирующая городскую среду, служат фактором, способствующим рекреации и повышения качества окружающей среды [5].

В то же время экологическая обстановка Брянска нестабильна, рост числа транспортных средств приводит к изменению воздуха по химическим и биологическим показателям, элементы зелёных насаждений, постоянно подвергающихся стрессовым факторам, изменяют свою средообразующую роль.

Состояние городских зеленых насаждений определяет рекреационные возможности территории, восстанавливают воздушный бассейн, поддерживают биосферные функции городских почв, замыкают круговороты биогенных элементов, в частности круговорот углерода. Экологическая роль насаждений зависит в большей части от внешних факторов, обусловленных изменением городской среды. Ухудшение состояния окружающей среды центра староосвоенного региона – г. Брянска требует мониторинга состояния городских экосистем. Основная цель статьи – выявить показатели

биохимических адаптаций фоновых растений городской среды для биомониторинговых целей.

Для достижения цели использовались рекомендованные службами экомониторинга методики [2]. Определение содержания пигментов в растительных объектах осуществлялось спектрофотметрией: содержание хлорофилла a, содержание хлорофилла b, соотношение хлорофиллов a и b, общее содержание пигментов, каротиноиды. Спектр поглощения фотосинтетических пигментов определялся на следующих длинах волн: 665 нм, 649 нм, 440 нм.

Растительные объекты для работы – фоновые виды городов центральной России: ель европейская, липа сердцелистная, клён остролистный, береза повислая, сирень венгерская. Реперные точки располагались в элементах городских зелёных насаждений и в наиболее оживлённых участках (рисунок 1).

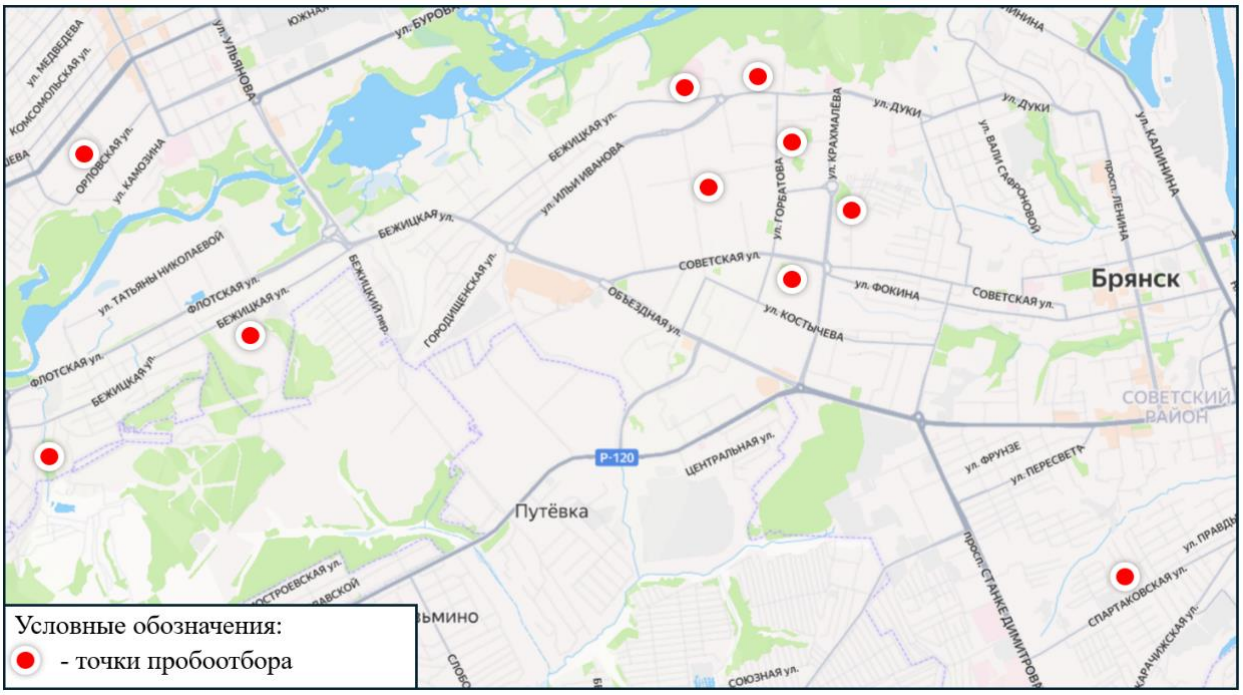


Рис. 1. Карта участка г. Брянска с реперными точками

Спектр пигментов, определённых для растений крупного города отражён в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1

Содержание и концентрация пигментов в растительной биомассе в г. Брянске

*	λ=665 нм	λ=649 нм	λ=440 нм	Са,мг/л	Св, мг/л	Са+в, мг/л	Ск, мг/л	Аа, мг/г	Ав, мг/г	Ак, мг/г
1	3,7185	3,7447	3,713	29,37398	66,4803	97,7266	8,7582	0,1851	0,4188	0,0552
2	3,3815	3,4665	3,5298	26,35951	62,0031	90,0958	7,5733	0,1661	0,3906	0,0477
3	3,5846	3,6408	3,5591	28,13801	64,8693	94,8277	8,7038	0,1773	0,4087	0,0548
4	3,4823	3,563	3,5834	27,18463	63,6784	92,6446	8,0047	0,1713	0,4012	0,0504

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	3,4654	3,5354	3,4899	27,11208	63,1086	91,9884	8,2678	0,1708	0,3976	0,0521
6	3,365	3,3326	3,4904	26,90472	58,7408	87,3118	7,0121	0,1695	0,3701	0,0442
7	3,3417	3,3362	3,4111	26,56478	59,0089	87,2418	7,3657	0,1674	0,3718	0,0464
8	3,431	3,4139	3,4507	27,34064	60,2961	89,3437	7,7431	0,1722	0,3799	0,0488
9	3,3645	3,1145	3,4312	28,15413	53,2267	82,938	6,1179	0,1774	0,3353	0,0385
10	3,4672	3,5767	3,4341	26,89885	64,1398	92,827	8,7545	0,1695	0,4041	0,0552
11	3,3709	3,0988	3,3834	28,33224	52,7808	82,6624	6,2685	0,1785	0,3325	0,0395
12	3,2922	2,9287	3,3209	28,23383	49,0754	78,7736	5,5197	0,1779	0,3092	0,0348
13	3,3412	2,9892	3,34	28,55665	50,2336	80,2849	5,835	0,1799	0,3165	0,0368
14	3,364	3,1804	3,3533	27,7677	54,8977	84,2556	6,8368	0,1749	0,3459	0,0431
15	3,372	1,4262	3,1515	37,98149	10,4557	49,1502	1,624	0,2393	0,0659	0,0102
16	3,1371	2,191	3,3537	30,35811	31,5903	63,044	1,1502	0,1913	0,199	0,0072

*Примечание: 1 – сирень венгерская, 2 – клен остролистный, 3 – липа сердцелистная, 4 – клен остролистный, 5 – клен остролистный, 6 – клен остролистный, 7 – береза повислая, 8 – клен остролистный, 9 – сирень венгерская, 10 – клен остролистный, 11 – липа сердцелистная, 12 – береза повислая, 13 – береза повислая, 14 – береза повислая, 15 – береза повислая, 16 – сирень венгерская

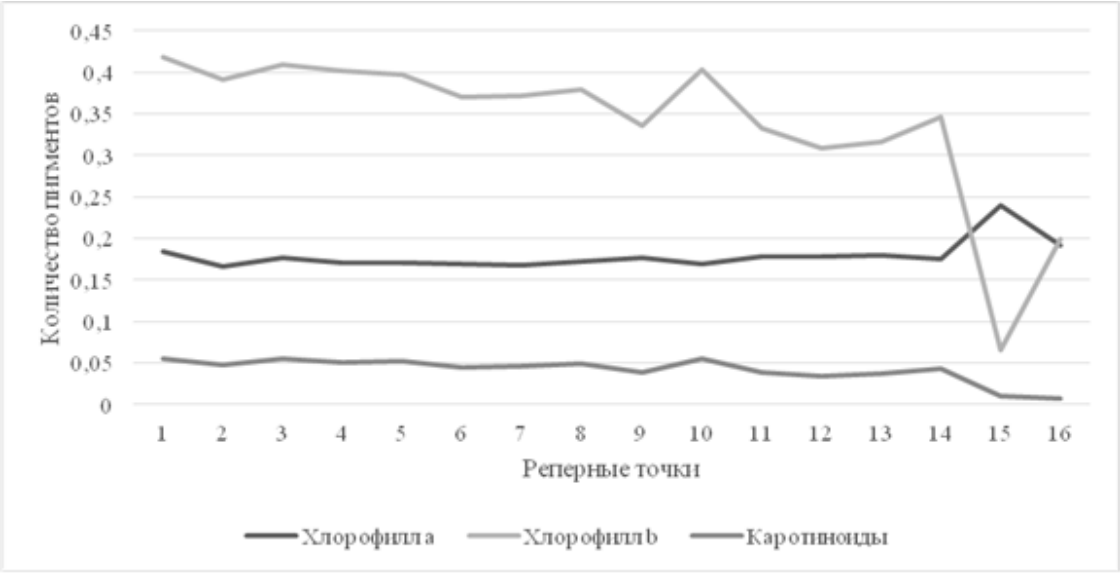


Рис. 2. Количество пигментов хлофилла a, b и каротиноидов у растений в г. Брянске

По результатам исследований можно наблюдать превышенное содержание хлорофилла b, по отношению к хлорофиллу a и каротиноидами. Преобладание хлорофилла a над хлорофиллом b наблюдается только в реперной точке № 15. Содержание хлорофилла a варьируется в пределах от 0,1661 мг/г до 0,2393 мг/г; хлорофилл b определяется в пределах от 0,0659 мг/г до 0,4188 мг/г; каротиноиды варьируются в пределах от 0,0072 мг/г до 0,0552 мг/г. Наименьшее содержание пигментов хлорофилла a наблюдается в репере №2, по хлорофиллу b – в точке №15, а по каротиноидам – в точке №16 (см. табл. 1). Среднее содержание хлорофилла a –

0,1793 мг/г, хлорофилла b – 0,3404 мг/г, каротиноидов 0,0416 мг/г. Практически во всех точках пробоотбора наблюдается преобладание содержания хлорофилла b, над хлорофиллом a. Это свидетельствует о приспособительной реакции видов растений к условиям затенения или умеренного освещения. Хлорофилл b расширяет спектр поглощаемого света, особенно в синей части спектра, и эффективно передаёт энергию хлорофиллу a, что позволяет растениям более полно использовать рассеянный свет в условиях недостатка прямого солнечного освещения [1, 3-6]. Низкое содержание каротиноидов может указывать на то, что в данных условиях у растений снижен уровень светового стресса и, соответственно, меньшая потребность в защитных пигментах, выполняющих фотопротекторную функцию. Всё это способствует более эффективному фотосинтезу при слабом освещении и указывает на экологическую стратегию этих видов, ориентированную на существование в тенистых или умеренно освещённых местах [5, 6].

Определение активности каталазы в растительных объектах проводилось общепринятым методом с пероксидом водорода. Активность каталазы рассчитывали по формуле:

$$A_{кт}=Vo_2(мл)/t(мин)\times m_{нав}$$

Результаты исследований показаны в таблице 2.

Таблица 2

Активность каталазы в растительных объектах г. Брянск

Объект	Навеска, гр	Время опыта, мин	O_2, выделенный за время опыта, мл	Активность каталазы, мл O_2 на гр. сырого вещества за время опыта
1	2	3	4	5
Ул. Советская (клен остролистный)	0,50	1,25	2,00	0,80
Лицей №1 (клен остролистный)	0,50	1,36	2,00	0,74
Общежитие 2А (клен остролистный)	0,50	1,19	2,00	0,84
ул. Бежицкая (липа сердцелистная)	0,50	0,25	2,00	4,00
Ул. Советская (ель обыкновенная)	0,50	-	2,00	-
Ул. Советская (береза повислая)	0,50	0,48	2,00	2,08
Лицей №1 (береза повислая)	0,50	1,01	2,00	0,99
Ул. Горбатова (береза повислая)	0,50	1,02	2,00	0,98
Брянский областной суд (ель обыкновенная)	0,50	-	2,00	-
Ул. Строкина (клен остролистный)	0,50	-	2,00	-

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Ул. Строкина (клен ясенелистный)	0,50	-	2,00	-
Ул. Строкина (липа сердцелистная)	0,50	0,33	2,00	3,03
Родник 10 мкр-он (клен остролистный)	0,50	0,55	2,00	1,82
10 мкр-он (клен остролистный)	0,50	0,33	2,00	3,03
10 мкр-он (липа сердцелистная)	0,50	0,41	2,00	2,44
Общежитие 2А (клевер белый)	0,50	33,55	2,00	0,03
Ул. Горбатова (клевер белый)	0,50	1,08	2,00	0,93
Лицей №1 (клевер белый)	0,50	1,48	2,00	0,68

Вывод: наибольшая активность каталазы наблюдается на ул. Бежицкой (табл. 2) у липы сердцелистной (=4,00), отсутствие активности отмечается в 4-х точках: ул. Строкина (клен ясенелистный), ул. Строкина (клен остролистный), Брянский областной суд (ель обыкновенная), Ул. Советская (ель обыкновенная). Высокая активность каталазы свидетельствует о высокой интенсивности обменных процессов и активной нейтрализации перекиси водорода – побочного продукта клеточного дыхания и фотосинтеза. Каталаза расщепляет перекись водорода на воду и кислород, защищая клетки от окислительного стресса. Повышенный уровень этого фермента может указывать на адаптацию растений к условиям, при которых усиливается образование активных форм кислорода, например, при интенсивном солнечном освещении, засухе или других стрессовых факторах окружающей среды. Отсутствие каталитической реакции у этих же растений может свидетельствовать о снижении активности каталазы, что может быть связано либо с физиологическим состоянием растения (например, покой, старение листьев), либо с благоприятными условиями среды, при которых образование перекиси водорода минимально и защита от окислительного стресса в данный момент не требуется. Также это может быть результатом временного подавления ферментативной активности из-за внешних факторов.

Оценка состояния среды по индексу флуктуирующей асимметрии проведена по методике Росприроднадзора.

Величина асимметрии в выборке в таблице 3, оценена по пятибалльной шкале.

Таблица 3

Оценка состояния среды г. Брянск по индексу флуктуирующей асимметрии

Проба	Величина асимметрии в выборке	Балл	Значение
10 мкр-он (клен остролистный)	0,042	2	Слабое отклонение от стабильного развития
Ул. Орловская (береза повислая)	1,24	5	Высокое отклонение от стабильности развития

Окончание табл. 3

1	2	3	4
Путевка (клен остролистный)	0,091	5	Высокое отклонение от стабильности развития
Супонево (береза повислая)	1,09	5	Высокое отклонение от стабильности развития
Путевка (сирень венгерская)	0,037	1	Условная норма
Ул. Спартаковская (сирень венгерская)	0,148	5	Высокое отклонение от стабильности развития
Ул. Орловская (сирень венгерская)	0,077	5	Высокое отклонение от стабильности развития
Ул. Горбатова (береза повислая)	0,33	5	Высокое отклонение от стабильности развития
10 мкр-он (береза повислая)	0,63	5	Высокое отклонение от стабильности развития
Путевка (береза повислая)	1,03	5	Высокое отклонение от стабильности развития
Родник 10 мкр-он (клен остролистный)	0,03	1	Условная норма
Ул. Советская (клен остролистный)	0,065	5	Высокое отклонение от стабильности развития
Общежитие 2А (клен остролистный)	0,06	5	Высокое отклонение от стабильности развития
Лицей №1 (клен остролистный)	0,036	1	Условная норма

Вывод: у большинства растений наблюдается высокое отклонение от стабильности развития, что свидетельствует о наличии стрессовых факторов, воздействующих на организм в процессе его развития. Это может означать ухудшение экологической обстановки, загрязнение среды, либо воздействие иных негативных факторов, нарушающих нормальный ход морфогенеза. Организмы, развивающиеся в нестабильной или загрязнённой среде, проявляют большую степень асимметрии в симметричных частях тела, что и отражается в росте флуктуирующей асимметрии.

Также при анализе максимальных и минимальных значений (табл. 4) отслеживается значительное варьирование показателей. Наибольший разброс наблюдается у активности каталазы – от 0 до 4, что указывает на высокую чувствительность этого показателя к изменениям условий среды. Напротив, наименьший диапазон отмечен у каротиноидов – от 0,0072 до 0,0552, что свидетельствует о стабильности их содержания.

Таблица 4

Сравнительный анализ показателей пигментной системы, каталазы и флуктуирующей асимметрии

	Хлорофилл a	Хлорофилл b	Каротиноиды	Каталаза	ФА
min	0,1661	0,0659	0,0072	0	0,03
max	0,2393	0,4188	0,0552	4	1,24

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6
M	0,179275	0,340444	0,041556	1,243889	0,350429
s	0,000300143	0,00832	0,000207	1,486202	0,201728
s2	9,0086E-08	6,92E-05	4,29E-08	2,208795	0,040694
n	16	16	16	18	14
s2/n	5,63038E-09	4,33E-06	2,68E-09	0,122711	0,002907
t			df	Достоверность при доверительных уровнях P=95 %, 99 %, 99,9 %	
Хлорофилл a/хлорофилл b		77,4387	30	Не достоверно на всех трех уровнях	
Хлорофилл a/каротиноиды		1510,8072	30	Не достоверно на всех трех уровнях	
Хлорофилл a/каталаза		3,0391	32	Достоверно при P=99,9 %	
Хлорофилл a/ФА		3,1746	28	Достоверно при P=99,9 %	
Хлорофилл b/каротиноиды		143,6589	30	Не достоверно на всех трех уровнях	
Хлорофилл b/каталаза		2,5790	32	Достоверно при P=99 %	
Хлорофилл b/ФА		0,1851	28	Не достоверно на всех трех уровнях	
Каротиноиды/каталаза		3,4323	32	Достоверно при P=99,9 %	
Каротиноиды/ФА		5,7290	28	Не достоверно на всех трех уровнях	
Каталаза/ФА		2,5209	30	Достоверно при P=99 %	

Литература

1. Кунина В.А. Состояние фотосинтетических пигментов листьев древесных растений в условиях городской среды / В.А. Кунина, О.Г. Белоус // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72). – № 2. – С. 108-118.

2 Панкратова Практикум по физиологии растений с основами биологической химии. – СПб.: Квадро, 2024. – 176 с.

3 Старикова, Е. А. Сезонная динамика содержания фотосинтетических пигментов у хвойных растений в условиях городской среды / Е. А. Старикова, О. Л. Воскресенская // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 2 (30). – С. 32–42.

4 Уромова И.П., Штырлина О.В., Дедюра И.С. Влияние антропогенных факторов на содержание фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений в городских условиях // Journal of Agriculture and Environment. – 2023. – №12 (40). – URL: https://jae.cifra.science/archive/12-40-2023-december/10.23649/JAE.2023.40.15 (дата обращения: 12.08.2025). – DOI: 10.23649/JAE.2023.40.15

5 Экологическая оценка городской среды [Текст] / Е.А. Алябышева, Е.В. Сарбаева, О.Л. Воскресенская, В.С. Воскресенский. -Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. -96 с.

6. Hadwan, M.H., Alta'ee, A.H., Mohammed, R.M. *et al.* An efficient protocol for quantifying catalase activity in biological samples. *Bull Natl Res Cent* 48, 34 (2024). https://doi.org/10.1186/s42269-024-01189-z

УДК 502.4

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ КИНЕЛЬСКОГО РАЙОНА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ООПТ РЕГИОНА

Котельникова Н.Д.[1], Рогова Н.А.[1], Пичугин П.Е.[2]

E-mail: 5iva@mail.ru

Научный руководитель: Ильина В.Н.[1], доцент кафедры биологии, экологии и методики обучения, к.б.н., доцент

[1]Самарский государственный социально-педагогический университет,

[2]Самарский областной детский эколого-биологический центр, Региональная экостанция, Самара, Россия

В статье приводятся обобщенные данные исследований популяций редких видов растений двух памятников природы регионального значения Самарской области «Каменный дол» и «Чубовская степь». Результаты исследований позволили определить текущее экологическое состояние природно-территориальных комплексов с учетом данных о структуре популяций растений. Рекомендовано снизить антропогенный пресс на ООПТ «Каменный дол».

Ключевые слова: памятник природы, антропогенная нагрузка, лесостепь, Кинельский район, Каменный дол, Чубовская степь, редкие виды, популяции.

Самарская область как высоко освоенный регион европейской части России нуждается в дополнительных мерах по охране природно-территориальных комплексов. Расположение области на стыке степной и лесостепной зон, а также наличие азональных и интразональных экосистем требует поиска, инвентаризации и мониторинга территорий, представляющих научный интерес.

В настоящее время на территории Самарской области существует 214 ООПТ, 211 из них – памятники природы регионального значения [10]. При этом памятники природы не всегда сохраняют свои первоначальные черты, так как антропогенная нагрузка на них нарастает, что сказывается на ландшафтном, ценотическом и видовом разнообразии.

Мониторинг флористического разнообразия и выявление структуры редких и типичных для сообществ видов растений способствует пониманию сукцессионных процессов растительного покрова, выявлению адаптационных механизмов организмов и макросистем, определению устойчивости и лабильности популяций и сообществ, особенно в меняющихся экологических условиях среды и росте антропогенного пресса. Данные мониторинга используются при составлении очерков Красной книги Самарской области [9].

Трансформация экосистем проявляется в различных изменениях, зачастую незаметна при флористических и ценотических исследованиях. Однако структура и динамика популяций растений может на более ранних этапах трансформации сигнализировать о начавшихся процессах.

Научная группа студентов и сотрудников под руководством к.б.н., доцента В.Н. Ильиной ведет планомерные исследования структуры популяций растений Самарской и сопредельных областей в различных условиях – оптимальных и стрессовых, учитывая вид антропогенной нагрузки и ее степень [2-8]. Это позволяет оценить состояние вида в природных условиях и состояние всего природно-территориального комплекса. Причем специалист в данной области, хорошо знакомый с методикой работ, может использовать популяционно-онтогенетические методы исследований при экологической экспертизе объектов в качестве экспресс-методов.

Авторами изучалась структура популяций редких видов растений на ООПТ «Каменный дол» и «Чубовская степь». Выявлена пространственная, онтогенетическая и жизненная структура произрастающих видов флоры.

На ООПТ «Каменный дол» (Кинельский район, Самарская область) исследования проводились с 2022 по 2025 гг. Территория памятника природы имеет лесостепной характер, уникальность ему придает высокое видовое и ценотическое разнообразие, в связи с чем уже более 60 лет назад данный участок назывался местными ботаниками «Золотым дном». Основными видами антропогенного воздействия в середине и конце 20 столетия здесь был выпас крупного рогатого скота, который снизился на рубеже 20 и 21 веков. Однако после этого лимитировали развитие растительного покрова пожары и рекреационное использование, рост доли пашни начался уже в последние годы, что обусловило рост загрязнения органическими удобрениями прилегающих к полям территорий. В настоящее время зрелыми (по критерию «дельта-омега» [1]) являются популяции копеечника крупноцветкового, оносмы простейшей и адониса волжского. Популяции астрагала Цингера, терескена серого, астры альпийской, скабиозы исетской, ириса низкого, копеечника Разумовского, истода сибирского перешли в стареющие. Численность особей этих видов постепенно снижается.

На ООПТ «Чубовская степь» (Кинельский район, Самарская область) исследования проводились с 2021 по 2025 гг. Территория памятника природы имеет в значительной степени степной характер, уникальность ему придает высокая доля каменистых степей на оголенных склонах коренного берега реки Падовки с выходом глин татарского яруса пермской системы. Основными видами антропогенного воздействия в середине и конце 20 столетия здесь был выпас крупного рогатого скота, который также снизился на рубеже 20 и 21 веков, и рекреационная нагрузка, так как часть территории располагается в непосредственной близости от с. Чубовка, где располагался дачный массив, а часть памятника природы неоднократно подвергалась распашке.



Рис. 1. ООПТ «Каменный овраг»

Однако в последние десятилетия на участках памятника природы лимитирующими развитие растительного покрова факторами стали пожары. В настоящее время зрелыми (по критерию «дельта-омега») на данной территории являются популяции астры альпийской, скабиозы исетской, копеечника Разумовского, копеечника крупноцветкового, бурачка ленского и адониса волжского. Популяции астрагала Цингера, терескена серого, ириса низкого, истода сибирского, оносмы простейшей теперь относятся к стареющему типу. Численность особей этих видов постепенно снижается.



Рис. 2. ООПТ «Чубовская степь»

Таким образом, изучение структуры популяций свидетельствует об удовлетворительном состоянии памятников природы регионального значения «Чубовская степь» и «Каменный дол». Однако изменения в структуре популяций редких видов растений на территории Каменного дола говорит о необходимости более четкой регламентации нагрузки на растительный покров.

Литература

1. Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. – 2001. – № 1. – С. 3-7.

2. Ильина В.Н. Эколого-биологические особенности некоторых редких видов растений степной флоры при выпасе и палах // Ботанический вестник Северного Кавказа. – 2017. – № 2. – С. 12-22.

3. Ильина В.Н. Эталонные природные комплексы Самарского Заволжья: к вопросу сохранения фиторазнообразия степей региона // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – Вып. 67. – С. 93-99.

4. Ильина В.Н. Влияние пасквальной и пирогенной нагрузок на структуру популяций копеечников в бассейне Средней Волги // Проблемы изучения и сохранения растительного мира Евразии. Материалы Всеросс. науч. конф. с международ. участием, посв. памяти выдающегося ученого Л.В. Бардунова (Иркутск, 15-19 сент. 2010 г.). – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2010. – С. 488-490.

5. Ильина В.Н. Пирогенное воздействие на растительный покров // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2011. – Т. 20. – № 2. С. 4-30.

6. Ильина В.Н. Изменения структуры и численности ценопопуляций Polygala sibirica L. при пасквальной нагрузке (Самарская область) // Научно-практическая онлайн-конференция с международным участием «Фармацевтическая ботаника: современность и перспективы», посвященная 50-летию фармацевтического образования СамГМУ (Самара, 25 сентября 2021 г.): Сборник научных трудов. – Самара: ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, 2021. – С. 5-9.

7. Ильина В.Н., Атанова К.Ю. Особенности онтогенетической структуры астры альпийской под воздействием выпаса // Географические исследования в контексте социально-экономического развития регионов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвящённой 75-летию кандидата географических наук, доцента, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации А. Л. Устаева. – Грозный, 2022. – С. 322-325.

8. Ильина В.Н., Козловская О.В. К оценке состояния лесов Среднего Поволжья в условиях пирогенной нагрузки // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: мат-лы IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Улан-Удэ, 15–18 июня 2021 г.): электронный вариант. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2021. – С. 183-185.

9. Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений и грибов / Под ред. С.А. Сенатора и С.В. Саксонова. – Самара, 2017. – 284 с.

10. Особо охраняемые природные территории регионального значения Самарской области: материалы государственного кадастра, издание второе. – Самара: ООО «Лаборатория Экотон», 2018. – 377 с.

УДК 911.52

ПАСЕЧНЫЕ ЛАНДШАФТЫ ООО ИМЕНИ ТЕЛЬМАНА СЕЛА АНОШКИНО ЛИСКИНСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Кочемасов К. В., Жигулина Е. В.

E-mail: kochemasovkonstantin@yandex.ru
Научный руководитель: к.г.н. Жигулина Евгения Викторовна
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия

В работе рассматриваются пасечные ландшафты, расположенные на территории сельскохозяйственного предприятия ООО Имени Тельмана в селе Аношкино Лискинского района Воронежской области с точки зрения образования новых антропогенных комплексов – пасечных ландшафтов. В ходе исследований подтверждено, что пасеки оказывают как положительное, так и отрицательное влияние на развитие различных природных комплексов. Получены данные по изменению отдельных компонентов ландшафта в структуре пасечных ферм.

Ключевые слова: пасечный ландшафт, пасека, агроландшафт, антропогенный ландшафт, Воронежская область

Пасеками принято называть группу пчелиных семей в ульях с необходимыми постройками и принадлежностями на определенном участке территории [1].

Мы придерживаемся мнения, что пасеки необходимо отнести к антропогенным ландшафтам, так как Ф.Н. Мильков под антропогенными ландшафтами понимает все те комплексы, в которых изменению под влиянием деятельности человека подвергается любой из его компонентов природы [4]. Это определение дает нам право пасечные ландшафты относить к антропогенным и к отдельному типу агроландшафтов.

Пасечный ландшафт – это отдельный тип агроландшафтов, к которому относятся участки ульев с зоной опыления от 3 до 9 километров и инженерными сооружениями для содержания пасечных хозяйств.

В настоящее время пасечные ландшафты интенсивно развиваются и особенно широко внедряется в отдельные сельскохозяйственные предприятия. Данные исследования проводили С.А. Розов и В.Г. Кашковский, в которых подробно доказываются тенденции к повышению плодородности различных сельхозкультур за счет естественного оплодотворения растений-энтомофилов пчеловодческими хозяйствами, дикими пчелами, шмелями журчалками и другими насекомыми на фоне искусственного опыления, а, следовательно, улучшению пасечных ландшафты [2, 5].

Пасечные ландшафты напрямую зависят от наличия цветущих культур. В настоящее время актуальна проблема опыления энтомофильных культур, которая обострилась после массовой распашки степных территорий и применение пестицидов. Многие сельскохозяйственные районы Центрального Черноземья обеспечены опыление только на 5-20 %. Особенно это прослеживается на крупных полях, центр поля которого пчелам посещать крайне трудно, для этого размещают вторую пасеку ко второй стороне поля, осуществляя встречное опыление.

Для успешного опыления сельскохозяйственных культур рекомендуются следующие размеры пасечных ферм, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Рекомендуемое количество пчелосемей для отдельных сельскохозяйственных культур [3]

Тип сельскохозяйственной культуры	Рекомендуемое количество пчелосемей на 1 га
Подсолнечник	1
Гречиха	1-1,5
Рапс	1-2
Горчица	1-2
Кориандр	2-3
Бахчевые	0,5
Люцерна без полива	1-2
Люцерна поливная	4-6
Эспарцет	3-4
Клевер	2,5-5

Наиболее широко распространенными породами пчелы в Центральном Черноземье являются пчела среднерусская, пчела карпатская, пчела краинская, бакфаст, пчела европейская. В европейской части России доминирует классическое пчеловодство, а на Урале и Зауралье напротив лучше развито бортничество.

В таблице, составленной министерством сельского хозяйства Российской Федерации о ситуации в подотрасли пчеловодства по состоянию на 15.05.2023 г. особенно важно отметить количество пчеловодов по федеральным округам России; лидирующие позиции занимают Приволжский федеральный округ (41,5 %), Центральный федеральный округ (24 %), Сибирский федеральный округ (14 %); здесь нельзя не отметить различиях в количественных показателях пчелосемей, так как министерство сельского хозяйства РФ пользовался данными региональных реестров, а росстат – данными прошедшей переписи населения в 2021 году, отсюда делаем вывод о том, что еще почти 24 % пчелосемей приходятся на пасечников-любителей, которые точно также как и другие пасечники оказывают и положительное и отрицательное влияние на прилежащие к ульям территории (таблица 2).

Таблица 2

Ситуация в подотрасли пчеловодства на 15.05.2023 [6]

Федераль-ный округ	Кол-во пчеловодов, внесенных в региональные реестры (все категории хоз-в), ед.	Кол-во пчелосемей, внесенных в региональные реестры, тыс. пччелосемей	По данным Росстата за 2021 г. (тыс. пчело-семей)	% от Рос-стата	Кол-во лабораторий по определению действующего вещества пестиидов в подморе пчел, пчелопродукции и зеленой массе растений
ЦФО	25 499	427,7	517,3	82,7	10
СЗФО	5 627	69,4	87,2	79,6	5
ЮФО	6 715	227	420,9	53,9	5
СКФО	3 239	104,5	201,5	51,9	5
ПФО	44 188	856,5	967	88,6	10
СФО	14 499	314,3	355,6	88,4	8
ДФО	3 858	92,5	180,4	70,9	7
Всего	106 501	2 130,1	2 790	76,3	54

Для того, чтобы оценить антропогенную нагрузку, которую пасечные ландшафты оказывают на прилегающие территории необходимо обратиться, собственно, к их организации.

Наиболее удобным для частных пасечных хозяйств является выезд в радиусе 25 км от их местоположения в несезонное время. На карта-схеме представлен наиболее благоприятный сектор для выезда в сезонное время для жителя-пасечника селитебной зоны села Аношкино (рисунок 1).

В сезонное время пасечники ответственно подходят к выбору подходящего места для размещения пасеки.

Основным документом, определяющим конкретные правила к размещению пасеки и отдельных ульев в ней, являются Ветеринарные правила содержания медоносных пчел в целях воспроизводства, реализации, разведения и использования для опыления энтомофильных растений и получения продукции пчеловодства, принятые Министерством сельского хозяйства 23 сентября 2021 года. Необходимо размещать пасечные хозяйства на расстоянии не менее 100 метров от воскоперерабатывающих предприятий; предприятий по производству химической и кондитерской продукции; аэродромов и военных полигонов; границ полосы отвода железных дорог; линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше; медицинский учреждений; организаций культуры и организаций осуществляющих образовательную деятельность; детских организаций (отдыха и оздоровления, социальных служб и социальной реабилитации). Это связано не только с высокой степенью вредоносности предприятий, но и высоким источником шума, который отрицательно сказывается на жизнедеятельности пчелы.

Расстояние между соседними пасеки должно быть не менее 3 метров с направлением летков в противоположную сторону от них. Второй вариант – отделить соседние пасеки забором высотой от 2 метров.

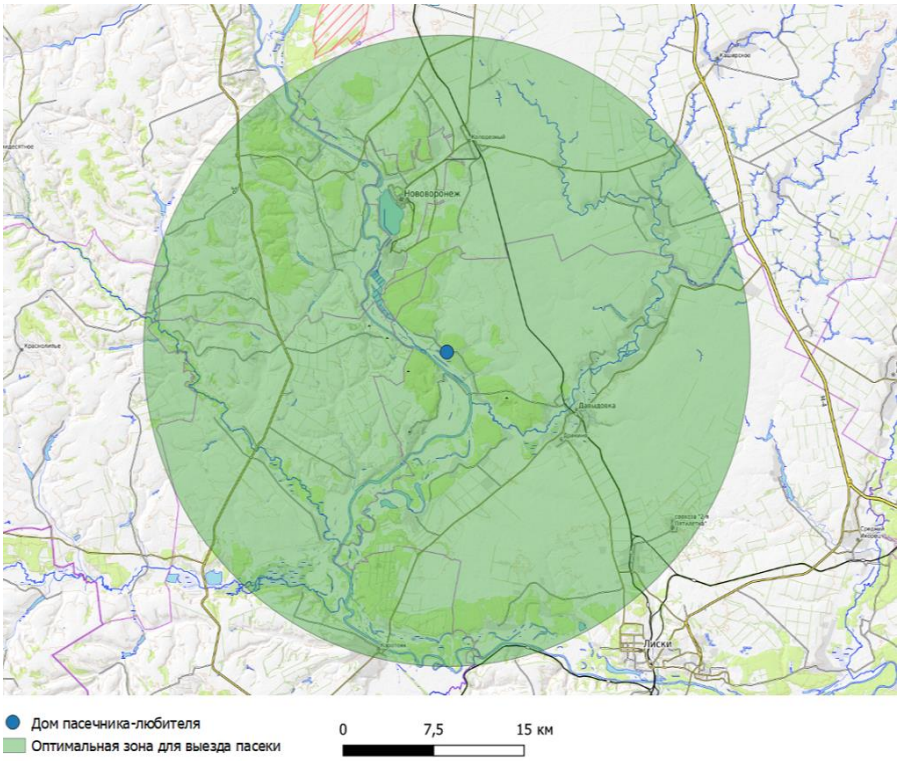


Рис. 1. Карта-схема оптимальной зоны для выезда пасеки в сезонное время (составлена авторами на основе собственных полевых исследований)

По площади участок должен быть большой, чтобы расстояние между отдельными ульями было 2 метра, кроме того, место займут инженерные сооружения для временного пребывая в сезонный период и сооружения (чаще палатки), в которых осуществляется откачка меда.

С пасечным ландшафтом необходимо располагать вблизи зеленых насаждений (лесных массивов и лесополос) для защиты от господствующих ветров, в то же время уже полет пчелы должен осуществляться по направлению ветра, все место нахождение пасеки должно быть продуваемо; водоемов и водотоков (особенно часто прудов и каналов) для обеспечения водопоя пчел, если на расстоянии 500 м их нет – необходима организация искусственных поилок. Также обязательным условием является наличие цветущих культур в пределах 3 км (в отдельных случаях до 9 км), так как именно это значение является диапазоном лёта пчелы (рисунок 2).

Основными цветущими культурами Центрального Черноземья можно назвать подсолнечник, эспарцет, гречиху, кориандр и некоторые другие.

Оптимальными климатическими показателями для функционирования пасечных ландшафтов является показатель

относительной влажности воздуха в диапазоне от 50 до 60 %, излишняя влажность может закончиться гнием ульев и переизбытком влаги в нектаре; значение температур, располагающих к раннему вылету пчелы в сезонное время – 20-35 °С. В несезонное время ульи необходимо утеплять для поддержания в них температуры от 0 до 6 °С.

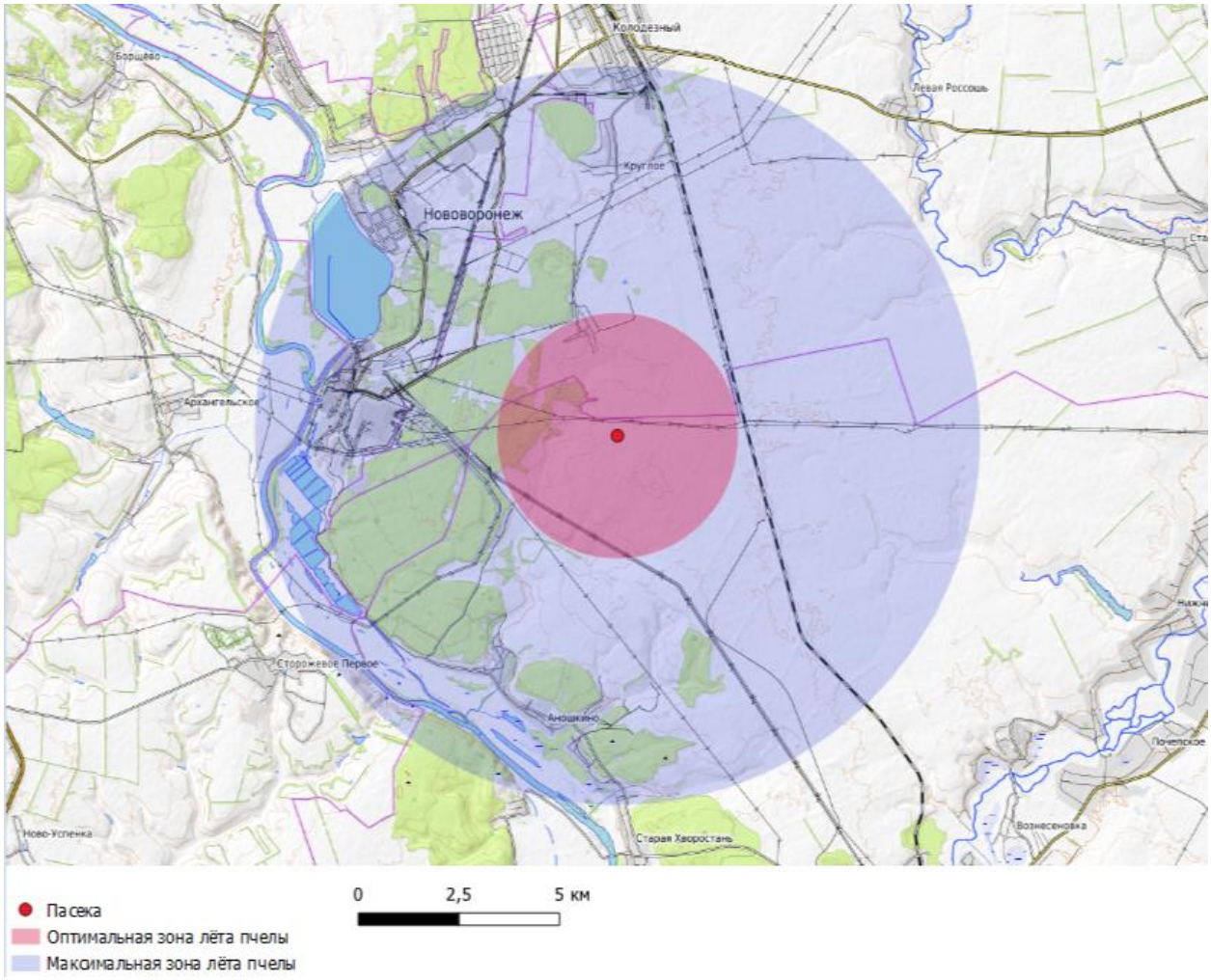


Рис. 2. Карта-схема зона воздействия пчелиной фермы на близлежащие территории (составлена авторами на основе [1])

Многие опытные пасечники обращают особое внимание на рельеф территории: выбирают для выезда холмистую территорию, либо с откосом. Это связано с необходимостью создания естественной дренажной системы, препятствующей после выпадения осадков их скоплению, что, следовательно, поможет избежать проблем с увеличением влаги и заболеваний пчел.

Наиболее подходящей почвой можно назвать песчаную и суглинистую, так как именно эти типы почвы будут способствовать

предотвращению застоя воды в дни с обильными осадки и, следовательно, затоплению отдельных ульев.

Самым главным условием является размещение ульев. Их необходимо размещать на восточной стороне лесополосы в такой ориентации, чтобы при восходе солнца вход в улей смотрел прямо на него.

Нами установлено, что антропогенному воздействию подвергаются не только природные ландшафты, но и антропогенные, например, лесополосы.

Так, происходит постепенное уплотнение почвы и накатывание дороги по подъезду и выезду с пасеки. Размеры частичного выкашивания и вырубания прямо зависят от размеров пасечного хозяйства. Если оно включает в себя до 400 ульев, то будет достаточно одного участка, если же оно превышает эту цифру необходимо производить дробление на 2 подпасеки, на которых происходят процессы преобразования территории (частичное вырубание лесных культур и подростка опушки, выкашивание травянистой растительности). Изменяется микроклимат, возможно повышение температуры до 1-3 °С. Кроме того, через год после съезда пасеки развивается мелкий подрост. В ходе севооборота хозяйства местонахождение пасеки может меняться и весь процесс подготовки территории повторяется.

В результате нашего исследования можно говорить о том, что пчелы – компонент ландшафта, оказывающий неотъемлемую роль в опылении растений. Они выполняют экологическую функцию связи между пасекой, с одной стороны, и лесами, лесополосами, садами, лугами и полями, с другой. С одной стороны, можно говорить о пользе пасечных ландшафтов для достижения высоких урожаев в пределах сельхозугодий, с другой стороны, это негативно сказывается на состоянии лесных полос и ее отдельных компонентов.

Литература

1. ГОСТ 25629-2014 «Пчеловодство. Термины и определения»

2. Кашковский В. Г. Советы пчеловодам / В. Г. Кашковский. – Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 1991. – 111 с.

3. Кораблев И. И. Пчеловодство / И. И. Кораблев, И. А. Бабич, С. А. Розов. – Киев: государственное издательство сельскохозяйственной литературы Украинской ССР, 1954. – 581 с.

4. Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты / Ф. Н. Мильков. – Москва: Мысль, 1973. – 223 с.

5. Розов С. А. Пчеловодство / С. А. Розов, А. Ф. Губин, П. М. Комаров [и др.]. – 2-е изд., перераб. – Москва: Сельхозгиз, 1948. – 616 с.

6. Министерство сельского ххозяйства. Режим доступа: https://mcx.gov.ru/

УДК: 330.15:332.13

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИМПЕРАТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО МАКРОРЕГИОНА

Медяник Н.В.

E-mail: natalya-medyanik@yandex.ru
Северо-Кавказский институт-филиал РАНХиГС, г. Пятигорск, Россия

Обоснован экосистемно-ассоциированная концепции устойчивого развития Северо-Кавказского макрорегиона в качестве квазиэкосистемы и синергии региональных хозяйств в формате ассоциированного природопользования между государством, бизнесом и домохозяйствами. Предложен комплекс прикладных организационно-инфраструктурных решений, связанный с межхозяйственной кооперацией в пастбищном, мелиорационном хозяйстве, малыми ассоциированными природохозяйственными бизнес-форматами и этническими практиками, меж- и муниципально-частным партнерством в сфере обращения с отходами и туризме, межрегиональными рециклинговыми, «зелеными» кластерами, экосервисными зонами, приграничным и научно-техническим сотрудничеством.

Ключевые слова: природопользование, экосистемные блага, устойчивое развитие, Северо-Кавказский макрорегион.

Качественные и количественные параметры устойчивого развития Северо-Кавказского макрорегиона (в составе субъектов СКФО, а именно Ставропольского края, Республик Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкессия, Северная Осетия-Алания, Чеченская – прим. автора) в пространстве и во времени детерминированы эмерджентным влиянием множества социально-экономических, организационно-институциональных, культурно-исторических, экологических факторов.

Последние, с одной стороны, транслируют специфику устойчивого развития макрорегиона, связанную с наличием разнообразных природно-ресурсных условий и факторов, исторически определивших отраслевую структуру и территориальную организацию хозяйства, демонстрируя и ныне традиционно высокую от них зависимость, позволяя и впредь субъектам СКФО капитализировать сравнительные экосистемные преимущества; высокой природоемкостью экономики наряду с ресурсными и экологическими ограничениями, стимулирующими ресурсосберегающие, средозащитные, природовоспроизводящие экологические инновации; рекреационной и сельскохозяйственной специализацией, полагающей высокое качество и репродукцию природной среды; трансграничным положением макрорегиона и необходимостью приграничного/межрегионального экологического сотрудничества; уникальным биологическим разнообразием, обязывающим к сохранению и служащим важным фактором устойчивости экологических систем к антропогенным возмущениям; высокой пространственно-временной сопряженностью естественных процессов, протекающих в границах единой экосистемы Северо-Кавказского макрорегиона, определяя межрегиональный

(в том числе с субъектами ЮФО) характер и пути решения экологических проблем; положительными экстерналиями от экосистемных услуг (прежде всего, средообразующих, генетических), распространяющимися за пределы макрорегиона; существенной национальной компонентой в природохозяйственных практиках в республиках СКФО [1, С.6-31].

С другой стороны, экологические факторы порождают множество противоречий, разрешение которых определяет направленность управленческих и хозяйственных решений в обеспечении устойчивого развития Северо-Кавказского макрорегиона. Среди них: высокая фрагментарность природохозяйственного пространства и необходимость сопряжения хозяйственных практик в рамках общности экологических систем, структурно-функциональная целостность которых обеспечивается естественными процессами, распространяющимися за пределы субъектов СКФО, имея, как правило, биомную локализацию; разнообразие и уникальность природно-ресурсного потенциала, создающие предпосылки для диверсификации экономики макрорегиона, и, напротив, сложная орография местности, ограниченность и качественная неоднородность сельхозугодий, низкая лесистость и вододефицитность ряда территорий, скудность и выработанность минерально-сырьевой базы, лимитирующие развитие субъектов СКФО; полиморфизм экологических проблем, этнокультурных и институциональных практик в субъектах СКФО и исторически сложившаяся комплементарность региональных хозяйств агро-индустриального типа, общность эколого-ресурсных факторов и условий, сопряженность потребностей в инновационно-восстановительном росте ряда традиционных отраслей горно-металлургического, агропромышленного, туристско-рекреационного комплексов [1, С. 6-31].

С учетом отмеченных обстоятельств экологические императивы устойчивого развития Северо-Кавказского макрорегиона предполагают хозяйственный оборот экосистемных благ в рамках структурно-функциональной целостности сопряженных естественными процессами экологических систем, обеспечиваемой естественными механизмами саморегуляции, самоподдержки, контроля и балансировки.

В подобном качестве макрорегион, с одной стороны, являет квазиэкосистему, или совокупность территориально локализованных и сопряженных естественными процессами природных систем с уникальным набором экосистемных благ, с другой –, мезоуровневый пространственно-временной конгломерат региональных экономик, традиционно зависимых и обеспечивающих оборот многообразия потребительных ценностей экосистемных благ, позволяя мобилизовать эндогенные факторы экономического роста и саморазвития, экосистемную конкурентоспособность и капитализировать мультиполезную стоимость субъектов СКФО [3, с. 12].

В целом устойчивое развитие Северо-Кавказского макрорегиона с учетом экологических детерминант обусловливает Парето-сопряжение в пространстве (сопредельных региональных образований) и во времени (с учетом интересов

будущих поколений) императивов экономических (ЭЭ), связанных с эффективным хозяйственным оборотом экосистемных благ в режиме простого и расширенного воспроизводства, социальных (СБ), направленных на улучшение жизнеобеспечивающей местное сообщество среды, и экологических (ЭБ), предполагающих поддержание структурной и функциональной целостности экологических систем.

Подобная Парето-функциональная модель устойчивого развития Северо-Кавказского макрорегиона имеет следующий вид [3, с. 13]:

$$УР = f(ЭЭ, СБ, ЭБ), где \frac{\partial ЭЭ}{\partial t}; \frac{\partial СБ}{\partial t}; \frac{\partial ЭБ}{\partial t} \geq 0$$

В прикладном аспекте экологические императивы устойчивого развития макрорегиона полагают экосистемно-ассоциированный формат природопользования, как непротиворечивое партнерство государства, бизнеса и домохозяйств по поводу совместного управления, присвоения, использования, охраны и воспроизводства экосистемных благ (в том числе производство вкупе с традиционными благами экосистемных услуг – прим. автора), институционально интегрированное, встроенное в экологические системы и обеспечивающее их структурно-функциональную целостность.

Экосистемно-ассоциированный формат природопользования являет, с одной стороны, кооперативно-партнерскую модель отношений между государством, бизнесом и домохозяйствами на основе концепции New Public Management, менеджериалистского подхода, теорий социальной ответственности бизнеса, стейкхолдер-менеджмента, экологически ответственного корпоративного гражданства и «экономики участия», с другой -, консенсусную публично-приватную модель присвоения экосистемных благ, основанную на общей собственности на природные ресурсы и экологические блага как элементы экологических систем и совместном присвоении их жизнеобеспечивающих, средообразующих услуг, наконец, релевантный рыночной экономике механизм, консолидирующий в границах экологических систем разрозненные хозяйственные практики, имеющие частнособственническую природу присвоения экосистемных благ как экономических ресурсов/факторов производства, предпринимательский тип хозяйствования, институты возмездности и рыночного обмена [3, с. 14, 16, 20].

В практике управления и хозяйствования могут быть востребованы разнообразные кооперативные, сетевые форматы в рамках Северо-Кавказского экологического партнерства, в частности интегрированное экологическое управление, координация усилий властных структур; межхозяйственная кооперация в организации пастбищного, мелиорационного хозяйства; кооперативные природохозяйственные практики в традиционных сообществах и партнерство с корпоративными структурами; межрегиональные/ трансграничные рынки экосистемных услуг, межмуниципальное и муниципально-частное партнерство в сфере обращения с отходами, туризме, например, межмуниципальный туристический кластер «Горный Дагестан»;

приграничное сотрудничество, например, в рамках мегапроекта «Кавказская экологическая инициатива»; кластерные форматы зеленых технологий, например, в РСО-Алания и Ставропольском крае альтернативной энергетики, в КБР и КЧР устойчивого пастбищного хозяйства, комплексной горной металлургии, кластеры экосистемных сервисов, или экосервисные зоны, например, в пространстве Южного зеленого кольца России; отходоперерабатывающие (рециклинговые) промышленные кластеры; коллективное со-финансирование из фонда поддержки межрегиональных экологических инициатив и инноваций; законодательные новации с учетом специфики степных, горных, прибрежных биомов; единое информационное обеспечение и экологический мониторинг (северо-кавказская модель по типу Eionet (Европейская сеть экологической информации и наблюдения); Северо-Кавказская эко-технологическая платформа, абсорбирующая востребованные «зеленые» технологии и эко-инновации, пр. [2, с. 35-82].

Таким образом, устойчивое развитие Северо-Кавказского макрорегиона с учетом экологических детерминант обусловливает Парето-сопряжение в пространстве и во времени императивов экономических, связанных с эффективным хозяйственным оборотом экосистемных благ в режиме простого и расширенного воспроизводства, социальных, направленных на улучшение жизнеобеспечивающей местное сообщество среды, и экологических, предполагающих поддержание структурной и функциональной целостности экологических систем и обеспечиваемый экосистемно-ассоциированной моделью природопользования. Последняя конституирует макрорегион в качестве квазиэкосистемы и синергии региональных хозяйств в формате ассоциированного природопользования между государством, бизнесом и домохозяйствами, полагающего комплекс прикладных организационно-инфраструктурных мер, связанный с межхозяйственной кооперацией в пастбищном, мелиорационном хозяйстве, малыми ассоциированными природохозяйственными бизнес-форматами и этническими практиками, меж- и муниципально-частным партнерством в сфере обращения с отходами и туризме, межрегиональными рециклинговыми, «зелеными» кластерами, экосервисными зонами, приграничным и научно-техническим эко-сотрудничеством.

Литература

1. Днепров М.Ю., Медяник Н.В., Михайлюк О.В. Северный Кавказ: природохозяйственная специфика, экологическая безопасность, транспортная инфраструктура: монография (научная монография). − Санкт-Петербург: Издательство Инфо-да, 2023. − 116 с.

2. Днепров М.Ю., Медяник Н.В., Михайлюк О.В., Шевченко И.В. Устойчивое развитие Северного Кавказа: экономико-управленческие и экологические аспекты: монография (научная монография). − Пятигорск: ПГУ, 2024. – 162 с.

3. Медяник Н.В. Управление экологизацией развития природохозяйственной системы: императивы, концепция, инструменты, модели, оценки: автореферат дис. ... доктора экономических наук: 08.00.05 / Медяник Наталья Витальевна; [Место защиты: Санкт-Петербургский государственный экономический университет]. − Санкт-Петербург, 2020. − 35 с.

УДК 504

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Мырадов П.С.

E-mail: pvm87818@gmail.com
Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан

В статье рассматриваются теоретические основы и практическое значение экологического мониторинга как системы наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды. Особое внимание уделяется современным технологиям сбора и обработки данных, а также перспективам развития интегрированных систем мониторинга в условиях глобальных экологических вызовов.

Ключевые слова: оценка, технология, сбор, вызовы, развития, системы

Введение. Современное общество сталкивается с комплексом экологических проблем, связанных с техногенной нагрузкой, изменением климата, деградацией экосистем и истощением природных ресурсов. В этой связи экологический мониторинг становится важнейшим инструментом обеспечения экологической безопасности, рационального природопользования и устойчивого развития.

Экологический мониторинг – это комплексная система наблюдения, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды. Это не просто сбор данных, а целостный подход, который позволяет оценить, как деятельность человека влияет на природу, и своевременно принимать меры для предотвращения негативных последствий.

Современные подходы в экологическом мониторинге

Современный экологический мониторинг значительно отличается от традиционных методов. Он стал более технологичным, точным и всеохватывающим. Ключевые современные подходы включают:

– Дистанционное зондирование. Использование спутников, беспилотных летательных аппаратов (дронов) и аэрофотосъемки позволяет получать оперативные и масштабные данные о состоянии лесов, водных ресурсов, загрязнении воздуха и почвы на обширных территориях. Это помогает выявлять очаги загрязнения, следить за динамикой изменений и оценивать последствия природных катастроф.

– Сенсорные сети. Установка автоматических датчиков для измерения качества воздуха, воды и почвы в режиме реального времени. Эти сети передают данные непрерывно, что позволяет

мгновенно реагировать на любые аномалии или выбросы загрязняющих веществ.

– Геоинформационные системы (ГИС). ГИС-технологии позволяют визуализировать, анализировать и моделировать экологические данные. Они объединяют информацию, полученную из разных источников (спутники, датчики, наземные наблюдения), создавая комплексные карты, на которых можно увидеть взаимосвязь между различными факторами и источниками загрязнения.

– Использование Big Data и машинного обучения. Большие объемы данных, собранные из различных источников, анализируются с помощью алгоритмов машинного обучения. Это позволяет выявлять скрытые закономерности, прогнозировать развитие экологических ситуаций и создавать более точные модели.

Перспективы развития

Будущее экологического мониторинга тесно связано с дальнейшей интеграцией технологий и углублением анализа данных. Ключевые направления развития включают:

– Интеграция с интернетом вещей (IoT). Дальнейшее развитие сетей датчиков, объединенных в единую экосистему, позволит создать "умную" среду, где данные о состоянии природы будут доступны в режиме реального времени для всех заинтересованных сторон.

– Биоиндикация. Использование живых организмов (растений, лишайников, микроорганизмов) в качестве "живых датчиков" для оценки состояния окружающей среды. Это более чувствительный и естественный способ выявления даже незначительных изменений в экосистеме.

– Развитие прогнозного моделирования. Благодаря искусственному интеллекту и мощным вычислительным системам, экологический мониторинг сможет перейти от простого наблюдения к точному прогнозированию экологических рисков и разработке сценариев их предотвращения.

В конечном итоге, экологический мониторинг – это не только научный инструмент, но и ключевой элемент устойчивого развития. Он предоставляет научную основу для принятия решений, направленных на сохранение нашей планеты для будущих поколений.

Понятие и задачи экологического мониторинга

Экологический мониторинг – это система регулярных наблюдений за состоянием окружающей среды, направленных на выявление изменений, их оценку и прогнозирование последствий. Основные задачи мониторинга включают:

– сбор и систематизацию данных о состоянии атмосферного воздуха, почвы, водных объектов и биоты;

– выявление источников и масштабов антропогенного воздействия;

– оценку уровня загрязнения и его последствий для здоровья человека и экосистем;

– прогнозирование изменений и разработку мер по предотвращению негативных процессов.

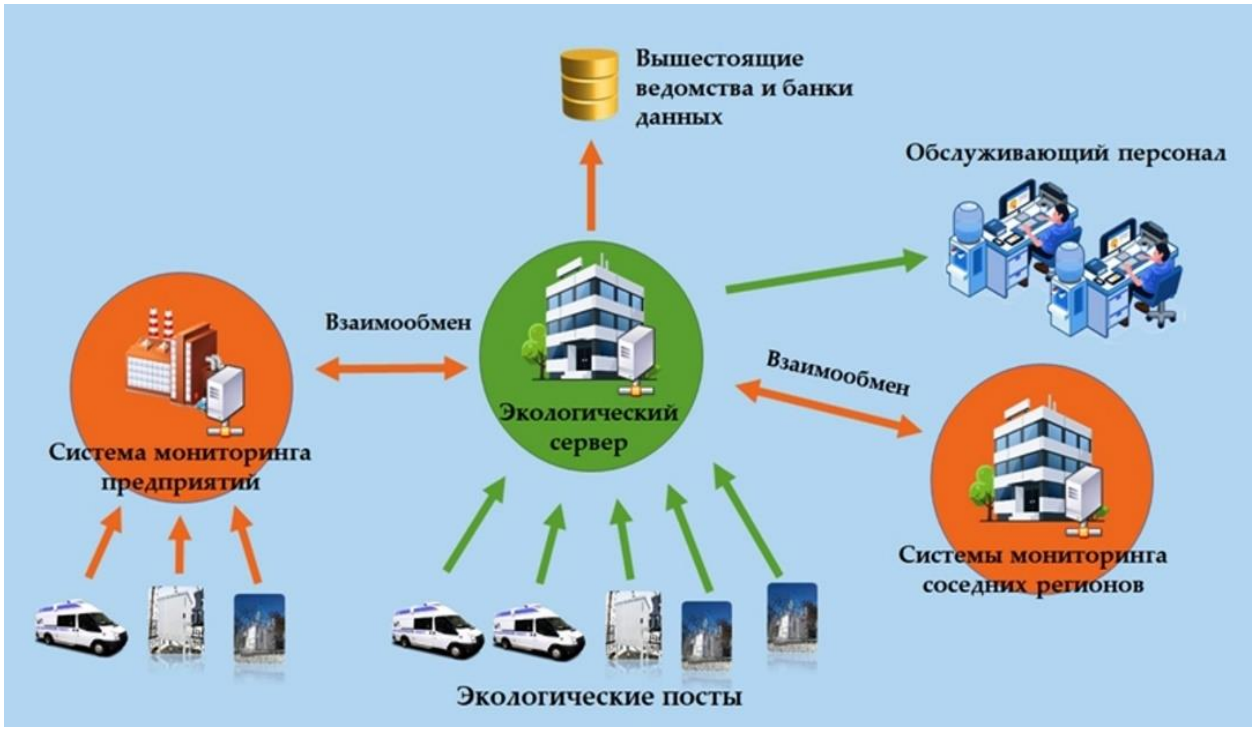


Рис. 1. Экологический сервер

Виды экологического мониторинга

Выделяют несколько уровней и типов мониторинга:

1. Глобальный мониторинг – отслеживание процессов, влияющих на биосферу в целом (изменение климата, разрушение озонового слоя).

2. Региональный мониторинг – наблюдения за состоянием среды в пределах отдельных территорий, подвергающихся интенсивной нагрузке.

3. Локальный мониторинг – контроль состояния экосистем вблизи промышленных объектов и населённых пунктов.

4. Биоиндикационный мониторинг – оценка состояния экосистем по изменению видового состава живых организмов.

5. Геоинформационный мониторинг – использование ГИС-технологий, спутниковых снимков и автоматизированных систем обработки данных.

Современные технологии в системе экологического мониторинга.

Развитие цифровых технологий значительно расширяет возможности мониторинга. Среди перспективных направлений можно выделить:

1) применение дистанционного зондирования Земли для глобального контроля за изменениями ландшафтов и атмосферы;

2) использование датчиков IoT (интернета вещей) для непрерывного контроля качества воздуха и воды;

3) внедрение искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа больших массивов данных;

4) создание интегрированных систем экологической информации, обеспечивающих доступность данных для государственных структур, бизнеса и населения.

Проблемы и перспективы развития

Несмотря на очевидные успехи, экологический мониторинг сталкивается с рядом проблем:

– недостаточная координация между различными уровнями наблюдений;

– ограниченность финансирования и устаревшая материально-техническая база;

– низкая степень открытости данных для общества.

Перспективы развития связаны с созданием единой международной системы мониторинга, совершенствованием законодательных основ и вовлечением граждан в процессы общественного экологического контроля.

Заключение. Экологический мониторинг является ключевым инструментом управления окружающей средой и обеспечения экологической безопасности. Его дальнейшее развитие возможно на основе интеграции новых технологий, международного сотрудничества и повышения уровня экологической культуры общества.

Литература

1. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. – М.: Молодая гвардия, 1990. – 351 с.

2. Кокоев В.Т., Бочаров В.А. Экологический мониторинг и прогноз // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskiy-monitoring-i-prognoz

3. UNEP. Global Environment Outlook 6. – Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

4. Ермохин А.В., Иванов Н.И. Современные технологии в дистанционном зондировании окружающей среды // StudNet. – 2023. – №3. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tehnologii-v-distantsionnom-zondirovanii-okruzhayuschey-sredy.

5. World Health Organization. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. – Geneva: WHO Press, 2021.

УДК: 631.6

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГИОНА

Косенко Т.Г.

E-mail: markos59@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», п. Персиановский, Россия

В статье рассматриваются особенности использования земель в Ростовской области. Земли сельскохозяйственного назначения составляют около 88 % территории региона. Из-за нарушения землепользования ухудшается состояние почв и земель области устойчиво снижается содержание гумуса, особенно в восточной и северо-восточной зонах. Формирование систем земледелия предприятий Ростовской области состоит в создании рационального соотношения водного, пищевого, теплового режимов в пределах природно-ландшафтных образований.

Ключевые слова: земельные ресурсы, регион, приемы, характеристика, результат

Территория Ростовской области расположена в зоне недостаточного увлажнения, 80 % из которой относится к засушливым и полузасушливым районам. Агрометеорологические условия не зависят от деятельности человека, корректировать природные факторы можно только через агротехнические мероприятия – обработку почвы, орошение, водную и воздушную мелиорацию.

Важное значение имеет защищенность пашни. Мероприятия по защищенности пашни и природных кормовых угодий посадкой лесозащитных насаждений должны осуществляться по достижению 5-5,5 % облесенности пашни и кормовых угодий. Для этого потребуется дополнительного отвода 65–70 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

На территории АПК кроме сельскохозяйственных и промышленных предприятий размещаются объекты строительства, оросительные системы, предприятия по переработке и хранению сельскохозяйственной продукции, животноводческие комплексы, связь. Для размещения этих объектов необходима точная планово-картографическая основа.

Экологическая характеристика природной среды в планах и картах необходима для рационального природопользования [6, с.45]. Земельные ресурсы страны с разной производительной способностью требует индивидуального подхода к территориальной организации их использования.

Для организации использования земли необходимы точные количественные и качественные сведения о земле, которые получают инженерными измерениями, составлением планово-картографических

материалов, являющихся основой для получения экологических свойств природы. Эти знания позволяют грамотно применять сельскохозяйственные машины, передовую технологию, строить мелиоративные системы, комплексы по защите почв от эрозии.

Плановость сельскохозяйственного производства требует рациональной и эффективной организации территории сельскохозяйственных предприятий, внедрения передовых технологий, повышения культуры технологических процессов, плодородия и охраны земель [2, с. 76].

Реализация этих задач возможно путем отображения на планах и проектах организации использования земель по отдельным участкам и учетом их особенностей.

Производство сельскохозяйственной продукции требует оценки земель для обоснованного планирования, подведения итогов хозяйственной деятельности [5, с. 142].

Получение стабильных урожаев сельскохозяйственных культур может успешно осуществляться на основе оптимизации условий производства и максимального согласования биологических потребностей растений с факторами внешней среды [3, с. 114]. Улучшение водного и питательного режимов с помощью технологических приемов возделывания позволяет получать не только высокие, но и гарантированные урожаи ведущих культур. Урожай во многом зависит от правильно применяемых технологических процессов.

В соответствии с показателями технического состояния мелиоративных систем области неудовлетворительное состояние (свыше 40 %) орошаемых площадей вызвано несвоевременным проведением работ по реконструкции, техническому переоснащению систем, промывке засоленных почв и химическим мелиорациям засоленных земель. Такое положение дел ведет к дальнейшему ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель, снижению их продуктивности.

Земли сельскохозяйственного назначения составляют около 88 % территории региона. Почвенный покров на всей территории области постоянно подвергается антропогенному воздействию. Из-за нарушения землепользования ухудшается состояние почв и земель области устойчиво снижается содержание гумуса, особенно в районах с преобладанием водной эрозии.

Наибольшая доля снижения гумуса отмечена в восточной и северо-восточной зонах (таблица 1). Динамика содержания гумуса в почвах центральной зоны стабильна. Заметен рост содержания гумуса в почвах приазовской и южной зон.

Таблица 1

Динамика содержания гумуса в почвах Ростовской области

Природно-сельскохозяйственные зоны	Среднее содержание гумуса, %, годы		
	2006-2010	2011-2015	2016-2020
Северо-Западная	3,17	3,20	3,25
Северо-Восточная	2,74	2,71	2,72
Центральная	3,03	3,30	3,15
Приазовская	3,77	3,81	4,10
Южная	3,66	3,80	3,85
Восточная	2,35	2,21	2,15
Всего по области	3,12	3,20	3,21

Основной причиной уменьшения содержания гумуса являются эрозионные процессы. Особенно заметно дегумификация проявляется на орошаемых землях, когда снижение гумуса на черноземных почвах доходит до уровня 3,5 %, а на каштановых – до 2,4 %. Существенно влияют на характер распределения влаги предшественники культур в севообороте. Остаточная влага является главным показателем оценки предшественников культур в севообороте в условиях низкой влагообеспеченности.

В целях устойчивого производства сельскохозяйственной продукции на орошаемой пашне, рационального использования земли без ущерба ее плодородия необходимо обеспечить оптимальное сочетание зерновых, кормовых, технических и овощных культур в полях севооборотов [1, с. 173]. Это достигается научно обоснованной структурой посевных площадей, учитывающей главным образом специализацию сельскохозяйственных предприятий, окупаемость и продуктивность культур, почвенно-климатические условия района.

В результате биотической минерализации почвы утратили органическое вещество. Особое значение в этой связи имеет внесение органических удобрений, заделка послеуборочных остатков, расширение посевов многолетних трав. Основным органическим удобрением в севооборотах остается навоз. Содержащиеся в навозе элементы питания растений по мере разложения органического вещества постепенно освобождаются. Наиболее интенсивная минерализация происходит в теплое время при достаточной влагообеспеченности.

Одним из источников пополнения органического вещества почвы являются сидераты [4, с. 7]. Наиболее высокий показатель накопления органики за счет корневых остатков и надземной массы имеет донник белый и эспарцет. Эффективность зеленого удобрения зависит от сроков и глубины запашки его в почву. В условиях проявления водной и ветровой эрозии сидераты являются важным почвозащитным фактором,

сдерживающим дефляционные процессы. Устойчивость культур и агрофонов к эрозионным процессам существенно различается (таблица 2).

Злаковые многолетние травы представлены костром безостым, житняком, пыреем бескорневищным, волоснецом ситниковым. Из этих трав для кормовых целей, а также для предотвращения эрозионных процессов создают двух-четырехкомпонентные травосмеси, в которых набор культур и соотношение бобовых и злаковых компонентов определяется задачами травосеяния и природными условиями.

Таблица 2

Коэффициент эрозионной и дефляционной опасности

Агрофоны	Коэффициент эрозионной опасности	Коэффициент дефляционной опасности
Чистый пар	1	1
Кукуруза на зерно	0,86	0,86
Подсолнечник	0,81	0,86
Яровые зерновые	0,65	0,75
Кукуруза на зеленый корм	0,65	0,75
Однолетние травы	0,6	0,8
Яровые зерновые с подсевом многолетних трав	0,45	0,75
Озимые зерновые	0,35	0,35
Многолетние травы 1-го года пользования	0,1	0,1
Многолетние травы 2-го года пользования	0,05	0,05

Конструирование травяно-пропашных севооборотов для орошаемых условий и поймы Дона определяется, прежде всего, способами использования пашни. Установлено, что на обработку почвы расходуется до 4 % прямых затрат. Повышение интенсивности обработки, многократное прохождение по полю машин и орудий приводит к переуплотнению почвы, ухудшению ее агрофизических свойств. Поэтому заслуживают внимания такие системы обработки почвы, которые до минимума уменьшают ее распыление, снижают энергетические затраты на обработку, уничтожают сорняки и повышают урожайность полевых культур.

Характерной чертой сельскохозяйственного производства на современном этапе является ускоряющийся процесс интенсификации, сопровождающийся проведением широкого комплекса мелиоративных мероприятий, внесением высоких доз удобрений, механизацией [7, с. 7].

Районирование орошаемых земель Ростовской области по степени потенциальной опасности к ирригационной эрозии, как производной от

уклонов, показывает, что на долю эрозионноопасных (более 0,01) приходится 62,3 % территории орошаемых земель и только 37 % представляют незначительную опасность.

Размещение посевов многолетних трав на орошении позволяет расширить ассортимент их и обеспечить стабильное получение высоких урожаев зеленой массы. Широкое распространение получило выращивание клевера лугового, ежи сборной, овсяницы луговой, райграса высокого, тимофеевки луговой. Эти травы в условиях орошения высокоурожайны.

Возможность зарегулировать сток и смыв зависит от площади водосбора, крутизны и длины склона, объема талой и ливневой воды. Способы и глубины обработки почвы в севообороте зависят от культур, входящих в структуру посевов, почвенных и климатических условий.

Благоприятно изменяется и питательный режим растений. В результате создаются лучшие условия для роста и развития растений как на пойменно-луговой почве, так и на солонце, что обеспечивает формирование высокого урожая культуры. Скорость роста зависит от температуры воздуха, содержания влаги и доступного фосфора в почве и состояния фитомассы. Баланс влагозапасов почвы складывается из осадков, поливов, суммарного испарения и обмена с грунтовыми водами.

Литература

1. Денисенко В.В., Бельтюков Л.П., Кувшинова Е.К., Гордеева Ю.В. Влияние технологии возделывания на продуктивность сельскохозяйственных культур в полевом севообороте // Вестник АПК Ставрополья. - 2016.-№1 (21). - С. 172-176.

2. Косенко Т.Г. Оценка качества и конкурентоспособности продукции / Косенко Т.Г., Петров К.И., Буров В.В. // В сборнике: Научные достижения, наработки, предложения за 2014. Сборник научных докладов. Sp. z o.o. "Diamond trading tour". 2014. С. 76-77.

3. Косенко Т.Г. Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур / Т.Г. Косенко // АПК России: образование, наука, производство. сборник статей II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. - Пенза, 2021. - С. 113-116.

4. Кравцова Е. В., Рудакова Л. В. Значение сидератов в технологиях возделывания зерновых культур на юге Ростовской области // Мичуринский агрономический вестник. 2016. № 2. С. 7-12.

5. Остапенко А.П., Фалынсков Е.М. Рентабельный способ активации несимбиотической азотфиксации в биологическом земледелии/ Вестник донского государственного аграрного университета №4 (14). 2014.- С.141-145.

6. Рациональное использование сельскохозяйственных угодий в Ростовской области. Мушихина Н.А., Раджабов Р.Г.В сборнике: Проблемы и перспективы развития экономических систем в исследованиях студентов и молодых ученых Материалы международной научно-практической конференции.пос. Персиановский, 2013. С. 45-47.

7. Эффективность регуляторов роста и минеральных удобрений на пропашных культурах в условиях Ростовской области / А.А. Громаков, В.В. Турчин, Е.М. Нестерова, Д.Н. Нестеров // АгроЭкоИнфо.- 2020.- №3 (41). – С.7.

УДК 631.459.2

ОЦЕНКА РИСКОВ РАЗВИТИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Кузьмин К.А., Панков С.В., Буковский М.Е.

E-mail: ka_kuzmin@mail.ru, psv69tmb@mail.ru, mikezzz@mail.ru
ФГБОУ ВО Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, Россия

В статье рассматривается вопрос оценки рисков развития эрозионных процессов на хорошо освоенных в сельскохозяйственном отношении территориях. Посредством расчёта ряда морфометрических величин получен показатель потенциальной эрозионной опасности рельефа для отдельной административно-территориальной единицы на востоке Тамбовской области – Кирсановского муниципального округа, расположенного в районе умеренно-расчленённых отрогов Приволжской возвышенности. Согласно разработанной интерпретационной шкале, данное муниципальное образование относится к землям со средней степенью потенциальной эрозионной опасности рельефа. Оценку рисков развития эрозии, обусловленных фактором рельефа, следует рассматривать как инструмент территориального планирования и научно-обоснованного управления земельными ресурсами.

Ключевые слова: водная эрозия, оценка рисков эрозии, рельеф, землепользование, Тамбовская область

В числе основных причин деградации агроландшафтов, особое место, в силу своей распространённости и пагубного влияния, занимает водная эрозия, представляющая собой процесс разрушения почвенного покрова и других грунтов ливневыми осадками, текущими водами, и транспортировки продуктов разрушения водными потоками за пределы эродируемой области [6]. В земледельческих районах РФ водная эрозия является весьма распространённым процессом. Эрозионные потери почв увеличиваются от природной зоны степей к зоне таёжно-лесных ландшафтов, что связано с увеличением поверхностного стока и степенью смываемости почв [14]. Согласно проведённым для Европейской части РФ расчётам, в целом среднегодовые эрозионные потери почв здесь превышают аналогичные потери для стран Центральной и Западной Европы, по причине более короткого периода агрокультурного освоения земель, сопровождавшегося экстенсивным расширением пашни, использованием тяжёлой техники и слабым вниманием к природоохранным мерам [13].

В ряде федеральных и региональных научно-образовательных центров сформировались научные школы эрозиоведения, которые на протяжении десятков лет занимаются изучением факторов и механизмов формирования эрозионных процессов, разработкой теоретических основ противоэрозионной организации территории. На уровне отдельных хозяйств выполняются

проекты по внедрению адаптивно-ландшафтных систем земледелия [7]. В Белгородской области задачи учёта факторов эрозионной деградации земель и реализации противоэрозионных мероприятий в рамках концепции адаптивно-ландшафтного земледелия нашли отражение в законодательной базе [9].

Для Тамбовской области данная геоэкологическая проблема в своём прикладном содержании является слабо разработанной. Несмотря на равнинный характер рельефа, экстенсивное вовлечение в оборот обширных лесостепных пространств при низком технологическом уровне земледелия привело к активизации процессов эрозии в агрокультурный период. В XX веке эрозия почв являлась наиболее распространённым процессом деградации пахотных земель области [1]. По расчётам, с конца 1960-х годов ежегодно до 10 км^2 сельскохозяйственных угодий на склонах выбывало из оборота вследствие роста оврагов и промоин [3]. К 1990-м годам площадь эродированных земель могла возрасти до 10,1 % [5]. Генеральная схема противоэрозионных мероприятий области, разработанная в начале 1980-х годов, к концу советской эпохи была реализована на 78 %, но затем забыта [3]. Ряд выборочных исследований выявил, что закладка полезащитных лесных полос в некоторых хозяйствах области была выполнена на 41-82 % по сравнению с научно-обоснованным проектом. В большинстве хозяйств протяженность стокорегулирующих прибалочных насаждений составляет лишь 15-23 % от потребности, а в отдельных хозяйствах закладка таких насаждений вовсе не была произведена [5].

Оценка эрозионной опасности представляет собой попытку количественного выражения её качественных признаков в условных единицах (баллах) [6]. Опыты оценки эрозионной опасности земледельческих районов предпринимаются достаточно давно. Так С.И. Сильвестровым проводилась категоризация землепользований СССР по степени подверженности эрозии на основе «эрозионного коэффициента» [11]. В сравнительно недавних публикациях степень эрозионной опасности выводится из ряда морфометрических величин [4, 8].

В настоящей статье потенциальная эрозионная опасность рельефа определялась на уровне единиц административно-территориального деления самого нижнего звена, каковыми в Тамбовской области выступают территориальные образования муниципальных округов.

Критериями для расчёта потенциальной эрозионной опасности рельефа выступили: средневзвешенное значение эрозионного потенциала рельефа (LS-фактора), доля площади земель крутизной более 7° в общей площади территории, глубина расчленения рельефа и густота флювиальной сети. Данные величины были получены посредством морфометрического анализа цифровой модели рельефа (ЦМР) инструментами ГИС-пакетов SAGA GIS и QGIS. Методика создания ЦМР для территории Тамбовской области описана в статье [2].

Административно-территориальным единицам самого нижнего звена присваивался определённый тип земель. Эрозионная опасность рельефа возрастает с I (неэрозионноопасные) по VI (очень сильно эрозионноопасные) тип земель.

Далее рассматриваются результаты оценки рисков развития эрозионных процессов на примере одного муниципального образования Тамбовской области.

Кирсановский муниципальный округ, занимающий площадь 1308,11 км^2, расположен на востоке Тамбовской области в пределах отрогов Приволжской возвышенности, образующих Волго-Донское междуречье. Согласно геоморфологическому районированию, данная территория относится к Керенско-Чембарскому геоморфологическому району области эрозионно-денудационной Приволжской равнины [10]. Рельеф сформирован комплексами балок с многочисленными склоновыми, береговыми и донными оврагами, и полого-холмистыми водоразделами, поднимающимися до отметок более 210 м над уровнем моря. Узкие междуречья балок имеют выпуклую форму. В силу высокой распаханности с приводораздельных склонов осуществляется поверхностный смыв почвы, особенно в их нижней части. Ложбины на склонах концентрируют сток талых и ливневых вод, направляя его в овражно-балочную сеть.

На территории Кирсановского округа по показателю потенциальной эрозионной опасности рельефа можно выделить мало и средне эрозионноопасные земли (рис. 1).

Мало эрозионноопасные земли (III тип) на территории округа приурочены к Волго-Донскому водоразделу, поймам и террасам левобережья реки Вороны (притока реки Хопёр), и невысоким междуречьям на её правом берегу. Всего к III типу земель отнесены 4 территориальных образования. Для них характерна сравнительно небольшая глубина расчленения и малые средневзвешенные значения LS-фактора, обусловленные преобладанием слабонаклонных поверхностей.

Средне эрозионные земли (IV тип) в числе 4 территориальных образований занимают центральную часть Кирсановского округа и составляют примерно половину его площади. Показатель средней степени эрозионной опасности обусловлен существенными средневзвешенными значениями LS-фактора, большой глубиной и густотой расчленения, распространенностью склонов крутизной более 7°.

Средневзвешенное значение показателя потенциальной эрозионной опасности рельефа для территории всего муниципального округа соответствует IV типу средне эрозионноопасных земель.

В хозяйствах Кирсановского муниципального округа требуется сокращение доли эрозионноопасных культур в полевых севооборотах, в первую очередь – подсолнечника, поскольку в среднем за период 2018-2023 годов на посевы подсолнечника здесь отводилось более

15,5 тыс. га, т.е. порядка 20 % пахотных земель. Всего же за этот период пропашные культуры в среднем занимали 34,3 % обрабатываемой пашни, чистый пар – 21,6 %, культуры сплошного сева – 44,1 %.

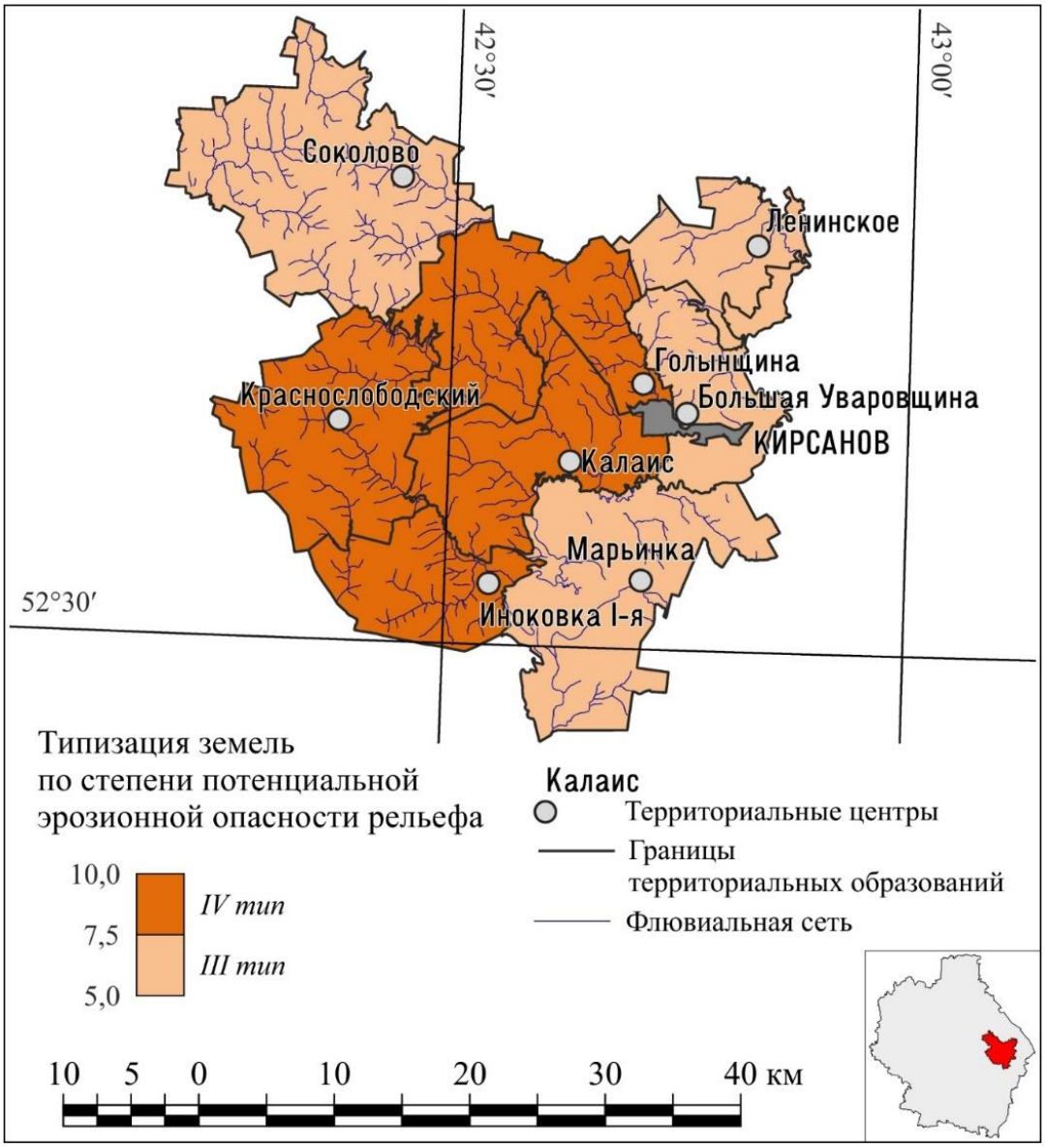


Рис. 1. Потенциальная эрозионная опасность рельефа Кирсановского муниципального округа Тамбовской области

Для сельхозпроизводителей Кирсановского муниципального округа Тамбовской области следует считать актуальным разработку и внедрение проектов адаптивно-ландшафтных систем земледелия, в том числе учитывающих контурную организацию территории, реконструкцию противоэрозионных гидротехнических сооружений, восстановление и созданием новых стокорегулирующих лесных насаждений. На крутых приводораздельных склонах необходимо залужение устойчивых ложбин и освоение почвозащитных севооборотов.

Таким образом, оценку эрозионной опасности, учитывающую фактор рельефа как геоморфологической основы ландшафтов, можно рассматривать в качестве инструмента территориального управления земельными ресурсами на муниципальном уровне, ставящего своей целью организацию рационального землепользования.

Литература

1. Адерихин П.Г., Ахтырцев Б.П., Мусиков К.К. Земельный фонд Тамбовской области и его качественная оценка. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1974. – 184 с.

2. Буковский М.Е., Кузьмин К.А. Морфометрический анализ рельефа северо-западной части Тамбовской области // Региональные геосистемы. – 2024. – Т. 48(2). – С. 236-253. https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-2-236-253.

3. Дудник Н.И. Геоэкологические проблемы Тамбовской области // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 1996. – Т. 1(1). – С. 65-70.

4. Кондратьева М.А. Чащин А.Н. Оценка эрозионной опасности рельефа на основе цифрового моделирования // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27(2). – С. 241-252. https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-2-27-241-252.

5. Корякин В.В., Киселева Ю.В., Жеребцова К.А. Неиспользованные резервы по борьбе с водной эрозией почвы в Тамбовской области // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2009. – Т. 14(1). – С. 124-125.

6. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения. – Белгород: Константа, 2012. – 456 с.

7. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия: Методическое пособие и нормативные материалы / А.Н. Каштанов, И.П. Свинцов, Г.Н. Черкасов [и др.]. – Курск-Тверь : ЧуДо, 2001. – 260 с.

8. Полякова Е.В., Кутинов Ю.Г., Минеев А.Л., Чистова З.Б. Применение геоморфометрического анализа рельефа при осуществлении хозяйственной деятельности на территории Архангельской области // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2021. – № 2. – С. 86-95. https://doi.org/10.31857/S0869780921020065.

9. Постановление Правительства Белгородской области от 25 апреля 2022 г. № 249-пп «Об утверждении Положения о проекте адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв».

10. Раскатов Г.И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1969. – 164 с.

11. Сильвестров С.И. Рельеф и земледелие (в эрозионных районах). – М.: Сельхозгиз, 1955. – 288 с.

12. Турусов В.И., Рыбалкин Б.А., Гармашов В.М., Беспалов В.А. Модель адаптивно-ландшафтной системы земледелия для крестьянско-фермерского хозяйства южного агроэкологического района Воронежской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4. – С. 59-64.

13. Golosov V.N., Collins A.L., Dobrovolskaya N.G., Bazhenova O.I., Ryzhov Yu.V., Sidorchuk A.Yu. Soil loss on the arable lands of the forest-steppe and steppe zones of European Russia and Siberia during the period of intensive agriculture // Geoderma. – 2021. – V. 381. – P. 114678. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114678.

14. Maltsev K., Yermolaev O. Assessment of soil loss by water erosion in small river basins in Russia // Catena. – 2020. – V. 195. – P. 104726. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104726.

УДК 528.8

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ Г. СТАВРОПОЛЯ ПО ДАННЫМ ДДЗ ИЗ КОСМОСА

Лебедев А.А.

E-mail: Lebedev_anton@list.ru
ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова», Грозный, Россия

В статье приводится оценка устойчивого развития города Ставрополя по данным дистанционного зондирования Земли.

Ключевые слова: устойчивое развитие, г. Ставрополь, дистанционное зондирование Земли,

Концепция устойчивого развития, в классическом определении термина сформирована в 1987 году Комиссией Брудланд, а именно «устойчивое развитие – это модель движения вперед, при котором достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без лишения будущий поколений такой возможности». Данная Концепция призвана решить значительный круг задач, в том числе и экологические проблемы.

За прошедшие без малого 40 лет Концепция прошла определенное «эволюционное развитие». С целью однозначного определения того, что же подразумевается под устойчивым развитием в рамках данной работы, приведем два определения, которые будут являться отправной точкой проводимого исследования:

– развитие, при котором воздействия на окружающую среду остаются в пределах хозяйственной емкость биосферы, так что не разрушается природная основа для воспроизводства жизни человека [2];

– это стабильное сбалансированное социально-экономическое развитие, не разрушающее окружающую природную среду и обеспечивающее непрерывный прогресс общества [5].

Последнее определение однозначно определяет три ключевых и неразрывно связанных компонента устойчивого развития: экономическую эффективность, социальное равновесие и защиту окружающей среды.

В рамках данной работы нами будет подробно рассмотрен природный компонент, который в границах города в основном представлен озеленением. В современных условиях оно является наиболее эффективным и экономически выгодным средством достижения целей устойчивого развития. Растительность – это важный элемент структуры городской застройки, она является неотъемлемой частью экологического каркаса города, от нее

зависит комфортность среды проживания. Под термином озеленение в данной работе принимается определение согласно СНиП 2.07.01-89* «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», а именно «озелененные территории – часть территорий природного комплекса, на которой располагаются природные и искусственно созданные садово-парковые комплексы и объекты – парк, сад, сквер, бульвар; территории жилых, общественно-деловых и других территориальных зон, не менее 70 % поверхности которых занято зелеными насаждениями и другим растительным покровом» [1].

При этом нужно учитывать, какой бы ни был использован в городе природный каркас, с его помощью все равно не получиться обеспечить полное экологическое равновесие. Именно поэтому современные нормативы в первую очередь ориентированы на выполнение городскими озелененными территориями гигиенических функций. Вместе с этим не следует забывать и о том, что любая система зеленых насаждений, находящаяся внутри городской территории, выполняет и экологические задачи.

Объектом исследования является г. Ставрополь, для которого характерна малоэтажная частная застройка и развитая сеть дачных поселков. Вместе с этим в городе присутствует целый ряд предприятий промышленности, а также многоэтажные жилые кварталы. Причем строительство многоэтажных домов с разной степенью интенсивности ведется постоянно. При этом частный сектор это не единственные «зеленые места» в городе. Помимо того, что в черте городской застройки расположено несколько крупных лесных массивов (леса Кругленький и Члинский, Архиерейская лесная дача), древесная растительность является обычным атрибутом любой городской территории начиная от внутриквартальных территорий многоэтажных кварталов, заканчивая озеленением дорожной сети.

В течении последнего десятилетия недостатка в массивах бесплатных спутниковых данных (при условии отсутствия административных барьеров) не наблюдается. Основную массу бесплатных данных составляют снимки среднего и низкого пространственного разрешения. Самые популярные это материалы съемок аппаратов семейства Landsat и Sentinel.

Еще одной удачной особенностью данных ДДЗ следует отметить существующую «глубину архива». Так архив снимков семейства космических аппаратов Landsat для территории г. Ставрополя составляет 40 лет.

Изучение природного каркаса г. Ставрополя проведено на основе обработки данных ДДЗ оптического и радиоволнового диапазонов согласно ранее рассматриваемой методики [4]. Особенности городской застройки, а также регулярная городская планировка, делают оптимальным использование вегетационных индексов.

Согласно Указа Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. №474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» в нашей стране ведется работа по увеличению количества городов с благоприятной городской средой. Результаты оценки городской среды начиная с 2019 года приведены на сайте https://индекс-городов.рф. Там же приведена методика оценки городской среды. Ее основу составляет распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 марта 2019 г. № 510-р. Оценка проводится на основе соответствующих индикаторов. Ниже (табл. 1) приведены индикаторы используемые для оценки состояния зеленых насаждений.

Таблица 1

Индикаторы оценки состояния зеленых насаждений [3]

№ п/п	ИНДИКАТОР	ОПИСАНИЕ
1.	Доля озелененных территорий общего пользования в суммарной площади зеленых насаждений (%)	Индикатор характеризует долю озелененных территорий, открытых для жителей города, в общем количестве озелененных территорий.
2.	Уровень озеленения (%)	Индикатор характеризует озеленение города с точки зрения выполнения санитарно-гигиенических и ландшафтных функций. Рассчитывается на основе дешифрирования космических снимков и вычисления вегетационного индекса.»
3.	Состояние зеленых насаждений	Индикатор характеризует биопродуктивность зеленых насаждений как прямое следствие всего состояния природной среды, непосредственно связанной с состоянием атмосферы, уровнем загрязнения почв и поверхностных вод в городе. Индикатор рассчитывается на основе дешифрирования космических снимков и вычисления вегетационного индекса.
4.	Разнообразие услуг на озелененных территориях (ед/км^2)	Индикатор характеризует разнообразие и идентичность озелененных пространств, привлекательность озелененных территорий для граждан города
5.	Доля населения, имеющего доступ к озелененным территориям общего пользования в общей численности населения (%)	Индикатор характеризует современность среды городских озелененных территорий. Парки и скверы являются полноценным общественным пространством для удовлетворения различных потребностей разных социокультурных групп горожан
6.	Привлекательность озелененных территорий (ед/км^2)	Используется для оценки разнообразия и идентичности

На основе выше приведённых индексов, а также ГОСТ Р ИСО 37120–2020 «Устойчивое развитие сообщества. Показатели городских услуг и качества жизни» подготовлены авторские индексы (табл. 2) оценки устойчивости развития города, исходя из методов исследования и материалов полученных в ходе дешифрирования данных оптического и радиодиапазона.

Таблица 2

Индексы оценки устойчивого развития г. Ставрополя

№ п/п	ИНДЕКС	ОПИСАНИЕ
1.	Уровень озеленения (i_1)	Процент площади всего растительного покрова (NDVI>0.6) города к общей площади городской застройки
2.	Площадь зеленых насаждений на одного жителя (i_2)	Величина площади рекреационной зоны ($м^2$) на одного жителя города
3.	Доступность рекреационной зоны (i_3)	Процент селитебной зоны, имеющей свободной доступ (расположенной на удалении до 800 м) к рекреационной зоне

Уровень озеленения – индикатор характеризует озеленение города с точки зрения выполнения санитарно-гигиенических и ландшафтных функций. Зеленые массивы, расположенные между отдельными районами застройки, объединяют и придает городу целостность и законченность, оживляют городские ландшафты, являются средствами индивидуализации районов.

Площадь зеленых насаждений на одного жителя – является показателем площади зеленых насаждений в городе и обеспеченность ими местных жителей.

Доступность рекреационной зоны – индикатор характеризует возможность часто и без затрат времени на транспорт посещать территорию рекреационной зоны.

Ниже приведены результаты оценки г. Ставрополя на основе рассмотренных индикаторов (рис. 1) и индексов (рис. 2, рис. 3). При этом, сопоставляя полученные результаты следует учитывать следующие факторы:

– границы оцениваемого объекта – оценка качества городской среды проводится в пределах административных границ города, тогда как проводимое исследования ограниченно периметром городской застройки;

– исходные данные, используемые для оценки городской среды, значительно шире, чем набор данных ДДЗ, используемых в предложенной методике.

Также не следует забывать, что оценка качества городской среды помимо количественной включает в себя еще и качественную оценку, которая попадает в область интереса данной работы. По этой причине

сравнение полученных результатов проводится только на уровне рассмотрения общей тенденции.

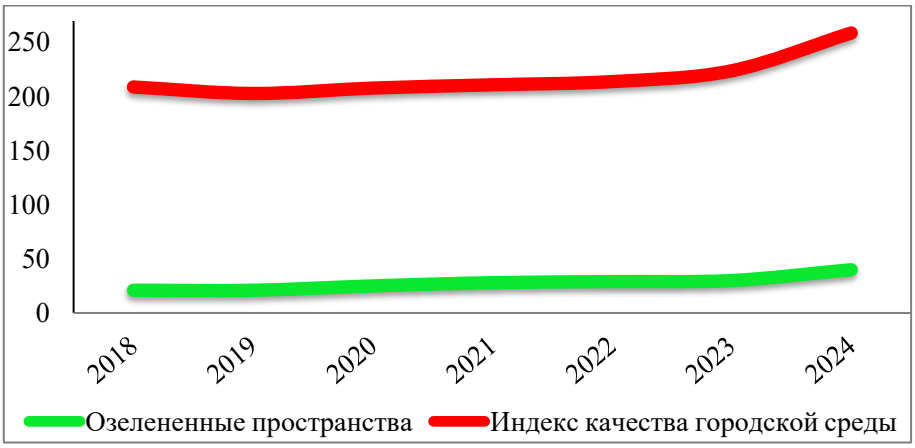


Рис. 1. Индекс качества городской среды г. Ставрополя 2018-2024 гг.

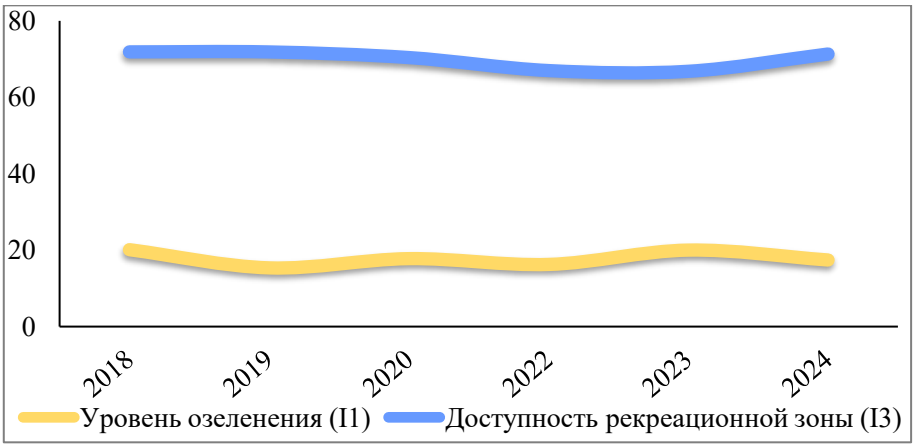


Рис. 2. Динамика уровня озеленения и доступности рекреационной зоны г. Ставрополя 2018-2024 гг.

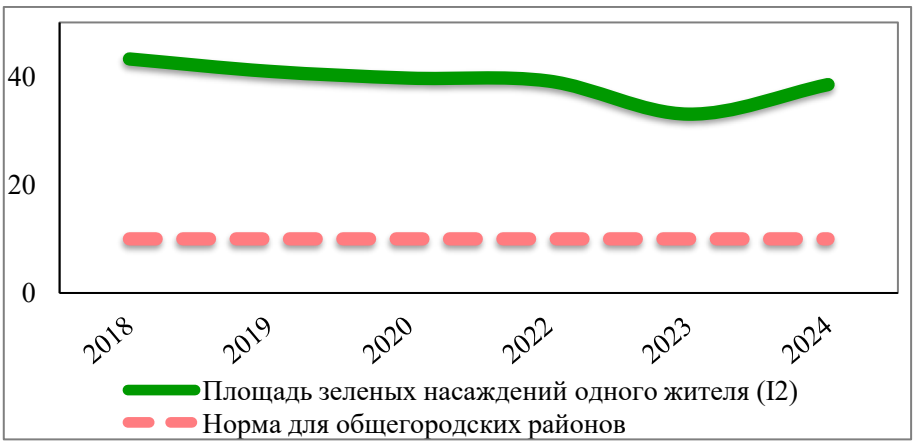


Рис. 3. Динамика обеспеченности жителей г. Ставрополя зелеными насаждениями 2018-2024 гг.

Другим оценочным показателем устойчивого развития является экологическая устойчивость, которая в свою очередь предполагает сохранение целостности природных систем. В составе городской застройки природные системы составляют природный каркас территории.

Уровень озеленения (i1) – в настоящее время отмечается очередное плавное снижение уровня озеленения. Данный незначительный и регулярный спад можно объяснить активным строительством жилищного фонда города – территории административно уже отведены под озеленение, но фактически на данном этапе оно еще отсутствует.

Площадь зеленых насаждений на одного жителя (i2) – отмечается резкое проседание индекса в 2023 г., что в первую очередь связано со скачком роста численности населения (с 458 тыс. чел. в 2022 г. до 550 тыс. чел. в 2023 г.). В дальнейшем эта ситуация исправляется, в первую очередь за счет приращения к городу новых лесных массивов. При этом стоит отметить, что, учитывая существующие нормы значения индекса даже при его минимальном значении являются избыточными.

Доступность рекреационной зоны (i3) – этот индекс также показывает плавный рост после значительного проседания в 2023 году. Данная динамика, как и для индекса «Площадь зеленых насаждений на одного жителя» объясняется скачком населения с последующим приращением лесных массивов. Помимо этого, на положительную динамику индекса влияет процесс сегментации существующих зеленых зон как за счет дробления существующих, так и образования новых структур природного каркаса.

Формирование природного каркаса города (рис. 4) произошло за счет постепенного включения с состав городской застройки неизмененных лесных ландшафтов, с их последующей минимальной вовлеченностью в хозяйственную деятельность. При этом упомянутые лесные ландшафты формально представлены отдельными, изолированными участками, но учитывая особенность селитебной зоны города, заключающейся в большом количестве древесной растительности, используемой в озеленении, можно говорить о природном каркасе г. Ставрополя как о единой структуре (рис. 4). В целом сохранение природного каркаса города, а также наличие нетрансформированных и слабо трансформированных участков природных ландшафтов, расположенных вплотную к границам городской застройки, позволяет говорить об устойчивости пространственной структуры г. Ставрополя.

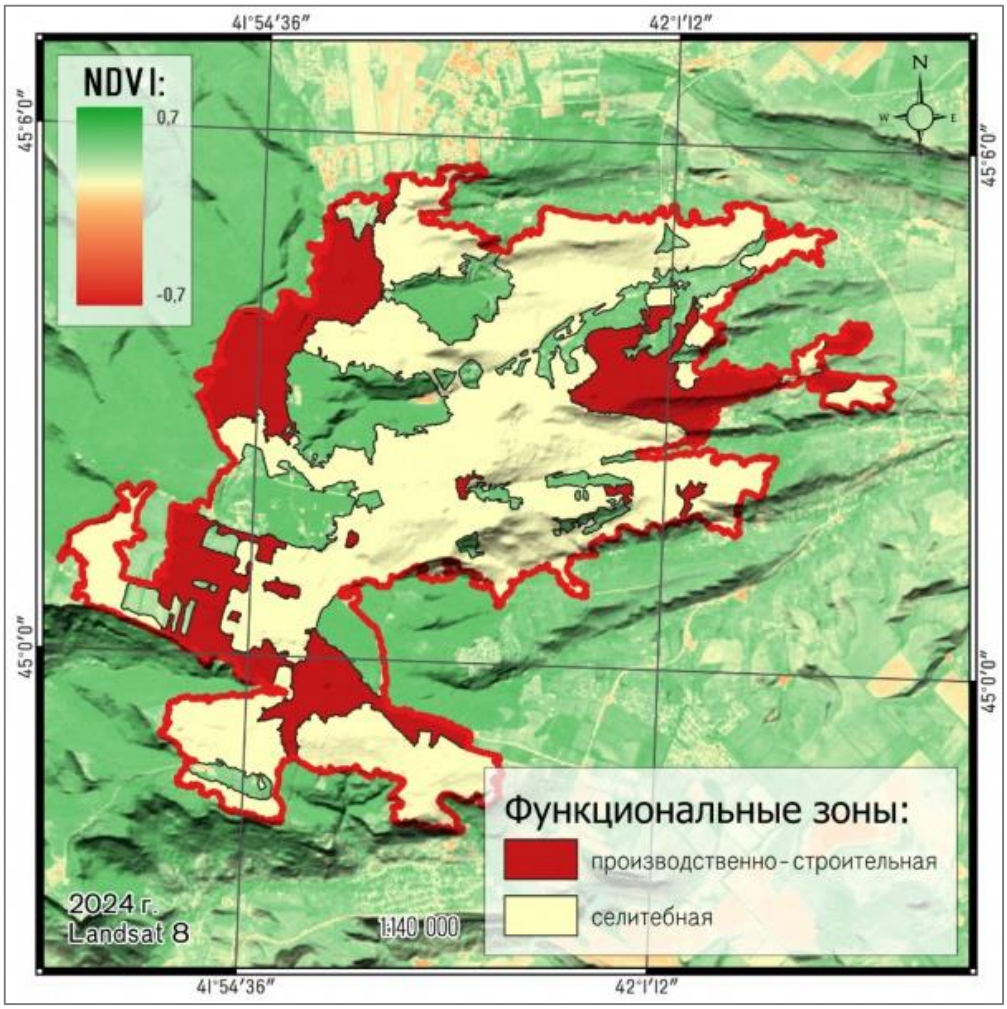


Рис. 4. Структура природного каркаса г. Ставрополя

Литература

1. СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – URL: https://docs.cntd.ru/document/456054209 (дата обращения: 17.09.2022). – Текст : электронный.

2. Данилов-Данильян, В. И. Экологический вызов и устойчивое развитие / В. И. Данилов-Данильян, К. С. Лосев. – Прогресс-Традиция. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29142469.

3. Жучков, Д. В. Оценка индикаторов устойчивого развития города Биробиджана озеленение пространства / Д. В. Жучков, Д. М. Фетисов. – Текст: электронный. – 2023. – Т. 26. – ASSESSMENT OF INDICATORS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF BIROBIDZHAN. – URL: http://региональныепроблемы.рф/index.php/RP/article/view/1061.

4. Лебедев, А. А. Геоэкологический мониторинг городской застройки с помощью совместного использования космических снимков оптического и радиолокационного диапазонов / А. А. Лебедев. – Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, 2022. – С. 484-491.

5. Стратегия и проблемы устойчивого развития России в XXI веке. – Издательство «Экономика». – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43943917.

УДК 338.48

КРУИЗНЫЙ ТУРИЗМ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ АРКТИКИ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ

Михайлов А.Г.

E-mail: algenlj@gmail.com
Научный руководитель: Никифоров В.Г., зав. кафедрой экономики водного транспорта, д.т.н., проф.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова», Санкт-Петербург, Россия

Арктические круизы – одно из наиболее перспективных, но ограниченных по масштабам направлений развития туристской отрасли в России. Экспедиционные круизы в условиях хрупких экосистем Арктики сопряжены с повышенными экологическими рисками, что требует строгого регулирования судозаходов с учётом устойчивого развития природных территорий. Развитие арктического круизного туризма должно рассматриваться как инструмент устойчивого освоения Арктической зоны, основанного на принципах экологической ответственности, соблюдении экологических стандартов и активном внедрении инновационных технологий судоходства.

Ключевые слова: арктический туризм, круизный туризм, устойчивое развитие, арктика, северный морской путь, экологическая устойчивость, портовая инфраструктура, этноэкологические кластеры, экспедиционные круизы, государственное регулирование.

Будучи одним из наиболее динамичных сегментов мирового туристского рынка, круизный туризм является важным фактором развития портов и прибрежных территорий, оказывая существенное влияние не только на экономику регионов, в рамках которых осуществляются морские круизы, но и на их экологию.

Согласно данным CLIA (Cruise Lines International Association – Международная ассоциация круизных линий) в 2023 году число пассажиров, для которых воздействие на окружающую среду является одним из значимых факторов при принятии решения о покупке круиза, выросло на 50 % по сравнению с аналогичным числом трехлетней давности [2]. Таким образом, влияние морских круизов на устойчивое развитие регионов является не только предметом государственного регулирования и научных исследований, но и важной темой общественных дискуссий.

В Российской Федерации при наличии развитой отрасли речных круизов морские круизы как туристический продукт в настоящее время фактически отсутствуют.

Вместе с тем, в 2022 г. правительство утвердило Концепцию развития круизного туризма в Российской Федерации на период до 2024 г., которая была разработана во исполнение положений Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2019 г. № 2129-р [5]. Позднее в 2022 г. Президент РФ в целях развития круизного туризма поручил правительству рассмотреть вопрос финансирования строительства на российских верфях не менее 140 круизных судов класса «река – море» [6].

Среди задач, поставленных в рамках Концепции, заявлены совершенствование круизного туризма в Российской Федерации, обеспечение его доступности для граждан Российской Федерации, привлечение иностранных туристов, создание современной комфортной среды береговой линии и развитие инфраструктуры круизного туризма на территории субъектов Российской Федерации и в конечном итоге увеличение рынка круизного туризма в 2 раза к 2035 году [5].

Очевидно, что для реализации данных целей необходимо соблюдение ряда условий, таких, как нормализация внешнеполитической обстановки, которая обеспечит безопасность международного мореплавания и возможность беспрепятственного захода судов и схода пассажиров на берег во время стоянки.

Однако даже в отсутствие заходов лайнеров под иностранным флагом морские порты Арктики продолжают принимать круизных пассажиров. Так, в 2025 г. только оператором «ВодоходЪ» запланировано 12 круизов с посещением Соловецких островов в Белом море [8].

Данное число указывает на то, что сегмент арктических круизов не может считаться массовым. В то же время в период 2010-2019 гг. морские круизы в Арктику пользовались ограниченным, но стабильным спросом. Туристов привлекали заходы на Соловецкие острова, рейсы к Северному полюсу на атомном ледоколе, круизы на архипелаг Земля Франца-Иосифа. На Международном арктическом форуме в 2019 г. глава Ростуризма Олег Сафонов оценил потенциал западной части Арктики в 80 000 круизных туристов ежегодно, тогда как на тот момент архипелаг Земля Франца-Иосифа посещало менее 2 000 туристов [7]. С 2019 г. проводится модернизация портов Мурманска, Архангельска и других арктических портов Северного морского пути, что обеспечивает развитие инфраструктуры для экспедиционных круизов и возможности для круглогодичного круизного судоходства

Таким образом, регион, включающий побережье и острова Белого моря, Баренцева моря, Карского моря, Моря Лаптевых, Восточно-Сибирского моря и Чукотского моря, наряду с регионами Балтийского моря, Чёрного моря и Дальним Востоком является одним из четырёх

регионов России с наилучшими перспективами развития круизного туризма.

Помимо туристического, Арктика имеет значительный экономический и ресурсный потенциал. Указом Президента Российской Федерации № 645 от 26 октября 2020 г. была утверждена Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 г., где подчеркивается, что значение Северного морского пути как транспортного коридора мирового значения, используемого для перевозки национальных и международных грузов, будет возрастать в результате климатических изменений и развития круглогодичного судоходства на протяжении всей акватории Северного морского пути, а объем перевозок грузов в акватории Северного морского пути вырос с 4 млн тонн в 2014 г. до 31,5 млн тонн в 2019 г. [9]

Среди прочих мер Стратегия предполагает государственную поддержку строительства на территории Российской Федерации круизных судов арктического ледового класса и развития туристской инфраструктуры, развитие круизного арктического туризма и формирование этноэкологических туристических кластеров на территориях Анадыря, Певека и Провидения, а также развитие культурно-познавательного, этнографического и экологического туристического кластера на арктических территориях и морского круизного туризма на Соловецких островах.

С точки зрения развития морских круизов Арктический регион обладает рядом особенностей:

- Относительная близость к густонаселенным районам страны. Так, Мурманск имеет активное авиасообщение с крупнейшими городами европейской части России, а время перелета из Москвы или Санкт-Петербурга составляет около 2 часов. Кроме того, с активизацией внутреннего туризма растет спрос на туры в Мурманск, Териберку и другие доступные направления Арктики, а в целом по итогам 2023 г. турпоток в Арктику превысил 1,1 млн человек [4]. Рост привлекательности Арктики как туристического региона может способствовать в том числе спросу на арктические круизы.

- Экстремальные климатические условия, которые ограничивают период круизной навигации отрезком с июля по сентябрь. Сложная ледовая обстановка вынуждает использовать ледокольное сопровождение или экспедиционные суда ледового класса, особенно для посещения отдаленных портов, что повышает себестоимость таких круизов и делает их менее доступными для массовых туристов.

- Особое внимание к вопросам экологии, что также неоднократно подчеркивается в Стратегии. Предъявляются повышенные требования к используемому топливу и силовым установкам, системам утилизации

отходов и другому судовому оборудованию, устанавливаются строгие правила поведения в природных заповедниках и квоты на посещение заповедных зон. Эти обстоятельства также не позволяют позиционировать экспедиционные круизы в Арктике как продукт массового спроса.

Таким образом, учитывая растущее значение Северного морского пути в свете необходимости обеспечить экономическую целесообразность морского сообщения с Китаем и другими странами Азии, а также безопасность морских путей на фоне геополитической напряженности, можно прогнозировать дальнейший рост объема перевозок грузов, обновление инфраструктуры и активизацию работы арктических портов. Вместе с тем указанная деятельность может лишь косвенно влиять на развитие круизного туризма в Арктическом регионе, который в данном случае выступает не как продукт массового спроса, а как продукт, ориентированный на узкий сегмент платежеспособной аудитории, заинтересованной в посещении малодоступных территорий.

Как показывает международная практика, ключевым условием успешного развития арктических круизов является экологическая устойчивость. Так, опыт морских круизов в арктических регионах Норвегии, Исландии и Дании указывает на необходимость жесткого регулирования числа судозаходов, внедрения зеленых технологий в судоходстве, таких, как переход на СПГ, гибридные установки, использование берегового электроснабжения, и активного взаимодействия с местными сообществами как на неотъемлемые условия сохранения устойчивости хрупких экосистем. Для России данный опыт может быть адаптирован с учётом положений Стратегии развития Арктической зоны и национальной климатической повестки.

Принимая во внимание указанные факторы, арктический круизный туризм, будучи ограниченным по масштабам, способен стать важным элементом комплексного освоения и опережающего развития арктического региона. Данный потенциал может быть реализован через:

- Диверсификацию экономики региона, создание новых рабочих мест в сфере обслуживания и гостеприимства, поддержку малого бизнеса в портах захода.

- Внедрение экологически чистых технологий, которые уже являются частью международной практики. Так, норвежская компания Hurtigruten, которая является одним из мировых лидеров в области экспедиционных круизов, уже инвестировала более 100 млн евро в снижение выбросов оксида азота на 80 % и продолжает разработку технологий, направленных на создание судов с нулевым уровнем выбросов [3].

- Создание этноэкологических туристических кластеров, которые гармонично сочетают экономическую выгоду с культурной и экологической ответственностью [1]. Это включает участие коренных

малочисленных народов в разработке и предоставлении туристического продукта, сохранение традиционного уклада и адресную поддержку локальной инфраструктуры.

- Управление геополитическими и экологическими рисками Арктики через стратегический план развития регионов согласно Стратегии и соответствующим концепциям, включая строительство специализированных ледокольных судов и развитие припортовой инфраструктуры.

Таким образом, учитывая уникальные природные условия, богатое культурно-историческое наследие Арктики и её стратегическое значение для экономики Российской Федерации, устойчивое развитие сектора морских круизов в данном регионе следует рассматривать не как фактор ограничения спроса, а как возможность для формирования новой модели туризма, основанной на принципах экологической ответственности, строгом соблюдении международных экологических стандартов и активном внедрении инновационных технологий судоходства.

Литература

1. Agaeva N., Shchetilina I., Kovaleva E. Cruise tourism as a factor of sustainable development of the territories of the Russian Federation. – Режим доступа: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/71/e3sconf_wfsdi2021_01041/e3sconf_wfsdi2021_01041.html/

2. CLIA State of the Cruise Industry, September 2023 update. – Режим доступа: https://cruising.org/en-gb/news-and-research/research/2023/march/2023-state-of-the-cruise-industry-report/.

3. To the ends of the Earth: The Arctic’s battle for sustainable tourism. – Режим доступа https://www.reuters.com/sustainability/society-equity/ends-earth-arctics-battle-sustainable-tourism-2025-04-29/.

4. В 2023 году Арктику посетили более миллиона туристов. – Режим доступа: https://www.pnp.ru/social/v-2023-godu-arktiku-posetili-bolee-milliona-turistov.html/.

5. Концепция развития круизного туризма в Российской Федерации на период до 2024 года. – Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/uXXZ3AvF4jE0Zq3f7xBCP9gL9RjBfaRH.pdf/.

6. Перечень поручений по итогам заседания Президиума Госсовета 6 сентября 2022 года. – Режим доступа: http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/69735/.

7. Около 80 тысяч туристов в год смогут посещать российскую Арктику. – Режим доступа https://forumarctica.ru/news/some-80000-tourists-could-visit-russias-arctic-per-year/.

8. Официальный сайт компании «ВодоходЪ». – Режим доступа https://vodohod.com/.

9. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. Утв. Указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 года N 645 // Официальный интернет-портал правовой информации (www.pravo.gov.ru) от 26.10.2020 г., ст. 0001202010260033

УДК 574.9

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ТРАВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Павлоцкая И.П., Юдина Ю.В., Дроздова Е.А.

E-mail: Pavlotskay@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

В статье рассматривается современное экологическое состояние лекарственных трав Белгородской области и география их размещения. Проанализированы антропогенные факторы, влияющие на распространение и численность анализируемых видов. Выявлены экотопы редких и исчезающих лекарственных растений, внесённые в Красную книгу региона.

Ключевые слова: Белгородская область, биологическое разнообразие, Красная книга, лекарственные растения, охрана природы, экологическое состояние

Введение. Разнообразие лекарственных растений представляет собой ценный природный ресурс региона и имеет большое значение для медицины, фармацевтики и традиционной терапии. Рост промышленного и сельскохозяйственного производства, а также изменение климата оказывают негативное влияние на природные экосистемы региона. Это ведет к сокращению численности и исчезновению некоторых видов лекарственных трав. Исследование их биоразнообразия способствует разработке мер по их сохранению и рациональному использованию [1].

Территория Белгородской области подвержена значительной антропогенной нагрузке, следствием которой является уменьшение видового состава лекарственных растений. Это обстоятельство подчеркивает особую важность сохранения естественных природных фитоценозов. Область отличается высоким уровнем природного потенциала, представленного различными экосистемами, населенными ценными лекарственными растениями. Изучение их биоразнообразия способствует выявлению редких и находящихся под угрозой исчезновения видов.

Материалы и методы исследования. Полевые исследования и закладки пробных площадей проводились на территории природных парков, лесостепных и луговых участков, пойм рек и обочин автодорог, сельскохозяйственных угодий. Использовались методы маршрутного учета, флористического анализа и оценки численности популяций. Сведения о редких видах сверялись с Красной книгой Белгородской области.

Результаты и обсуждение. По результатам, проведенных нами исследований на протяжении последних 8 лет (2018 – 2025 г.), во флоре лекарственных трав Белгородской области выявили 252 вида, отнесенных к

56 семействам и 181 роду [2]. Установленное число видов не может считаться окончательным, необходимо проводить дальнейшие исследования многообразия лекарственных трав области.

При анализе видов установили, что из них наиболее распространенным является семейство сложноцветных, оно содержит 37 видов (14,7 % от общего количества видов, содержащихся в списке лекарственных трав Белгородской области). На втором месте по распространению находится семейство злаковые – 19 видов (7,6 %), семейство яснотковые насчитывает 18 видов (7 %). Семейство бобовые содержит 14 видов (5,6 %), а к семействам розоцветные, бурачниковые и лютиковые относятся 11 видов (4,4 %). Три семейства насчитывают 10 видов, что составляет 4 % (гвоздичные, крестоцветные, зонтичные). Остальные семейства представлены небольшим количеством видов (меньше десяти), из них 21 семейство представлено одним представителем [1] (рис. 1).

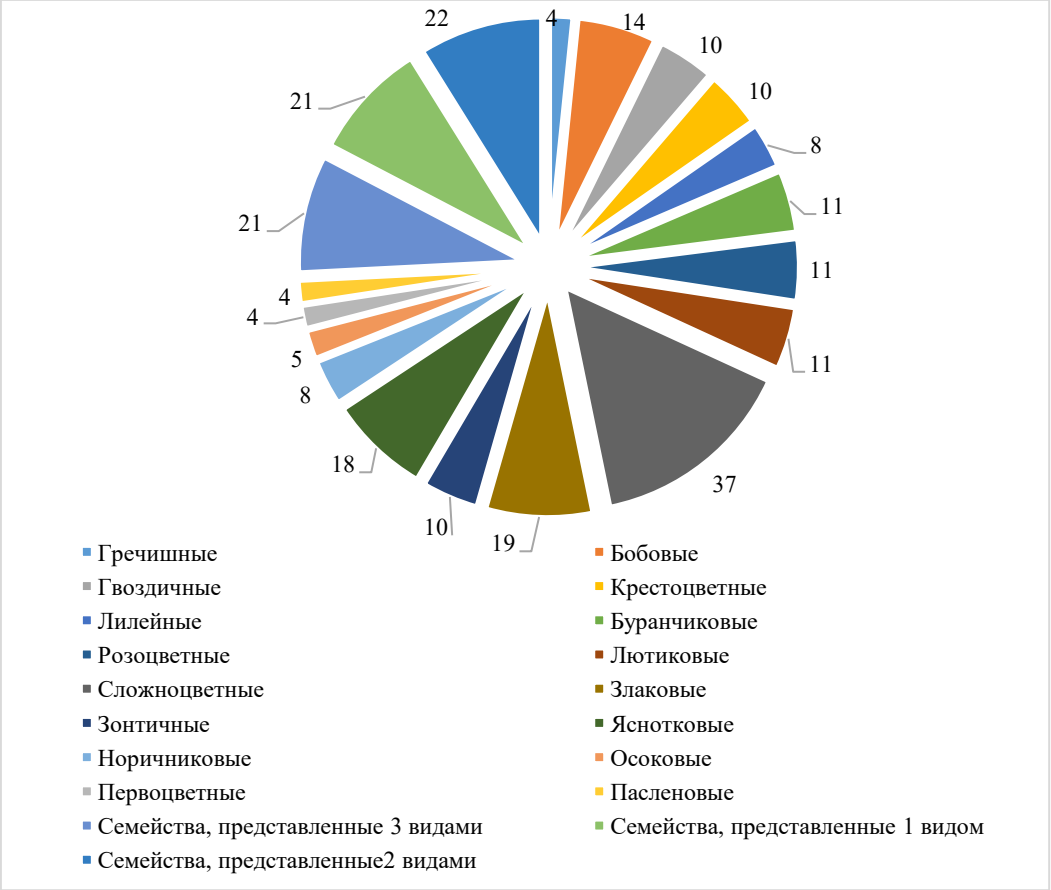


Рис. 1. Ведущие семейства лекарственных трав Белгородской области

Выявленные взаимоотношения иллюстрируют общие тенденции систематического строения современной флоры Белгородской области, а также земной поверхности в целом. Проведенный анализ флористического состава по географическим компонентам продемонстрировал преобладание среди региональной флоры растений, относящихся по своим

фитоценотическим характеристикам преимущественно к луговым ассоциациям.

Существенную долю в анализируемой выборке имеют также растения лесного фитоценоза, их насчитывается 47 видов (18,7 %). Выделяется группа растений, относящихся к переходной форме – лесо-луговой. Таких растений 35 видов (13,9 %). Лекарственные травы, произрастающие в степном фитоценозе составляют 28 видов (11,1 %), также значительную долю составляют травы лугово-степной группы – 19 видов (7,5 %) и пойменной группы – 22 вида (8,8 %).

К фитоценозам с небольшим количеством видов относятся: пойменно-луговая – 7 видов (2,8 %); лесостепная – 4 вида (1,6 %); лесо-пойменная – 2 вида (0,8 %). На территории Белгородской области выделяются виды лекарственных трав приуроченных к территориям меловых отложений. При проведении исследования нами было выявлено 4 вида (1,6 %) (рис. 2).

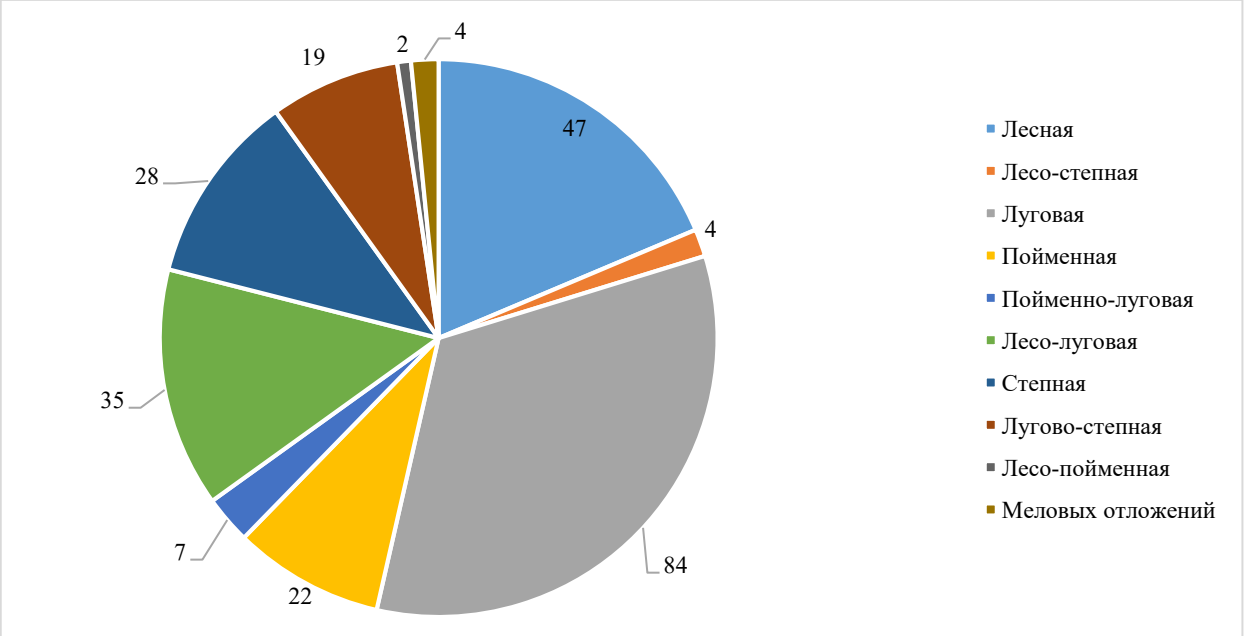


Рис. 2. Группы лекарственных трав по растительным сообществам

Преобладающее число видов, принадлежащих к луговому типу растительности, наряду с существенным вкладом степных растений, свидетельствуют о том, что на Среднерусской возвышенности вследствие интенсивного воздействия антропогенных факторов наблюдается ускоренное увеличение доли степных территорий и одновременное снижение численности представителей лесной флоры.

Из анализа приведенных данных по экологическому спектру жизненных форм можно сделать вывод о том, что «луговая флора является в основном флорой гемикриптофитов, что соответствует флоре умеренных широт. При анализе состава растительных сообществ по экологическим группам на территории области выделены следующие, наиболее

распространенные группы. Основу составляют мезофиты (174 вида) [3]. Вторая по численности группа представлена гигрофитами – 51 вид.

Так как южные районы Белгородской области относятся к степным участкам, выявлено 16 видов лекарственных трав относящихся к ксерофитам.

Наименьшими группами представленные гидрофиты – 9 видов (рис. 3).

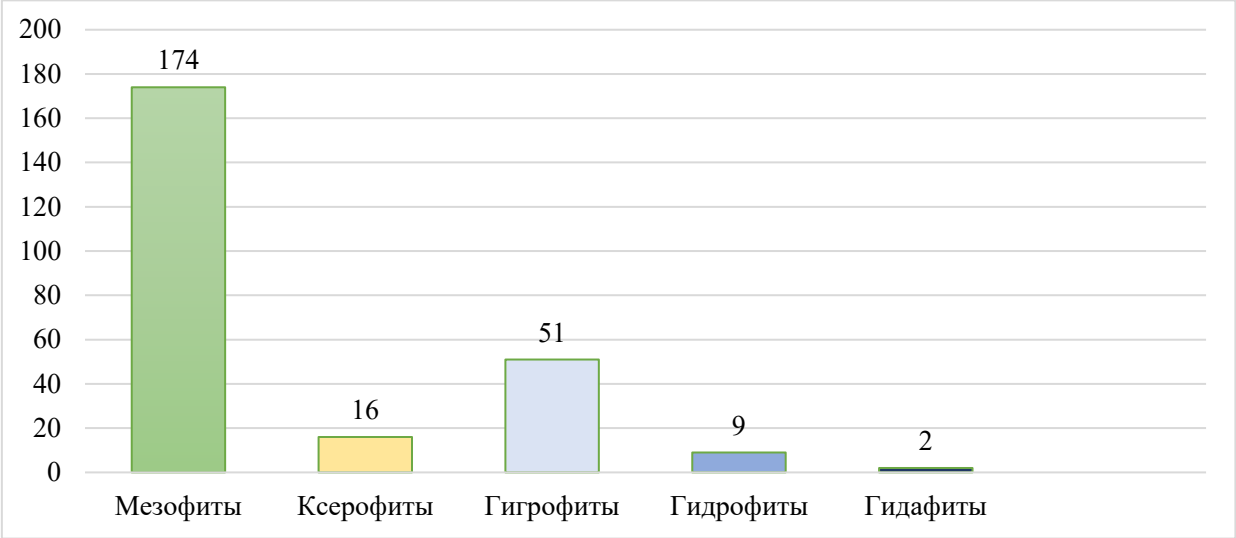


Рис. 3. Группы лекарственных трав по экологическим группам

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод, что изучаемая территория характеризуется недостаточным уровнем увлажненности, что находит отражение в ключевых экологических показателях обследованных травянистых растений. Лекарственные растения выступают значимым природным ресурсом, характеризующимся обширным диапазоном фармакологической активности.

Из всего списка видов лекарственных трав Белгородской области 86 % растений относятся к обычным видам, имеют широкое распространение (Статус 5). Около 8,5 % растений встречаются довольно часто, но имеют небольшие ограничения в распространении. (статус 4). На территории области встречаются виды редких растений, которые занесены в Красную книгу Белгородской области, к ним относится: Адонис весенний (лат. Adonisvernalis L.), калужница болотная (лат. Calthapalustris), окопник лекарственный (лат. Symphytumofficinale), хохлатка Маршалла (лат. Corydalismarschalliana), копытень европейский (лат. Asarumeuropaeum).

Растения, встречающиеся нередко, но их дальнейшее распространение под угрозой составляют приблизительно 2,4 % (статус 3). Среди них: лён жёлтый (лат. Línumflávum), синяк русский (лат. Échiummaculátum), оносма донская (лат. Onosmatanaitica), валериана лекарственная (лат. Valerianaofficinalis(L.), пион тонколистный (лат. Paeoniatenuifolia), ландыш майский (лат. Convallariamajalis).

Уязвимые виды составляют 2,4 % (статус 2) и др. К ним относятся – кувшинка белоснежная (лат. Nymphaeacandida), кубышка жёлтая (лат. Núpharlútea), рябчик русский (лат. Fritillariaruthenica), первоцвет весенний (лат. Primulaveris), щитовник мужской (лат. Dryopterisfilix-mas).

1,2 % – это растения, которые встречаются очень редко, виды находятся под угрозой исчезновения (статус 1) и произрастающих только на территории участков природного заповедника «Белогорье» к ним относятся: «Кошачья лапка» (лат. Antennaria), венерин башмачок настоящий (лат. Cypripediumcalceolus), прострел раскрытый (лат. Pulsatillapatens).

Особенностью флоры Белгородской области выступает наличие большого количества редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений, среди которых важную роль играют представители экологической группы лекарственных трав.

Благодаря проведенным полевым исследованиям были обнаружены новые места произрастания первоцветов, некоторые из которых включены в Красную книгу [4].

Активное расширение промышленных предприятий и сельскохозяйственных угодий, массированный сбор отдельных видов растений, а также ряд иных неблагоприятных воздействий привели к стремительному уменьшению популяции многих некогда распространённых лекарственных трав в лесостепных и степных зонах, вплоть до абсолютного исчезновения определённых таксонов. Наиболее чувствительными к человеческому влиянию оказались степные сообщества и травянистая растительность на меловой почве, привлекающая повышенное внимание населения.

К основным ограничивающим факторам, негативно воздействующим на популяции лекарственных трав, относятся бесконтрольный сбор сырья и цветов, весеннее выжигание сухой растительности, негативное влияние автомобильного транспорта, выпас домашних животных, скашивание травы, разработка месторождений полезных ископаемых (карьерным способом), вспашка земель, накопление бытовых и строительных отходов.

В ходе проведенных нами исследований была разработана карта (рис. 4.), предназначенная для визуализации распределения популяций типичных видов лекарственных растений на территории Белгородской области. Дополнительно на карте обозначены ареалы распространения редких и подлежащих охране видов, сосредоточенные главным образом в юго-восточной части региона и непосредственно на территории регионального заповедника «Белогорье».

Наше исследование подтверждает, что на территории Белгородской области есть множество разнообразных лекарственных трав, которые представляют большую ценность. Однако, эти растения нуждаются в защите. Растительность на территории области имеет большое значение для экосистемы и местного сообщества.

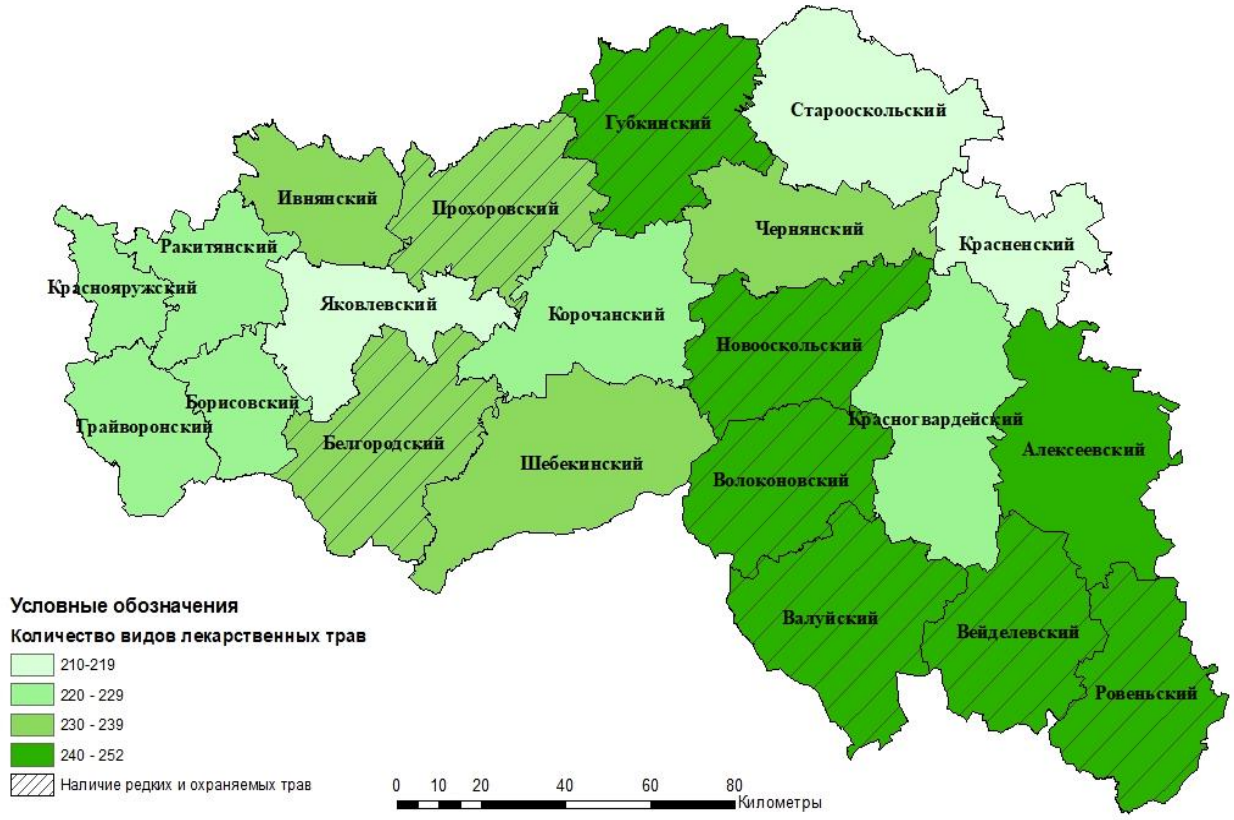


Рис. 4. Карта лекарственных трав Белгородской области

Литература

1. Павлоцкая И.П., Киреева М.А. Экологическое состояние лекарственных трав Белгородской области // Всероссийский форум молодых исследователей 2025: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (Петрозаводск, 13 мая 2025 г.). – Петрозаводск: МЦНП «НОВАЯ НАУКА», 2025. – С.178-186

2. Иллюстрированный определитель растений средней России. Том 1. Папоротники, хвощи, планы, голосеменные, покрытосеменные (однодольные) / И.А. Губанов, К.В. Киселева, В.С. Новиков [и др.]. – М.: Творчество научных изданий КМК, Институт технологических исследований, 2002. – 526 с.

3. Оценка изменения эколого-пространственной структуры дикорастущих первоцветов европейской части России в результате интенсивной трансформации ландшафтов (на примере лесостепных участков Белгородской области) / И.П. Павлоцкая, Н.А. Коськова, Ю.В. Юдина [и др.] // Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение: материалы международной научно-практической конференции (Минск, 09-11 ноября 2022 г.). – Минск, 2022. – С. 183-186.

4. Юдина Ю.В. Геоэкологический подход к пространственному формированию региональной сети особо охраняемых природных территорий // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях: материалы VII Международной научной конференции (Белгород, 24-26 октября 2017 г.). – Белгород: ПОЛИТЕРРА, 2017. – С. 495-501.

УДК 674.88

АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ НЕТОПЛИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Пашкевич А.А.[1], Савенок Н.С.[1], Лихачева А.В.[2], Казимирская Е.Н.[2]

E-mail: alikhachova@mail.ru
[1]Национальный детский технопарк, Минск, Республика Беларусь
[2]Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь

В статье рассматриваются основные направления и способы использования торфа в Республике Беларусь с учётом его значительного потенциала как важного природного ресурса. Анализируются текущие объемы добычи и переработки торфа. Показано, что торфяная промышленность характеризуется не только значительным инновационным потенциалом, но и вносит существенный вклад в устойчивое развитие экономики Беларуси, энергонезависимость и охрану природных экосистем. Подчеркивается необходимость модернизации отрасли, внедрения экологически безопасных технологий и расширения ассортимента выпускаемой продукции. Рассматриваются перспективные направления развития торфяной промышленности. Полученные результаты могут быть использованы для формирования рекомендаций по развитию и диверсификации производства торфяной продукции.

Ключевые слова: торф, торфяная промышленность, использование торфа, переработка торфа, рациональное использование природных ресурсов, торфяники

Торф является важным природным ресурсом, который широко применяется в различных сферах экономики как в Республике Беларусь, так и во всем мире. Благодаря значительным запасам торфа, Беларусь занимает ведущие позиции в его добыче и переработке в Европе. Торф используется преимущественно в энергетике, сельском хозяйстве, строительстве, а также в химической и медицинской промышленности. В энергетике торф служит топливом для электростанций и котельных, в сельском хозяйстве – как компонент удобрений и почвосмесей, повышающих плодородие и структуру почвы. В животноводстве торф применяют для подстилок и кормов. Кроме того, торф является сырьем для производства фильтров, лекарств и строительных материалов. Во всем мире сфера применения торфа постоянно расширяется, включая экологические технологии и производство товаров народного потребления. В последние десятилетия растет внимание к рациональному и устойчивому использованию торфяных ресурсов, что особенно важно для сохранения природных экосистем, учитывая богатство запасов торфа в Беларуси и ряде других стран.

Актуальность исследования направлений и использования торфа в Республике Беларусь обусловлена значимой ролью этого природного ресурса для различных отраслей экономики страны. Благодаря крупным запасам торфа Беларусь не только удовлетворяет свои потребности в топливе, но и развивает нетопливные направления использования. Именно разнообразие использования торфа открывает новые возможности для расширения ассортимента торфяной продукции. Отрасль сталкивается с задачей модернизации производства и внедрения экологически безопасных технологий.

Целью работы являлось проведение комплексного исследования направлений и методов использования торфа в Республике Беларусь для выявления перспективных возможностей и разработки рекомендаций по расширению ассортимента и увеличению объема выпускаемой торфяной продукции. Материалы подготовлены на основе анализа информации, полученной с основных новостных порталов Республики Беларусь, а также с официальных сайтов предприятий торфяной промышленности.

На территории Беларуси запасы торфа оцениваются в 2,4 млрд тонн, из которых для промышленной разработки определены 302 млн тонн, или 12 % от общего объема. Из 92 месторождений эксплуатируется 37. Производится 1,2 млн тонн торфяной продукции, в том числе около 1 млн тонн – топливной группы, что позволяет ежегодно замещать более 450 млн $м^3$ импортного природного газа. Соответственно, продукции нетопливного назначения производится около 200 тысяч тонн. В 2024 году организации торфяной промышленности добыли 1,9 млн тонн торфа, что позволяет полностью обеспечить внутренние потребности страны. При этом доля нашего государства в общем объеме мировой торфодобычи составляет около 15 %, а в объеме производства торфяной топливной продукции – около 35 % [1].

Торфяная промышленность представлена 25 организациями, осуществляющими добычу и переработку торфа, из которых 19 выпускают топливные брикеты [2].

Запасы торфа в Республике Беларусь широко применяются в различных экономических отраслях, обеспечивая многогранное и эффективное использование сырьевой базы. Основные направления использования торфа включают энергетический сектор, сельское хозяйство, производство строительных материалов, экологические технологии, а также медицинскую и промышленность [3].

В Республике Беларусь одним из приоритетных направлений использования торфа является производство питательных почвогрунтов, обладающих уникальными физико-химическими и биологическими характеристиками.

Совместно с НАН Беларуси разработано более 50 рецептур торфяных субстратов, проводится работа по расширению номенклатуры выпуска продукции на основе торфа с высокой добавленной стоимостью, создана рабочая группа с Институтом природопользования НАН Беларуси (институт раньше назывался Институт торфа). Торф часто используется для улучшения плодородия почвы. В чистом виде торф редко используется как удобрение.

Основная причина, ограничивающая развитие торфяной промышленности, – это отсутствие потребности в торфе и торфяной продукции, прежде всего из-за небольшого разнообразия выпускаемой продукции.

Узкий ассортимент торфяной продукции ограничивает возможности роста его потребления, поэтому расширение ассортиментного ряда за счет новых нетрадиционных способов использования торфа позволит расширить возможности применения торфа в народном хозяйстве. Торф и продукты его переработки также характеризуются высоким экспортным потенциалом. Именно поэтому необходимо вначале конкретно определиться с потенциальными перспективными направлениями использования торфа и торфяной продукции, выражающими потребность в конкретных видах и объемах.

Целью нашей работы являлось показать значимость торфа как сырьевого ресурса для получения ценных продуктов, используемых практически во всех отраслях промышленности.

В результате анализа научно-технической документации были систематизированы направления использования торфа (рисунок 1).

Представим краткий обзор основных направлений, которые либо получили широкое распространение, либо кажутся наиболее перспективными и интересными.

В Беларуси торф играет важную роль в энергетике, способствуя обеспечению энергетической безопасности страны и снижению зависимости от импортируемого природного газа. Основными видами торфяной продукции, являются брикеты топливные на основе торфа, сушенка торфяная, торф топливный фрезерный, торф верховой кипованный, которые применяются для отопления в жилищно-коммунальном хозяйстве, а также в промышленности, включая цементное производство. Согласно программе комплексной модернизации торфяных производств, за 2024–2025 годы [4], в топливно-энергетический баланс страны вовлекается около 3,3 млн тонн условного топлива в виде торфяной продукции. Торфяные топливные продукты широко используются на торфобрикетных заводах и котельных, причём торф занимает около 15 % в структуре использования местных видов топлива.

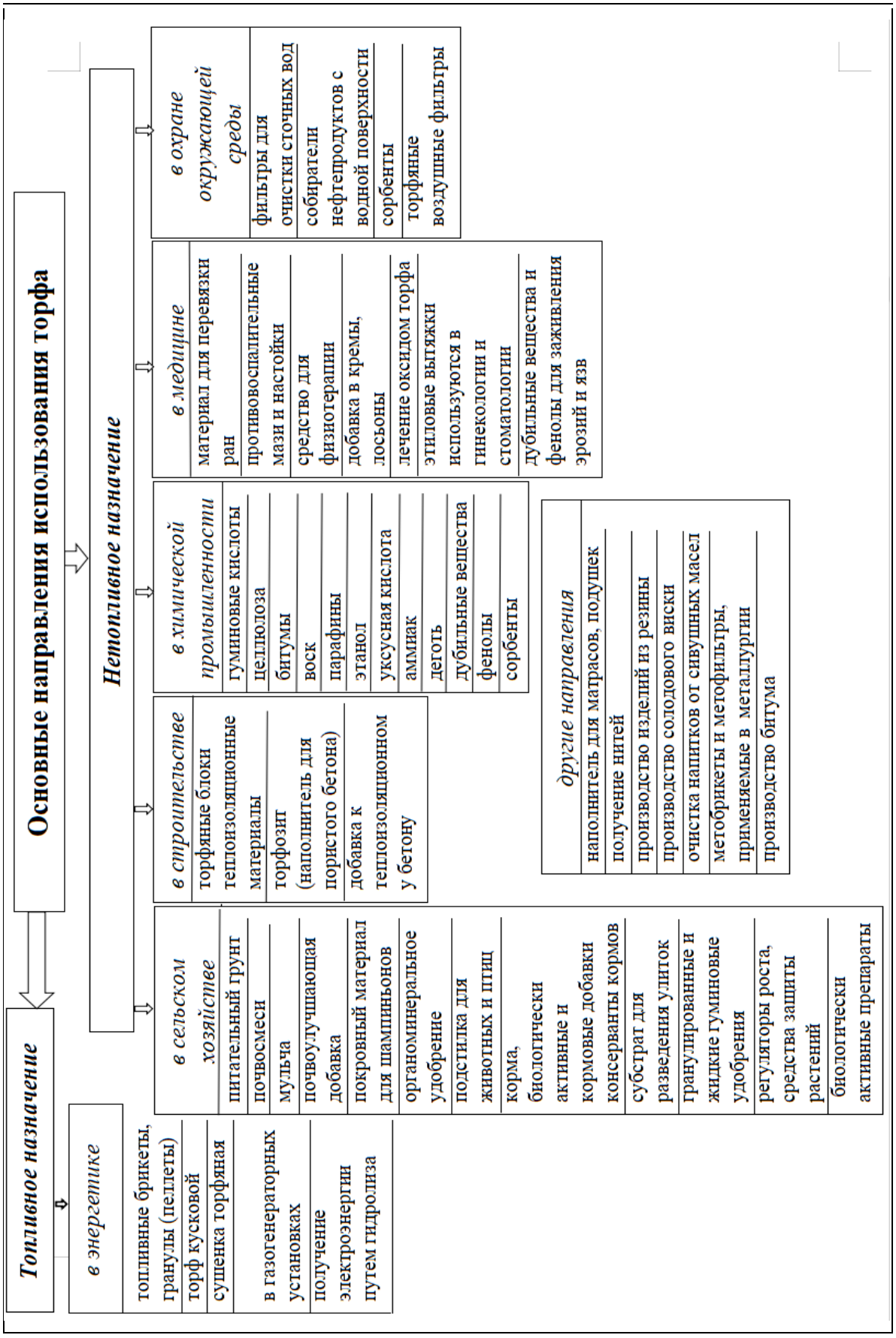


Рис. 1. Направления использования торфа

Если не ограничиваться получением из торфа лишь тепловой энергии, следует обратить внимание на более экономически полезную технологию – газификацию торфа. Газификация представляет собой простой способ получения газообразного топлива из торфа [5]. Распространенной практикой является компостирование торфа, когда торф компостируют вместе с аммиачной водой или биологическими отходами, что активизирует азот и делает удобрение более эффективным. Получаемый продукт улучшает плодородие почв и снижает распространение болезней. Торф применяется для закрепления деградированных почв, предотвращая их выдувание ветром и размывание водой.

Почвоулучшающие добавки на основе торфа представляют собой органические препараты, которые значительно улучшают структуру и плодородие почвы. Их основное действие направлено на повышение влаго- и воздухопроницаемости грунта, улучшение биологической активности почвы и содействие развитию полезной микрофлоры.

На основе торфа получены регуляторы роста и средства защиты растений, которые содержат гуминовые и фульвовые кислоты, аминокислоты, макро- и микроэлементы. Примером такого продукта является «Оксидат торфа» – водорастворимый концентрат, который стимулирует рост растений, улучшает развитие корневой системы и повышает устойчивость к неблагоприятным факторам среды, включая болезни и стрессовые условия [7].

В результате исследований геоботанических и физико-химических свойств различных видов торфа научно обоснованы критерии подбора торфяного сырья для создания и производства гранулированного сорбционного материала, используемого в качестве добавки к традиционно применяемой подстилке при выращивании птицы. Антисептики торфа предотвращают размножение патогенных бактерий. Вторая сфера применения материала в животноводстве – производство кормов. Используется метод торфопоники или силосования.

Торф также используется как субстрат для разведения улиток и дождевых червей [6].

Значительным импортозамещающим проектом стало открытие в 2022 году цеха по производству покровных грунтов для выращивания шампиньонов [5-7].

Учитывая уникальный химический состав торфа, в медицине его используют как источник большого количества различных элементов, а также в качестве сырья для производства лекарственных препаратов, бытовой химии, полиграфической продукции и других товаров. На сегодняшний день одним из распространённых методов лечения являются торфяные ванны, которые помогают при артритах, кожных

заболеваниях, нарушениях нервной системы и ускоряют восстановление после травм.

Торф широко применяется в физиотерапии в виде торфяных аппликаций, ванн и обертываний. Горячий торф, часто смешанный с минеральной водой, наносится на поражённые участки тела, что улучшает кровообращение, снижает боль и мышечное напряжение, а также смягчает воспалительные процессы. Торф обладает высокой теплоёмкостью и низкой теплопроводностью, что создаёт длительный согревающий эффект и стимулирует обмен веществ в тканях [8]. Этиловые вытяжки из торфяных смол используются в гинекологии и стоматологии. Дубильные вещества и фенолы способствуют заживлению эрозий и язв на слизистой оболочке. В результате различных химических процессов из торфа получают метиловый и этиловый спирты, а также добывают воск, парафин и уксусную кислоту [9].

Торф представляет собой смесь растительных остатков и продуктов их разложения, содержащих свыше ста различных веществ. Благодаря этому он является ценным сырьём для химической промышленности. Для получения полезных компонентов торф подвергается термолизу (нагреванию до 140 °С), гидролизу и экстрагированию. Извлечённые вещества не просто выделяют, а применяют для синтеза новых химических соединений. Например, из одной тонны торфа возможно получить: гуминовые кислоты (450 кг), целлюлозу (150 кг), битумы (150 кг), воск (20 кг), парафины (20 кг), этанол (45 кг), уксусную кислоту (15 кг), аммиак (5 кг), деготь (до 100 кг), дубильные вещества (20 кг), фенолы (6 кг) и др.

После извлечения всех полезных субстанций из остатков торфа производят кормовые дрожжи и кормовую массу для животных, а также осахаренный торф, который используется в производстве спирта [5].

В строительстве торф в первую очередь известен как звуко- и теплоизоляционный материал. Уже достаточно давно с этой целью используются торфяные плиты, внешне похожие на утеплители из минеральной ваты. На сегодняшний день в строительстве используется введение антипиренов в торфяные плиты, что обеспечивает им огнестойкость и применение гидрофобизаторов, которое делает их водонепроницаемыми, а добавление антисептиков позволяет защищать материал от биологических опасностей, таких как плесень и грибок. Особый интерес представляют так называемые торфоблоки, для производства которых используется торф, который просеивается и перетирается с водой до состояния связующего вещества. Из торфа изготавливают торфозит. Измельченный материал прессуют в гранулы и покрывают глиной. Затем она спекается, торф внутри сгорает. Получаются полые камешки, похожие на керамзит. Они служат наполнителем для пористого бетона. Кроме того, торф используется для изготовления

торфощелочных реагентов, применяемых в буровых работах и строительстве [10].

Торф как сорбент обладает высокими сорбционными свойствами благодаря своей пористой структуре, большой удельной поверхности и органическому составу. Он эффективно впитывает нефтяные углеводороды, масла, тяжелые металлы и газообразные продукты жизнедеятельности, например, аммиак. Торфяной сорбент часто модифицируют для придания гидрофобности, что позволяет ему быстро и избирательно поглощать нефтепродукты в условиях разливов, а также сохранять их внутри, не позволяя распространиться в окружающую среду. Основываясь на высоких сорбционных свойствах торфа научились использовать фильтры с торфом для очистки напитков от сивушных масел, улучшая их качество и вкус.

Торф является важной составляющей в производстве традиционного солодового виски. Торфяные брикеты используют для сушки ячменного солода, при этом в процессе горения выделяются фенолы и смолы, которые пропитывают зерно и придают напитку характерный вкус и аромат.

Из торфа изготавливают разнообразные фильтры, применяемые для очистки сточных вод, ливневой канализации, гидроизоляционных сооружений, а также для улавливания нефтепродуктов на поверхности и дне водоемов. Материал обладает способностью поглощать углекислый газ и токсические вещества из выбросов, поэтому он является основой торфяных воздушных фильтров.

Верховой торф с низкой степенью разложения является экологически чистым материалом, который широко применяют в качестве наполнителя для матрасов и подушек. Благодаря высокой впитывающей способности и антисептическим свойствам, он предотвращает размножение бактерий и домашних клещей, не вызывает аллергии. Для использования такой торф сушат, очищают и выделяют из него растительные волокна, которые и служат непосредственным наполнителем [5].

В некоторых странах торф применялся в металлургии как топливо. Из него изготавливали метобрикеты, которые смешивали с металлургическими отходами и добавляли в топку при выплавке стали. Взаимодействие оксидов металлов с углеводами торфа способствовало ускорению процессов восстановления в стали.

Торф используют при производстве метофильтров для очистки стали и цветных металлов. Для этого из огнеупорных материалов создают фильтры, которые смешивают с торфяными гранулами и затем обжигают. При обжиге торф сгорает, образуя поры заданного размера, что придает фильтрам необходимую пористую структуру [10].

Торф используется в производстве торфяных битумов, а также в качестве компонента при синтезе присадок, улучшающих адгезию и другие свойства битумов.

Таким образом, нетопливные направления применения торфа включают производство органических и органоминеральных удобрений, удобрительных смесей и мелиорантов, биостимуляторов и веществ, стимулирующих рост, кормовых добавок, медицинских препаратов, косметических средств, а также сорбционных материалов для поглощения вредных и токсичных соединений, в том числе тяжелых металлов и радионуклидов [5].

Расширение области применения торфа будет способствовать диверсификации и укреплению национальной экономики. Особое внимание при этом должно уделяться рациональному использованию и сохранению этого возобновляемого ресурса, что позволит обеспечивать баланс между экономическими потребностями и охраной окружающей среды. Основные принципы реализации стратегии модернизации торфяной промышленности приведены в соответствующей государственной программе [4].

Таким образом, торф остается стратегически важным ресурсом, способствующим энергонезависимости, экологической безопасности и развитию многочисленных отраслей экономики Беларуси. Развивающиеся направления переработки торфа подчеркивают инновационный потенциал отрасли и ее вклад в улучшение качества жизни населения страны.

Литература

1 Экологический портал Республики Беларусь: [сайт]. – Минск. – URL: https://ecoportal.gov.by/nedra/mineralno-syrevaya-baza/dobyvaemoe-syre/torf/.

2 Belarus.by: официальный сайт Республики Бларусь: сайт. – Минск. – URL: https://www.belarus.by.

3 Что делают в Беларуси из торфа? – Текст : электронный // онлайн-издание «Звязда» : [сайт]. – URL: https://zviazda.by/ru/news/chto-v-belarusi-delayut-iz-torfa/.

4 Программа комплексной модернизации торфяных производств на 2021 – 2025 годы: [утверждена Постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь 31.12.2020, № 1111]. – Минск. – 27 с.

5 Применение торфа. // Грунтовозов : [сайт]. – URL: https://gruntovozov.ru/chasto-zadavayemiye-voprosy/primenenie-torfa/#primenenie-torfa.

6 Торф в животноводстве // Фабрика торфа: [сайт]. – URL: https://fabrikatorfa.ru/products/torf-v-zhivotnovodstve/?ysclid=mfh4morte3827507142.

7 Экотехнологические исследования. // Институт природопользования НАН Беларуси : официальный сайт. – URL: https://nature-nas.by/ecotech-res.

8 Лечение торфом. – URL: http://richland.net.ua/ru/poslugi/likuvannia-torfom.

9 Применение торфа. – URL: https://starforge.info/articles/6356/.

10 Перспективы использования торфа в производстве строительных материалов. – URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/141781/192-196.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

УДК 911.3

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СУБЪЕКТОВ РФ В ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Петров Ю.В.

E-mail: petrov19811201@gmail.com
ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, РФ

В статье приведены механизмы дифференциации в природоохранной политике субъектов РФ, в зависимости от состояния окружающей среды в урочищах территориальных общественных систем. В основе политики возможно использование географических предпосылок.

Ключевые слова: дифференциация, охрана окружающей среды, территориальная общественная система, территориальная общность людей, экологический фонд.

Сложившаяся организация охраны окружающей среды в РФ характеризуется наличием различий в точке текущей оценки. Географические условия, характеризующиеся закономерными различиями к восприимчивости к параметрам антропогенного воздействия, формируют и различную ситуацию обратных и прямых связей природно-территориальных комплексов на один и тот же уровень антропогенного воздействия. Арктические широты и субтропики имеют существенные различия в реакции, которые, очевидно, необходимо учитывать и использовать в организации территориального управления.

Организация охраны окружающей среды представляет собой совокупность определённых превентивных мероприятий, а также рекультивацию и ревитализацию природных ландшафтов, формирование культурных и селитебных ландшафтов [3; 7]. Эти мероприятия требуют соответствующего финансирования, которое определяется, в том числе, эффективностью организации природопользования. При эффективном природопользовании субъекты хозяйственной деятельности получают искомую норму прибыли, для устойчивого извлечения которой компенсируют экологические, а в контексте территории, геоэкологические экстернальные издержки территориальной общественной системе [1; 9].

При организации благополучного геоэкологического взаимодействия территориальная общность людей в составе ограниченной территориальной общественной системы, предпринимательское сообщество как совокупность взаимодействующих субъектов предпринимательской деятельности на основе утверждённых правил игры (закреплённой на законодательном уровне долгосрочной стратегии социально-экономического развития места) обеспечивают рост взаимного благополучия. Предприниматели получают гарантированный продукт природопользования – нефть, природный газ,

песок, древесину, ягоды, дичь, воду, ассимиляционный потенциал окружающей среды и т.д., что обеспечивает им конкурентные преимущества. Они могут проявляться в приоритетном представлении продукции на государственном и муниципальном уровнях торговых отношений; в получении соответствующих документов наличия общественного договора; в формировании преимущественного взаимоотношения с финансовыми регуляторами. Территориальная общность людей получает безопасную на постоянной основе окружающую природную среду, материальный достаток и основы для формирования обеспечения социального благополучия. Региональный менеджмент получает механизмы регулирования взаимоотношений между всеми субъектами торговых отношений.

При наличии исходной дифференциации между субъектами РФ по сложившейся экологической ситуации сама организация охраны окружающей среды должна устраиваться различными механизмами, приемлемыми для данной территории. И в этом отношении необходима гибкость федерального экологического законодательства, а также проработка регионального и муниципального нормативного правового регулирования. Отметим в тезисном формате направления таких преобразований, по мере усложнения параметров их внедрения.

Выявление приоритетных экологических угроз для муниципальных образований, которые соотносятся с приоритетами в организации природопользования в составе сложившейся территориальной общественной системы [4; 6; 10]. Выявление проблем природопользования должно соотноситься с понимаемыми непосредственно на территории людьми стоящими перед ними экологическими угрозами, которые могут повлиять на их материальное благополучие. Соответственно, при формировании экологических глав стратегий социально-экономического развития должны быть чётко выделены все легитимные на месте виды природопользования: которые имеют существенное для предпринимателей значение. Для привязки вида природопользования к определённой территориальной общественной системе можно результат представить в формате уникального действенного географического инструмента – ландшафтной карты. На ней могут быть выделены соответствующие урочища, соотнесённые с видом природопользования, то есть оценённые через хозяйственную ценность: водопользование, сбор дикоросов, почвенные разности и т.п. Сохранение экономической эффективности получения прибыли с каждого такого урочища может быть положено в основу организации охраны окружающей среды. Если рыболовство, например, является значимым хозяйственным видом деятельности в данном муниципалитете, то и сохранение всех прилегающих к реке урочищ в геоэкологической безопасности является приоритетной задачей [1; 2].

Вторым инструментом является формирование перечня необходимых превентивных и восстановительных геоэкологических мероприятий на

территории. Опять же, при наличии детальной ландшафтной карты, каждому урочищу можно соотнести перечень соответствующих природоохранных и природовосстановительных мероприятий. Установить временной диапазон, процесс осуществления контрольных замеров и корректирующих действий. Если за определённый период характеристики урочища не стали угрожать жизнедеятельности и конкурентоспособности в составе своей территориальной общественной системы, то и перечень мероприятий финансируется только в объёме проведения мониторинговых замеров и оценок. При фиксации уровня деградации урочища включается механизм финансирования восстановительных мероприятий: ограничения деятельности хозяйствующего субъекта, проведения рекультивации, уменьшения совокупной антропогенной нагрузки на урочище.

Третьим инструментом является организация финансовых механизмов, прежде всего, в формате окрашенных фондов. Одним из них вполне может быть и эндаумент, формирующийся на основе некоей заданной суммы для каждого урочища. Если экологическая ситуация не требует вмешательства со стороны, то средства фонда просто продолжают работать в экономике на основе самых устойчивых инвестиций. Если возникают ситуации для вмешательства вследствие ухудшения текущей экологической ситуации на урочище, то средства направляются на финансирование восстановительных мероприятий, с предпринимателей вновь начинают взиматься отчисления в фонд до достижения установленного лимита. В результате, если предпринимательское сообщество функционирует в условиях безопасной экологической среды, то экологические платежи у него отсутствуют, а у территориальной общественной системы есть фонд, способный в любой момент подключиться в случае возникновения форс-мажорных обстоятельств. В случае неблагоприятной экологической ситуации субъекты хозяйственной деятельности вынуждены предпринимать усилия для восстановления определённого урочища, включая заинтересованность в скорейшем восстановлении территории, трансформации своих неэффективных процессов, в выявлении чётких причин и виновников в ухудшении состояния окружающей среды.

При таком детальном подходе очевидна дифференциация между субъектами РФ в части их государственных стратегий, а также на уровне муниципальных аналогичных документов. Непосредственно на муниципальном уровне должны задаваться условия геоэкологической безопасности, прежде всего, с ориентацией на фоновые характеристики окружающей среды. Например, в Тюменской области, в силу природных особенностей, всегда превышено содержание в природных средах железа в сравнении с параметрами установленных предельно допустимых концентраций (ПДК). Но, если отталкиваться от фоновых концентраций, в которых устойчиво осуществляется природопользование субъектами традиционной экономики [5; 8], то ПДК становится непоказательной

характеристикой, а внимание концентрируется на состоянии определённых оленьих пастбищ, охотничьих участков, рыболовных угодий и т.д.

Соответственно, при формировании государственной стратегии социально-экономического развития субъекта РФ задаются границы территориальных общественных систем в составе муниципальных образований, параметры ландшафтного картографирования природно-территориальных комплексов, формируются правила функционирования экологических фондов. При установлении высоких размеров стоимости обслуживания фондов, задании высоких лимитов для накопления, высокой стоимости восстановительных мероприятий предпринимательское сообщество найдёт иные территории приложения инвестиций. При недостаточном финансировании, напротив, постоянно будет неудовлетворительное состояние окружающей среды, что исключает отказ от постоянного взноса экологических взносов.

Литература

1. Дружинин А. Г. Развитие Российской общественной географии: современные вызовы и опыт прошлого // Географический вестник. 2022. №2(61). С. 17-33.

2. Затолокин А. С., Петров Ю. В. Направления цифровизации системы обращений граждан // Социальная реальность виртуального пространства. Иркутск: Иркутский государственный университет, 2023. С. 301-305.

3. Лефевр А. Право на город // Экономическая социология. 2023. Т. 24, №1. С. 55-70. DOI 10.17323/1726-3247-2023-1-55-70

4. Нефедкин В. И. "Бюджетное проклятие" ресурсных регионов // ЭКО. 2015. № 6 (492). С. 5-24.

5. Новикова Н. И. Нефть, газ, коренные народы: кто напишет правила? // Вестник угроведения. 2016. №3(26). С. 124-137.

6. Петров Ю. В. Направления риск-ориентированного программирования экологического надзора в ресурсодобывающем регионе // Человек в современном мире: экология, рекреация, туризм. Грозный: Чеченский государственный университет, 2019. С. 117-121.

7. Ротова А. О., Петров Ю. В. Культурные особенности организации территориальных общественных систем автономных округов Тюменской области // Социальные и культурные практики в современном российском обществе: инициатива, партнерство, стратегии развития. Новосибирск: Новосибирский государственный педагогический университет, 2024. С. 74-78.

8. Скрицкая М. К., Петров Ю. В. Экологические аспекты организации традиционного природопользования в ресурсодобывающем регионе // Арктика: экология и экономика. 2024. Т. 14, №1(53). С. 80-89. DOI 10.25283/2223-4594-2024-1-80-89

9. Шарыгин М. Д. Общественная география в России: тернистый путь развития // Географический вестник. 2017. №2(41). С. 17-25. DOI 10.17072/2079-7877-2017-2-17-25

10. Transport Infrastructure for the Sustainable Development of Rural Territories in Siberia / V. V. Aleschenko, O. A. Aleschenko, Yu. V. Petrov, E. V. Rudoy // Transportation Research Procedia. Krasnoyarsk: Elsevier B.V., 2023. P. 750-754. DOI 10.1016/j.trpro.2023.02.103

УДК 631.42

МИКРОПЛАСТИК И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ Г. БРЯНСКА

Полещук Е.С., Анищенко Е.И.

E-mail: poleshchuk_lol@mail.ru
Научный руководитель: Анищенко Л.Н., профессор кафедры географии, экологии и землеустройства, д-р с.-х. наук.
ФГБОУ ВО «БГУ имени академика И. Г. Петровского», г. Брянск, Россия

В статье приводится анализ взаимосвязи между содержанием микропластика в почве и активностью почвенной каталазы, ключевого фермента, отражающего общее состояние и микробиологическую активность почвы.

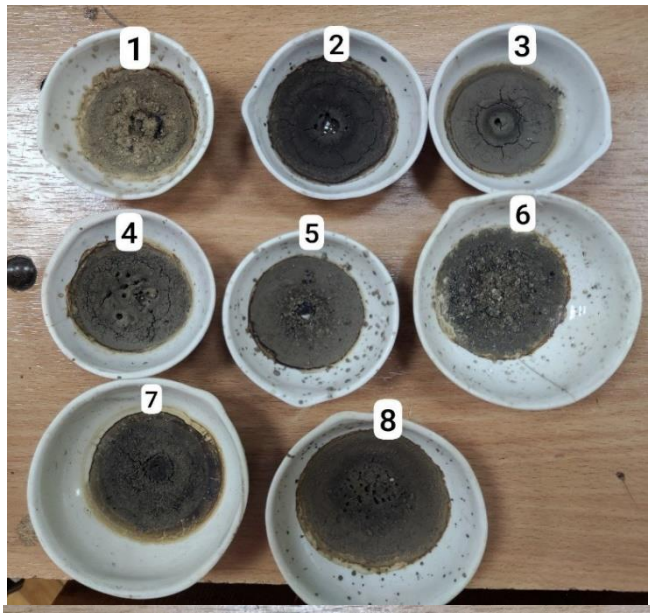
Ключевые слова: микропластик, каталаза, загрязнение почв, урбанозёмы.

Загрязнение окружающей среды синтетическими полимерами, особенно микропластиком, стало одной из острейших экологических проблем нашего времени, особенно в последнее десятилетие. Микропластик – загрязнитель, представляющий собой частицы диаметром менее 5 мм, включая наноразмерные фракции, обладающие широким спектром свойств [3]. Почва – один из важнейших ресурсов планеты, обеспечивающий критически важные экосистемные функции и услуги для жизни на Земле, ввиду увеличившегося потока микропластических частиц превратилась в крупнейший резервуар микропластика. Игнорировать такую высокую концентрацию микропластика в почве опасно, ведь он представляет серьезную потенциальную угрозу для окружающей среды, поскольку способен изменять химические и физико-химические свойства почв, негативно влиять на микробную активность, уничтожать почвенную фауну и тормозить рост растений. Урбазёмы (урбанозёмы) представляют собой особо уязвимые экосистемы в отношении микропластикового загрязнения, и выявленные изменения подчеркивают необходимость усиленного мониторинга этих почв для сохранения их экосистемных функций в городской среде [2]. Для крупного г. Брянска впервые дан анализ содержания микропластических частиц, определены связи с ферментативной активностью биокосного тела – почвы, что определено целью работы.

Для определения содержания частиц микропластика выбраны и применены следующие методы: флотация в дистиллированной воде и нагревание [1]. Всего было проанализировано 12 проб почвы г. Брянска, являющихся типичными урбанозёмами с изменёнными свойствами; пробоотбор осуществлялся на всех оживлённых улицах города по трансектам; методом прикопк. Результаты исследования, отображенные в

рисунке 1, показали, что почти во всех пробах содержатся частицы микропластика, их размер был <1 мм.

А)



Б)

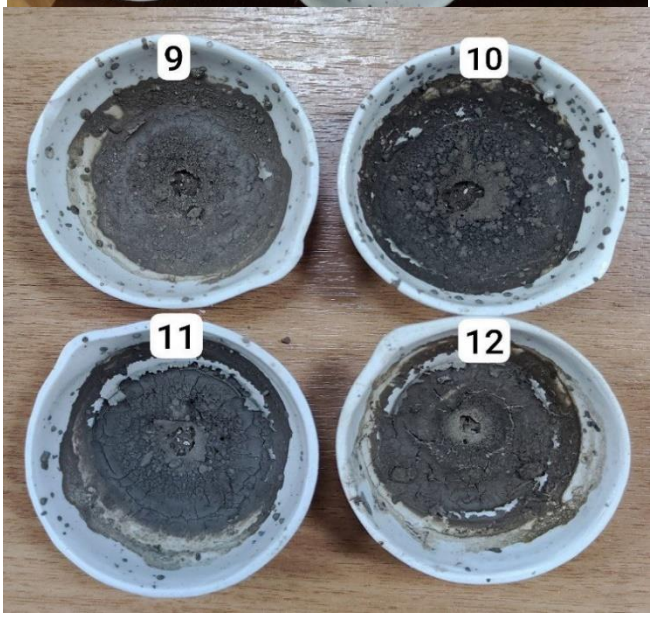


Рис 1. Общий вид исследуемых проб твердых субстратов после флотации и нагрева

Для определения содержания микропластика в почве был произведен визуальный подсчет частиц, затем их число было переведено в ед/кг (табл. 1).

Таблица 1

Содержание частиц микропластика в почве

№ п/п	Место пробоотбора	Количество частиц микропластика на 5 г почвы, ед	Количество единиц микропластика на килограмм сухой массы, ед/кг
1	Ост. Манеж	6	1200
2	Ост. Цирк	6	1200

Окончание табл. 1

1	2	3	4
3	с. Супонево	10	2000
4	Ост. Юрфак БГУ	5	1000
5	Ул. Камозина	7	1400
6	Ул. Гомельская	12	2400
7	Сквер памяти жертвам Чернобыля	2	400
8	Ост. университет	8	1600
9	ул. Бежицкая	11	2200
10	ул. Горбатова	7	1400
11	Ост. МВД	5	1000
12	Ост. Лицей	6	1200

Самые высокие концентрации микропластика зафиксированы на ул. Гомельская (2400 ед/кг), ул. Бежицкая (2200 ед/кг) и с. Супонево (2000 ед/кг). Это может быть связано с интенсивным антропогенным воздействием, близостью к транспортным магистралям, местам скопления мусора или другими факторами. Наименьшее количество микропластика обнаружено в Сквере памяти жертвам Чернобыля (400 ед/кг). Это может быть обусловлено меньшим антропогенным воздействием или более эффективными процессами самоочищения в данной зоне.

Для оценки влияния антропогенного воздействия на состояние почв в тех же образцах была измерена активность каталазы (таблица 2). Активность каталазы выступает индикатором стресса почвы: чем выше активность, тем сильнее почва подвержена негативным воздействиям и стрессу. Результаты исследования по активности каталазы в почве представлены в таблице 2.

Таблица 2

Активность каталазы в почвах разных экологических типов

Объект	Навеска, г	Время опыта, мин	O_2, выделенный за время опыта, мл	Активность каталазы, мл O_2 на г. сырого вещества за время опыта
Ост. Манеж	5	1	7,8	1,56
Ул. Горбатова	5	1	9,6	1,92
Ост. Юрфак БГУ	5	1	4,5	0,9
Сквер памяти жертвам Чернобыля	5	1	8,3	1,66
Ул. Бежицкая	5	1	1,6	0,32
Ул. Камозина	5	1	2,4	0,48
Ост. Цирк	5	1	3,6	0,72
Ост. Лицей	5	1	5,1	1,02
Ул. Гомельская	5	1	4,3	0,86
Ост. МВД	5	1	3,2	0,64
с. Супонево	5	1	4,5	0,9
Ост. БГУ	5	1	4,3	0,86

Для определения взаимосвязи между содержанием единиц микропластика и активностью каталазы в почве была построена диаграмма рассеяния (рисунок 2). В результате этого процесса было получено уравнение линейной регрессии: $y = 7694x^4 – 34510x^3 + 53240x^2 – 33114x + 8383,8$.

Исходя из результатов регрессионного анализа между показателями – содержанием микропластика и активностью каталазы в почве, можно сделать вывод, что из-за коэффициента $R^2 = 0,4813$ (умеренная положительная корреляция) содержание микропластика и активность каталазы взаимосвязаны между собой, эта взаимосвязь средняя.

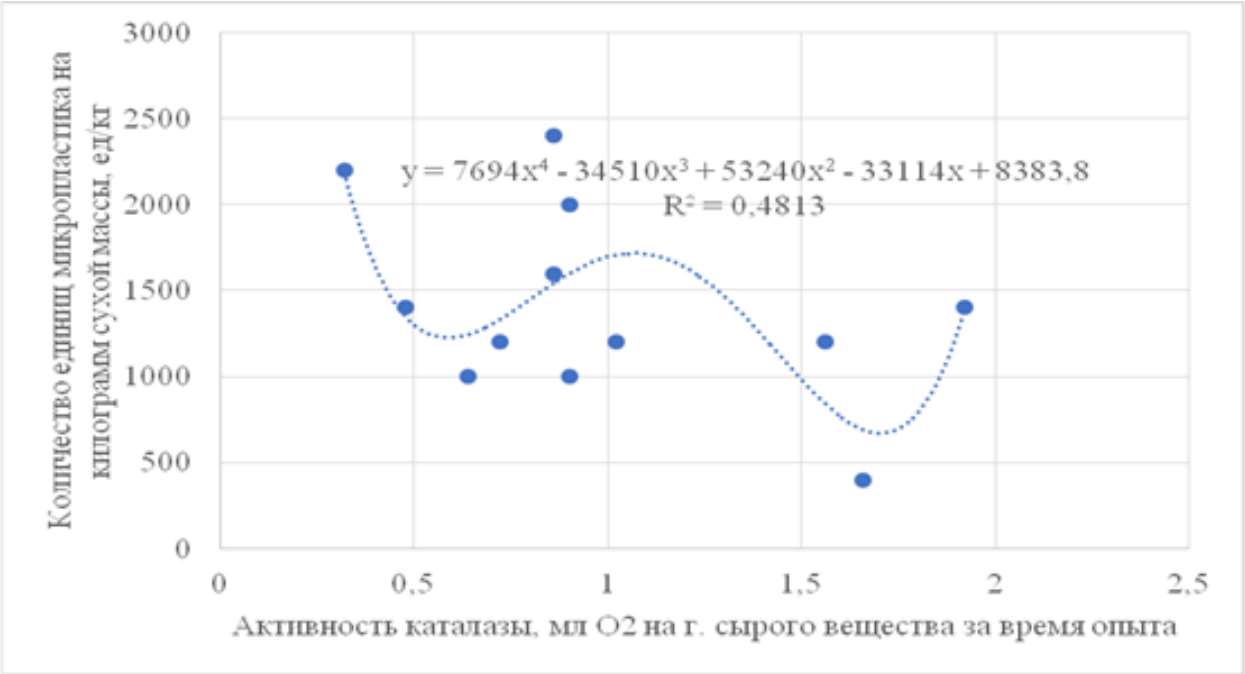


Рис. 2. Зависимость содержания микропластика в почве от активности каталазы

Положительная тенденция существует, но она недостаточно сильна, чтобы быть надежно использованной для выявления сильной взаимосвязи.

Литература

1. Кухарчик, Т. И. Загрязнение почв микропластиком при производстве пенополистирола // Почвоведение. – 2022. – № 3. – С. 370–380.

2. Махонина, Г. И. Мониторинг нарушенных земель : учебное пособие / Г. И. Махонина, В. В. Валадайских. – Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2008. – 207 с.

3. Мерзляков, О. Э. Микропластик в почвах: разработка методик детекции на примере агропочв Западной Сибири // Материалы I Всероссийской конференции с международным участием по загрязнению окружающей среды микропластиком, Шира, Хакасия, 02–06 августа 2022 года. – Шира, Хакасия: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2022. – С. 91-94.

УДК

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ В ООПТ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Пригорща А.А.

E-mail: annapr443@gmail.com
Научный руководитель: Марциневская Л.В., кандидат географических наук, доцент
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

В статье приводится исследование современного состояния и перспектив развития системы особо охраняемых природных территорий Белгородской области в контексте организации экологического просвещения и познавательного туризма.

Ключевые слова: экологическое просвещение, особо охраняемые природные территории, Белгородская область, познавательный туризм, экологическая культура.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) – это участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, имеющие особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной и региональной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для них установлен режим особой охраны [5].

На территории Белгородской области функционирует 314 особо охраняемых природных территорий регионального значения общей площадью 301 106,94 га, в том числе: природные парки (10 шт., 14 370,32 га), государственные природные заказники (179 шт., 27 691,28 га), памятники природы (107 шт., 190,68 га), дендрологические парки (2 шт., 4,14 га), ботанический сад (1 шт., 71 га), а также государственные природные комплексные (ландшафтные) заказники (15 шт., 258 779,52 га) [2, 3].

Нормативную законодательно-правовую базу для создания региональной системы ООПТ Белгородской области обеспечивают Федеральный и областной законы «Об особо охраняемых природных территориях»; Земельный и Лесной кодексы РФ; Положение о генетических резерватах РФ; Красные книги РФ и Белгородской области, также некоторые другие документы [5].

Таблица 1

Региональная система ООПТ Белгородской области

Категория ООПТ	Количество	Площадь, га
Природные парки	10	14 370,32
Государственные природные заказники	179	27 691,28
Памятники природы	107	190,6789
Дендрологические парки	2	4,141
Ботанические сады	1	71
Государственные природные комплексные (ландшафтные) заказники	15	258 779,52
ИТОГО	314	301 106,94

Экологическое просвещение является ключевым элементом эффективной охраны природы и устойчивого природопользования. Оно повышает экологическую грамотность населения, формирует ответственное поведение при посещении особо охраняемых природных территорий, способствует поддержке научных программ мониторинга и вовлечению волонтёров и школьников в практическую природоохранную работу. Без системных просветительских мероприятий сохраняется риск неконтролируемого рекреационного давления, браконьерства, уничтожения редких видов и деградации экосистем [4].

В Белгородской области реализуется комплексный подход к экологическому просвещению, включающий разработку и внедрение цифровых интерактивных ресурсов, таких как специализированный навигатор и картографические сервисы с детализированной информацией об особо охраняемых природных территориях. Значительное внимание уделяется медийному сопровождению через систематическую публикацию тематических материалов в региональных средствах массовой информации и ведение специализированных разделов в социальных сетях, что способствует повышению экологической грамотности населения и формированию ответственного отношения к природоохранным объектам [1].

Кроме того, в регионе регулярно проводят научно-практические конференции, студенческие форумы и межвузовские мероприятия, посвященные проблемам природопользования и сохранения биоразнообразия. Эти события создают площадку для обмена знаниями между научным сообществом, органами власти и образовательными учреждениями, способствуя разработке новых методик и просветительских продуктов для разных целевых аудиторий.

В рамках развития системы экологического просвещения планируется реализация комплекса мероприятий, направленных на различные целевые аудитории. В перспективе предусмотрено проведение

цикла выездных образовательных мероприятий для студентов и школьников на участки ООПТ регионального значения области.

Параллельно будет осуществлена разработка и распространение современных печатных материалов, включая информационные буклеты и размещение баннеров, содержащих актуальные сведения о режимах охраны, оборудованных рекреационных объектах и маршрутах. Дополнительным компонентом станет ведение социальных сетей, направленной на популяризацию природно-заповедного фонда области через публикацию тематического контента о возможностях познавательного туризма и рекреации на ООПТ.

Полученный опыт изучения данной темы позволяет сделать вывод о том, что Белгородская область представляет собой перспективную территорию для развития экологического просвещения с разнообразными форматами образовательной деятельности: от интерактивных навигаторов и выездных лекций до системной информационной работы в СМИ и социальных сетях. Уникальное сочетание развитой цифровой инфраструктуры, методически обоснованных образовательных программ и активной медийной поддержки обеспечивает региону значительный потенциал для формирования экологической культуры населения и развития познавательного туризма.

Литература

1. Дуюнова, И. В. Путешествуем по природным достопримечательностям Новооскольского городского округа по маршруту «Заповедники, ОПТ и памятники» / Портал «МААМ»: материалы для педагогов дошкольного образования. – Новый Оскол, 2022. – URL: https://www.maam.ru/detskijsad/puteshestvuem-po-prirodnym-dostoprimechatelnostjam-novoskolskogo-gorodskogo-okruga-po-marshrutu-zapovedniki-opt-i-pamjatni.html.

2. Монакова, Т. Д. Заповедники, заказники Белгородской области: презентация / Т. Д. Монакова, учитель географии МБОУ «Средняя общеобразовательная Монаковская школа». – URL: https://ppt-online.org/1027695 .

3. Навигатор по ООПТ // Официальный сайт областного государственного автономного учреждения «Валуйский лесхоз». – URL: https://beluprles.ru/navigator-po-oopt/.

4. Новости кафедры экологии и природопользования. Московский государственный геологоразведочный университет (МГРИ). – Москва, 2025. – URL: https://mgri.ru/faculties/environmental-department/news.php .

5. Спеваков, Б. С. Анализ особо охраняемых природных территорий Белгородской области и города Белгорода / Б. С. Спеваков, И. Ю. Вороговская, Н. В. Ширина, И. В. Колмыкова // Вектор ГеоНаук. 2021. №2. – С. 41-46.

УДК 504.062.2

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ МЕСТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОЙ ДОБЫЧИ ОБЩЕРАСПРОСТРАНЁННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ВРЕД, ПРИЧИНЁННЫЙ НЕДРАМ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Рагулина О.П.[1,2]

E-mail: ragulina_OP@mail.ru
Научный руководитель: Чендев Ю.Г., профессор, д.г.н.
[1]ФГБУ «Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия», Москва, Россия
[2]ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В статье приводится оценка влияния на окружающую среду мест несанкционированной добычи общераспространённых полезных ископаемых, а также оценка вреда, причинённого недрам Белгородской области. В процессе исследования установлено, что незаконная разработка карьеров оказывает огромное влияние на состояние компонентов окружающей среды, здоровье человека и наносит существенный вред природе. Поэтому применение мер административной ответственности, а также компенсация нанесённого окружающей среде вреда, восстановление нарушенных земель является очень важным.

Ключевые слова: общераспространённые полезные ископаемые, незаконное пользование недрами, несанкционированные карьеры, охрана недр, рекультивация земель, вред окружающей среде.

Белгородская область – это регион, который благодаря неглубокому залеганию сырья, богат месторождениями общераспространённых полезных ископаемых (ОПИ). Добыча нерудных ОПИ ведётся открытым способом, на территории области разрабатывается более 300 месторождений песка, глины, суглинков, мела. Данные полезные ископаемые являются хорошим сырьём и используются в жилищном, промышленном, дорожном строительстве, а также при производстве строительных материалов [7].

Однако любые проводимые работы по добыче полезных ископаемых открытым способом сопровождаются изменениями геосистемы: литогенной основы; почвенного покрова, растительности; гидрогеологических условий территории; загрязнением воздушной среды; естественных условий обитания объектов животного мира [5]. В связи с этим добыча ОПИ открытым способом оказывает огромное комплексное воздействие на все компоненты природной среды.

Именно поэтому хозяйственная деятельность строительного комплекса региона должна быть направлена одновременно и на обеспечение экологической безопасности, рациональное использование природных

ресурсов, и на достижение высокого уровня экономической эффективности. Только при таком варианте можно говорить об устойчивом развитии региона.

Белгородская область отличается большими темпами строительства индивидуального жилищного сектора, здесь реализуется множество крупных строительных проектов, проектов по благоустройству территорий. В связи с этим требуется большое количество строительного сырья, а, следовательно, увеличиваются и масштабы добычи ОПИ.

При таких объёмах добычи возникают ряд дополнительных проблем, такие как истощение полезных ископаемых, ухудшение условий проживания и здоровья населения в районах интенсивной добычи, а также образование несанкционированных карьеров [1].

Разработка таких карьеров причиняет большой вред окружающей среде, так как при условиях незаконной добычи недра разрабатываются варварским способом. Незаконные пользователи недр совершенно не думают о последствиях своей деятельности, полностью уничтожая почвенный слой и зелёные насаждения. Для того, чтобы в последующем минимизировать нанесённый вред окружающей среде требуется проведение целого ряда природоохранных мероприятий и рекультивационных работ [6, 8].

На момент проведения исследования (весенне-летний период 2023 года) на территории муниципальных образований Белгородской области было 146 несанкционированных карьера. К началу 2025 года их количество сократилось до 99, также изменилось соотношение между действующими и недействующими карьерами. Большая часть карьеров в настоящее время является недействующими. Однако работы по рекультивации по-прежнему не завершены [13].

Распределение несанкционированных карьеров по муниципальным образованиям области, а также сравнение количества с 2023 годом представлено в таблице 1.

Таблица 1

Информация о несанкционированных карьерах по добыче ОПИ на территории муниципальных образований Белгородской области (по состоянию на начало 2025 года)

№ п/п	Муниципальное образование	Количество несанкционированных карьеров, ед.			Сравнение с 2023 годом
		Всего	Действующие	Недействующие	
1	Алексеевский ГО	5	-	5	-3
2	г. Белгород	2	1	1	-1
3	Белгородский район	6	-	6	-9
4	Борисовский район	-	-	-	-2
5	Валуйский ГО	12	12	-	-2
6	Вейделевский район	3	2	1	-8
7	Волоконовский район	1	1	-	-6
8	Грайворонский район	3	-	3	-1
9	Губкинский ГО	2	-	2	0

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
10	Ивнянский район	5	-	5	0
11	Корочанский район	5	1	4	0
12	Красненский район	1	-	1	0
13	Красногвардейский район	6	2	4	+1
14	Краснояружский район	3	1	2	-1
15	Новооскольский район	6	2	4	+1
16	Прохоровский район	2	-	2	0
17	Ракитянский район	8	-	8	0
18	Ровеньский район	5	3	2	-15
19	Старооскольский ГО	5	-	5	0
20	Чернянский район	6	-	6	-1
21	Шебекинский ГО	6	1	5	0
22	Яковлевский ГО	7	-	7	0
ИТОГО		99	26	73	-47

Бесконтрольное незаконное пользование недрами, которые являются собственностью государства, и, как следствие, образование несанкционированных карьеров, оказывает существенное влияние на состояние компонентов природной среды.

Основными видами воздействия таких разработок являются:

1) изъятие больших площадей земель из состава земель сельскохозяйственного назначения и земель населённых пунктов;

2) нарушение верхнего плодородного слоя почвы и растительного покрова на прилегающей к карьеру территории;

3) нарушение местообитания и путей миграции представителей животного мира;

4) загрязнение атмосферного воздуха выбросами взвешенных веществ (пыль) и газообразных веществ при работе двигателей автотранспорта и спецтехники;

5) изменение рельефа в пределах территорий карьеров, загрязнение близлежащих водоемов (маслами, отходами и др.) [2, 14].

Примеры несанкционированных карьеров приведены на рисунках 1–3.

И если законные пользователи недр в соответствии с требованиями действующего законодательства о недрах обязаны выполнять ряд действий, которые определены в лицензии на пользование недрами, это:

– обеспечить безопасное ведение работ;

– соблюдать требования по рациональному использованию и охране недр, охране окружающей среды;



Рис. 1. Несанкционированный карьер по добыче песка в с. Подсереднее Алексеевского городского округа Белгородской области



Рис. 2. Несанкционированный карьер по добыче песка в с. Верхопенье Ивнянского района Белгородской области (размещение отходов)



Рис. 3. Несанкционированный карьер по добыче песка вблизи п. Чернянка Белгородской области

– привести участки земли и других природные объекты, нарушенные при недропользовании, в состояние, пригодное для дальнейшего использования;

– выполнять мероприятия по охране объектов растительного и животного мира и среды их обитания;

– осуществлять систематический мониторинг состояния недр на предоставленном им в пользование участке [3, 10].

В местах незаконной добычи ОПИ подобные меры никто не соблюдает и не обеспечивает, что в свою очередь превращает такие места в «пустыри» с нарушенными, а иногда и загрязнёнными ландшафтами.

Несанкционированный карьеры вносят существенный вклад в долю нарушенных земель региона. Практически все они в области располагаются на землях сельскохозяйственного назначения (пашня, пастбища, неугодья и прочие земли), а также не землях населённых пунктов. Собственниками таких земельных участках, в большинстве являются муниципалитеты, имеется также ряд карьеров, которые расположены на землях, находящихся в частной и областной собственности [8, 13].

Отсутствие проведённых геологоразведочных работ и прогнозов влияния разработки ОПИ на окружающую среду при незаконной добыче полезных ископаемых приводит к последствиям, которые невозможно предсказать. Несанкционированные карьеры, которые уже в настоящее время являются недействующими, но при этом до сих пор нерекультивированы, находятся в очень неблагоприятном экологическом состоянии.

При несанкционированной разработке ОПИ извлекаемые минеральные ресурсы имеют стоимость, которая, вероятно, выше суммарной стоимости компенсации экологического вреда окружающей среде.

В итоге при образовании несанкционированных карьеров в целом перестраивается вся экосистема вокруг. И только рекультивация способна и должна решить, насколько быстро и качественно произойдёт восстановление. Немаловажным является также по результатам проведённой рекультивации воссоздать ландшафт с высокой природоохранной ценностью, пригодный для дальнейшего хозяйственного использования и эстетически привлекательный [4, 15].

С целью минимизация вредного воздействия на окружающую среду необходимо проведение большого количества дорогостоящих рекультивационных и восстановительных работ, а также возмещение вреда, причинённого окружающей среде.

В соответствии с действующим законодательством (ст. 51 Закона РФ от 21 февраля 1992 г. № 2395-1 «О недрах» и постановление Правительства РФ от 4 июля 2013 г. № 564) утверждены Правила расчета размера вреда, причиненного недрам вследствие нарушения законодательства о недрах [10, 11].

Вредом в соответствии с данными Правилами считается «вред, повлекший утрату запасов полезных ископаемых, вызванный в том числе их

загрязнением, затоплением, обводнением, пожарами, самовольным пользованием недрами, а также нарушение свойств участка недр, вследствие которого невозможно строить и (или) эксплуатировать подземные сооружения, не связанные с добычей полезных ископаемых, либо вред, причиненный особо охраняемым геологическим объектам, имеющим научное, культурное, эстетическое, санитарно-оздоровительное и иное значение» [11].

Расчет размера вреда согласно вышеуказанных правил осуществляется Федеральной службой по надзору в сфере природопользования в отношении участков недр, за исключением участков недр местного значения, и уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в отношении участков недр местного значения.

Для проведения расчётов размера вреда государственными органами осуществляется привлечение подведомственных организаций или иных лиц на основании Федерального закона «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» [11].

Пунктами 4-6 Правил установлен порядок исчисления размера вреда по нескольким формулам. Объем утраченного в результате самовольного пользования недрами полезного ископаемого, запасы которого не учтены государственным или территориальным балансом запасов полезных ископаемых, принимается равным объему извлеченных полезных ископаемых, выявленному в результате соответствующего расследования по факту самовольного пользования недрами [11].

Информация о средней рыночной цене реализации добытого полезного ископаемого запрашивается государственными органами в Федеральной службе государственной статистики, а в случае отсутствия у них данная информация запрашивается в Федеральном агентстве по недропользованию, которое определяет среднюю рыночную цену реализации полезного ископаемого в соответствии с порядком, установленным постановлением Правительства Российской Федерации от 4 февраля 2009 г. № 94 «О порядке определения размера разовых платежей за пользование недрами на участках недр, которые предоставляются в пользование без проведения конкурсов и аукционов» [12]. При этом следует также учитывать коэффициент ежегодной инфляции.

Если же вышеуказанные сведения отсутствуют и у Роснедр, то средняя рыночная цена реализации полезного ископаемого определяется Федеральной службой по надзору в сфере природопользования, ее территориальными органами или органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации самостоятельно с учетом данных отчетов о выполненных работах по контрактам, заключенным в соответствии с Федеральным законом «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» [12].

Вид добытого полезного ископаемого определяется в соответствии со статьей 337 Налогового кодекса Российской Федерации [9].

В 2020 году данные правила претерпели определённые изменения, которые были направлены на совершенствование практики их применения. К сожалению, в настоящий момент практика применения Правил расчета размера вреда, причиняемого недрам вследствие нарушения требований законодательства о недрах, не полностью сформирована. К тому же есть проблемы, связанные с их применением. Несмотря на это, проблемы возмещения вреда окружающей среде, который был причинен в результате незаконного пользования недрами, не решена до конца.

В связи с тем, что для проведения оценки размера вреда, причинённого недрам, необходимо проводить дополнительные геодезические и маркшейдерские работы, также необходимо определение вида полезного ископаемого, требуется привлечение сторонних профильных организаций или специалистов для организации и проведения таких мероприятий за отдельную плату. Ввиду отсутствия финансирования на проведение вышеуказанных мероприятий надзорными органами Белгородской области только с 2021 года стало уделяться особое внимание выявлению фактов причинения вреда недрам и проведению расчётов размера причинённого вреда.

За незаконную добычу ОПИ (песка, глины и мела) в период с 2021 по 2023 г. сумма вреда, причинённого недрам, составила более 40,0 млн рублей [13]. Однако, далеко не всем выявленным случаям незаконного пользования недрами осуществляются подобные расчёты. Причинами тому является и ограниченное финансирование, и невозможность установить причастность виновного лица к нанесению вреда.

Данные проблемы, вместе с другими проблемами и несовершенствами законодательства, влияют на возникновение трудностей правоприменительной практики в дальнейшем при судебных разбирательствах, что существенно снижает эффективность проводимой работы по оценке и возмещению вреда, причиненного недрам. Но это уже вопрос совершенствования действующего законодательства и внесение соответствующих поправок в него.

Литература

1. Бортникова (Бухонова) Г.А, Межова Л.А. Геоэкологические проблемы рекультивации и санации карьеров по добыче строительных материалов Воронежской области. Комплексные проблемы техносферной безопасности: Материалы Международной научно-практической конференции. Часть IV. Воронеж, 2015. – С. 156–161.

2. Вендина Т.Н., Белоусова Л.И. Геоэкологическая оценка состояния окружающей среды Белгородской области под воздействием промышленности по добыче ОПИ // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях: Материалы VIII Международной

научной конференции: Белгород, 22-25 октября 2019. – Белгород: Издательский дом «Белгород», 2019. – С. 315-319.

3. Гуляева А.А. Практический опыт использования отработанных карьеров после проведения рекультивации // Молодёжь и наука, № 2, 2018. – С. 65–71.

4. Иванова Л.В. Зарубежный опыт решения проблем рекультивации земель, нарушенных в процессе недропользования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), № 56, 2015. – С. 491–498.

5. Назаренко Н.В. Закономерности пространственного распределения карьеров ОПИ в Белгородской области и их воздействие на окружающую среду // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы IV Междунар. научн. конф. 11-14 октября 2010 г. – М.; Белгород: Константа, 2010.

6. Назаренко, Н.В. Проблемы рекультивации нарушенных земель на карьерах общераспространенных полезных ископаемых в Белгородской области и пути их решения / Н.В. Назаренко, В.И. Петина, Н.И. Гайворонская, Л.И. Белоусова // Проблемы региональной экологии, 2011. – № 2. – С. 177-183.

7. Петин А.Н., Мининг С.С. Минерально-сырьевые ресурсы и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых – Белгород: Изд-во БелГУ, 2005. – 205 с.

8. Рагулина О.П., Селюков А.О. Незаконная добыча общераспространённых полезных ископаемых на территории Белгородской области и её последствия // Региональные геосистемы, № 4 (47), 2023. – С. 539–549.

9. Российская Федерация. Законы. Налоговый кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 31.07.1998 № 146-ФЗ // Справочно-правовая система «Консультант Плюс», 2025.

10. Российская Федерация. Законы. О недрах: закон РФ от 21.02.1992 № 2395–1 // Справочно-правовая система «Консультант Плюс», 2025.

11. Российская Федерация. Правительство. Постановления. Об утверждении Правил расчета размера вреда, причиненного недрам вследствие нарушения законодательства РФ о недрах: постановление Правительства Российской Федерации от 04.07.2013 № 564 // Справочно-правовая система «Консультант Плюс», 2025.

12. Российская Федерация. Правительство. Постановления. О порядке определения размера разовых платежей за пользование недрами на участках недр, которые предоставляются в пользование без проведения конкурсов и аукционов: постановление Правительства Российской Федерации от 04.02.2009 № 94 // Справочно-правовая система «Консультант Плюс», 2025.

13. Управление экологического и охотничьего надзора Белгородской области: База данных статистических показателей об административных правонарушениях и причинённого вреда окружающей среде. – Режим доступа: http://www.econadzor31.ru/deyatelnost/regionalnyj-nadzor/regionalnyj-gosudarstvennyj-geologicheskij-kontrol-nadzor/. – Систем. требования: IBM; Firefox.

14. Фурманова Т.Н. Геоэкологическая оценка состояния окружающей среды в зоне влияния горнодобывающего комплекса (на примере Белгородской области) // Перспективы геоэкологии после Рио+20: Материалы Всероссийской молодежной научной школы: Москва, 12-14 сентября 2012. – М.: Издательство Московского университета, 2012. – С. 54-60.

15. Черемисинов А.Ю. Рекультивация нарушенных земель: учеб. пособие // Москва: ГУ «ЮжНИИГиМ»; ГУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2000. – 79 с.

УДК 502.172

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ФЛОРЫ И ФАУНЫ РЕКИ ВОРСКЛЫ И НА ЕЕ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Родионова М.Е., Спесивцева А.Д.

E-mail: zamuraeva@bsuedu.ru, 1561869@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

Проведена оценка состояния биоценозов на 15 участках реки Ворскла и ее берегов. Проведена зависимость биоразнообразия от хозяйственной деятельности. Установлено, что наибольшее видовое разнообразие и количество охраняемых видов и видов кандидатов на внесение в региональную Красную книгу характерны для участков, граничащих с охранной зоной заповедника «Лес на Ворскле». Наихудшее экологическое состояние с низким биоразнообразием и доминированием устойчивых к загрязнению организмов выявлено на участках в черте населённых пунктов, подверженных воздействию недостаточно очищенных сточных вод, хозяйственной деятельности частного сектора в водоохраной зоне реки. Отмечены биоценозы, сохраняющие экосистемное равновесие за счет высокого биоразнообразия, но находящиеся под угрозой из-за повышенного уровня органического загрязнения.

Ключевые слова: р. Ворскла, биоразнообразие, антропогенная нагрузка, Красная книга Белгородской области, качество воды, экологическое состояние, ООПТ

Река Ворскла является притоком I порядка р. Днепр. Исток находится в Ивнянском районе восточнее села Рождественка. Бассейн реки расположен на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности и вытянут с северо-востока на юго-запад. Населённые пункты на территории Белгородской области вниз по течению: п. Яковлево, п. Томаровка, пгт. Борисовка, г. Грайворон. Длина р. Ворсклы – 464 км (из них 118 км по территории России, 336 км по территории Украины), площадь водосборного бассейна – 14 700 км^2. Густота речной сети в среднем составляет 0,24 км/км², но значительно меняется от верховья и ниже по течению [3].

Вода используется для сельскохозяйственных, бытовых и промышленных нужд. Вдоль русла реки расположены многочисленные сельскохозяйственные земли. Распространено рыболовство.

Русло реки зарегулировано на территории Белгородской области небольшими гидротехническими сооружениями (возле населённых пунктов Головчино, Грайворон). У села Крапивное находится водохранилище площадью 110 га и объёмом воды 3,41 млн м^3 [1]. Распаханность водосборной территории реки Ворсклы составляет около 55-60 % [4].

Экологическая ситуация как в верховьях реки, так и ниже по течению складывается вод влиянием деятельности Яковлевского ГОКа, находящегося

в верховьях водного объекта. Также в районе г. Строитель косвенное влияние на гидрохимический режим реки оказывает производство ОАО Комбинат «ЖБИ-3». В пределах Яковлевского района влияние на поверхностные воды оказывают: участок Яковлевского УМПП «Водоканал» п. Томаровка, ЗАО «Томаровский мясокомбинат», ООО «Томаровский бройлер». В п. Борисовка расположены ЗАО «Борисовский завод мостовых металлоконструкций», ЗАО «Фабрика художественной керамики», Борисовская птицефабрика («Белгранкорм»). В Грайворонском районе основным источником сброса сточных вод выступает ЗАО «Сахарный комбинат «Большевик» [2, 4].

Зарегистрированное водопользование и участки реки, на которых проводилось обследование растительного и животного мира показаны на рисунке 1.

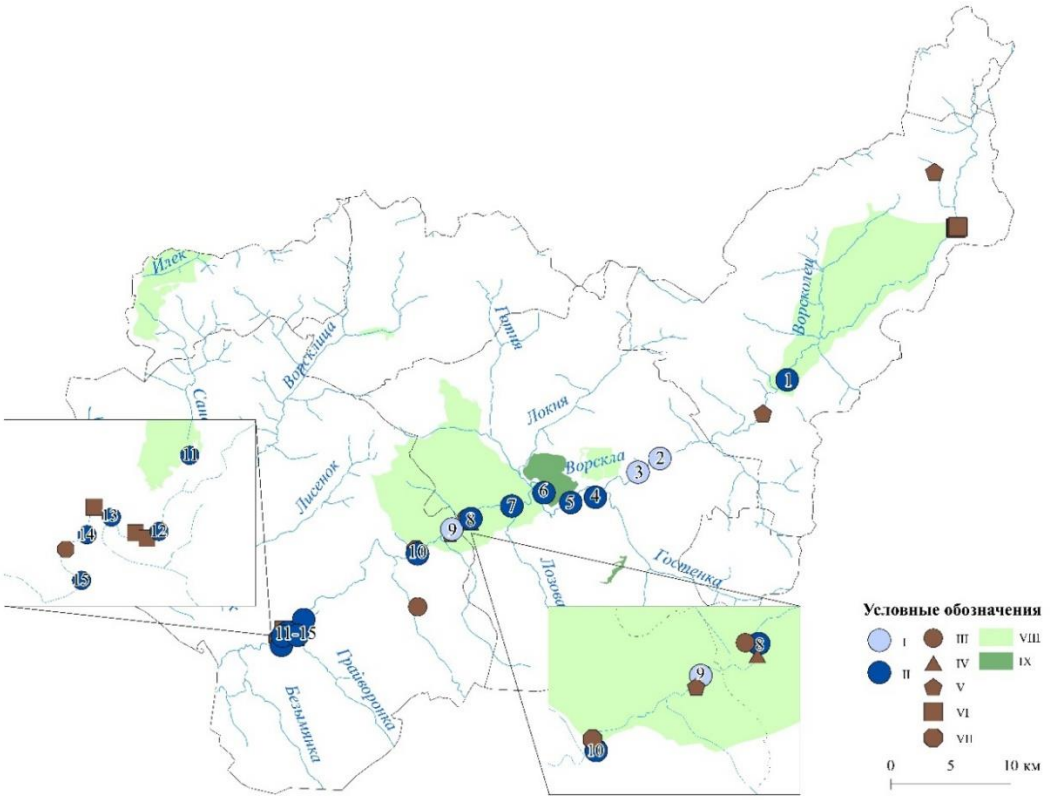


Рис. 1. Картосхема участков обследования:
Участки исследования: I – без краснокнижных видов, II – обнаружены виды из перечня, заносимых в Красную книгу Белгородской области и виды кандидаты на внесение в него.
Водопользование:
III – забор (изъятие) водных ресурсов из поверхностных водных объектов, IV – использование акватории водного объекта, в т.ч. для рекреационных целей, V – сброс сточных вод, VI – эксплуатация пляжей правообладателями земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, VII – обустройство и использование акватории водного объекта, в т.ч. для рекреационных целей. ООПТ: VIII – регионального, IX – федерального значения

Более 50 % из 11 крупных промышленных предприятий, расположенных в пределах водосборного бассейна, осуществляют сброс

сточных вод, не соответствующих регламентированным стандартам очистки, что негативно сказывается на качестве воды [5].

В ходе инженерно-экологических изысканий по проектам расчистки водных объектов в период с 2022 по 2025 гг. на разных участках (15 участков) реки Ворскла проводилось обследование растительного и животного мира. Применялись общепринятые методики флористических учетов, маршрутный метод вдоль береговой линии. Гидробионты (бентос, нектон, нейстон и планктон) исследовались методом отбора проб гидробиологическим сачком и планктонной сетью. Позвоночные животные или следы их жизнедеятельности отмечались в процессе прохождения маршрута вдоль береговой линии, а также применялся опросный метод местного населения, дополнительно использовались материалы кафедры биологии НИУ «БелГУ».

Цель исследования – обобщить результаты обследования растительного и животного мира участков реки Ворсклы и выявить закономерности состояния биоценозов в зависимости от хозяйственного использования реки.

Обобщенные результаты обследования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Флористическое и фаунистическое состояние участков обследования

№	Название участка	Растительность на берегу и водная	Фауна
1	2	3	4
1	Участок реки Ворскла в границах Томаровской и Стрелецкой территории	Деревья и кустарники: 5 видов. Травы и многолетники: 7 видов. Высшие водные растения: 10 видов. Водоросли: 4 группы, 20 родов.	Ракообразные (Copepoda, Cladocera, Ostracoda): 3 группы. Черви (Oligochaeta): 1 группа. Насекомые (Ephemeroptera, Chironomidae): 2 группы (личинки). Рыбы (Pisces): 10 видов. Земноводные (Amphibia): 2 вида. Пресмыкающиеся (Reptilia): 2 вида. Птицы (Aves): 7 видов.
2	Участок реки Ворскла в п. Стригуны	Травы и многолетники: 12 видов. Деревья и кустарники: 10 видов. Нет данных по водным растениям	Ракообразные (Copepoda, Ostracoda): 2+ группы. Коловратки (Rotifera): 5 родов. Черви (Nematoda, Annelida): 2 группы. Насекомые (Ephemeroptera): 1 группа (личинки).
3	Участок реки Ворскла на территории Стригуновского сельского поселения	Деревья и кустарники: 9 видов. Травы и многолетники: 12 видов Высшие водные растения: 3 группы (рогоз, тростник, уруть) + ряска	Ракообразные (Copepoda, Ostracoda, Cladocera, Isopoda): 4 группы. Коловратки (Rotifera): 6 видов. Черви (Nematoda, Oligochaeta): 2 группы. Насекомые (Ephemeroptera): 1 группа (личинки). Позвоночные (Reptilia, Amphibia, Aves): 5 видов.

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
4	Участок реки Ворскла на северной окраине пгт. Борисовка	Деревья и кустарники: 2 вида. Высшие водные растения: 10 видов. Водоросли: 4 группы, 20 родов.	Ракообразные (Cladocera, Copepoda): 2 группы, 5 родов. Коловратки (Rotaria): 5 родов. Моллюски (Mollusca): 8 видов. Кольчатые черви (Hirudinea): 3 вида. Ракообразные (прочие): 2 вида. Насекомые (Insecta): 7 групп, 11 видов. Земноводные (Amphibia): 2 вида. Пресмыкающиеся (Reptilia): 2 вида. Птицы (Aves): 12 видов. Рыбы (Pisces): 18 видов.
5	Участок реки Ворскла от моста на ул. Ковалевка пгт. Борисовка до с. Дубино	Деревья и кустарники: 7 видов. Высшие водные растения: 10 видов.	Ракообразные (Cladocera, Copepoda): 2 группы. Коловратки (Rotaria): 1 группа. Моллюски (Mollusca): 10 видов. Кольчатые черви (Hirudinea): 3 вида. Насекомые (Insecta): 7 групп, 10 видов. Рыбы (Pisces): 18 видов. Позвоночные (Amphibia, Reptilia, Aves): 11 видов. Млекопитающие (Mammalia): 2 вида.
6	Участок реки Ворскла от с. Дубино до ж/д моста вблизи х. Отруб	Деревья и кустарники: 7 видов. Высшие водные растения: 10 видов.	Ракообразные (Cladocera, Copepoda): 2 группы. Коловратки (Rotaria): 1 группа. Моллюски (Mollusca): 10 видов. Кольчатые черви (Hirudinea): 3 вида. Насекомые (Insecta): 7 групп, 10 видов. Рыбы (Pisces): 16 видов. Земноводные (Amphibia): 2 вида. Пресмыкающиеся (Reptilia): 2 вида. Птицы (Aves): 16 видов. Млекопитающие (Mammalia): 3 вида.
7	Участок реки Ворсклы от х. Отруб до ул. Хомутовка с. Хотмыжск	Деревья и кустарники: 5 видов. Высшие водные растения: 10 видов.	Ракообразные (Cladocera, Copepoda): 2 группы. Коловратки (Rotaria): 1 группа. Моллюски (Mollusca): 10 видов. Кольчатые черви (Hirudinea): 3 вида. Насекомые (Insecta): 7 групп, 10 видов. Рыбы (Pisces): 18 видов. Позвоночные (Amphibia, Reptilia, Aves): 8 видов. Млекопитающие (Mammalia): 1 вид.
8	Участок реки Ворскла на южной окраине с. Хотмыжск	Деревья и кустарники: 3 вида. Высшие водные растения: 8 видов. Водоросли: 4 группы, 20 родов.	Ракообразные (Cladocera, Copepoda): 2 группы, 5 родов. Коловратки (Rotaria): 1 группа, 5 родов. Моллюски (Mollusca): 9 видов. Кольчатые черви (Hirudinea): 1 вид. Насекомые (Insecta): 7 групп, 10 видов. Земноводные (Amphibia): 2 вида. Пресмыкающиеся (Reptilia): 2 вида. Птицы (Aves): 10 видов. Рыбы (Pisces): 18 видов.

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
9	Участок реки Ворскла ниже по течению Санатория Красиво	Травы и многолетники: 13 видов (включая 1 водно-болотный). Деревья и кустарники: 10 видов. Нет данных по водным растениям.	Ракообразные (Copepoda, Ostracoda): 2 группы. Коловратки (Rotifera): 3 рода. Черви (Nematoda): 1 группа. Насекомые (Ephemeroptera, Chironomidae): 2 группы (личинки). Черви (Oligochaeta): 1 группа
10	Участок реки Ворскла на северной окраине с. Головчино	Деревья и кустарники: 9 видов. Кустарники (подлесок): 5 видов. Высшие водные растения: 7 видов. Водоросли: 4 группы, 20 родов.	Ракообразные (Cladocera, Copepoda): 2 группы, 5 родов. Коловратки (Rotaria): 1 группа, 5 родов. Моллюски (Mollusca): 5 видов. Кольчатые черви (Hirudinea): 2 вида. Насекомые (Insecta): 6 групп, 9 видов. Земноводные (Amphibia): 2 вида. Пресмыкающиеся (Reptilia): 2 вида. Птицы (Aves): 8 видов. Рыбы (Pisces): 19 видов.
11	Участок реки Ворскла от мест массового отдыха Березки 1 и Березки 2, до ул. Букетовская в с. Доброе	Деревья и кустарники: 9 видов. (5 видов в подлеске). Высшие водные растения: 10 видов.	Ракообразные (Cladocera, Copepoda): 2 группы. Коловратки (Rotaria): 1 группа. Моллюски (Mollusca): 8 видов. Кольчатые черви (Oligochaeta, Hirudinea): 3 вида. Паукообразные (Acari): 1 вид. Насекомые (Insecta): 7 групп, 10 видов. Земноводные (Amphibia): 2 вида. Пресмыкающиеся (Reptilia): 2 вида. Птицы (Aves): 8 видов. Рыбы (Pisces): 19 видов
12	Участок реки Ворскла на южной окраине с. Замостье	Деревья и кустарники: 9 видов. Кустарники (подлесок): 5 видов. Высшие водные растения: 10 видов. Водоросли: 4 группы, 20 родов.	Ракообразные (Cladocera, Copepoda): 2 группы, 5 родов. Коловратки (Rotaria): 1 группа, 5 родов. Моллюски (Mollusca): 10 видов. Кольчатые черви (Oligochaeta, Hirudinea): 2 вида. Паукообразные (Acari): 1 вид. Насекомые (Insecta): 8 групп, 12 видов. Земноводные (Amphibia): 2 вида. Пресмыкающиеся (Reptilia): 2 вида. Птицы (Aves): 8 видов. Рыбы (Pisces): 19 видов.
13	Участок реки Ворскла от моста г. Грайворон ул. Антонова в сторону мест массового отдыха Березки 1 и Березки 2	Деревья и кустарники: 9 видов. Травы и многолетники: 11 видов. Высшие водные растения: 10 видов. Водоросли: 4 группы, 20 родов.	Ракообразные (Copepoda, Ostracoda): 2 группы. Коловратки (Rotifera): 3 рода. Черви (Nematoda, Annelida): 2 группы. Насекомые (Ephemeroptera, Odonata, Ceratopogonidae): 3 группы (личинки). Рыбы (Pisces): 9 видов. Земноводные (Amphibia): 2 вида. Пресмыкающиеся (Reptilia): 2 вида. Птицы (Aves): 5 видов.

Окончание табл. 1

1	2	3	4
14	Участок реки Ворскла от гидротехнического сооружения с. Гора-подол до моста в г. Грайворон ул. Антонова (3,6 км)	Деревья и кустарники: 12 видов. Травы и многолетники: 14 видов. Высшие водные растения: 10 видов. Водоросли: 4 группы, 20 родов.	Ракообразные (Copepoda, Ostracoda): 2 группы. Коловратки (Rotifera): 3 рода. Черви (Nematoda, Annelida): 2 группы. Насекомые (Chironomidae): 1 группа (личинки). Моллюски (Gastropoda, Bivalvia): 2 семейства. Рыбы (Pisces): 16 видов. Земноводные (Amphibia): 2 вида. Пресмыкающиеся (Reptilia): 2 вида. Птицы (Aves): 9 видов.
15	Участок реки Ворсклы на северо-западной окраине г. Грайворон	Деревья и кустарники: 4 вида. Высшие водные растения: 8 видов. Водоросли: 4 группы, 20 родов.	Ракообразные (Cladocera, Copepoda): 2 группы, 5 родов. Коловратки (Rotaria): 1 группа, 5 родов. Моллюски (Mollusca): 10 видов. Кольчатые черви (Oligochaeta, Hirudinea): 2 вида. Паукообразные (Acari): 1 вид. Насекомые (Insecta): 8 групп, 12 видов. Земноводные (Amphibia): 2 вида. Пресмыкающиеся (Reptilia): 2 вида. Птицы (Aves): 8 видов. Рыбы (Pisces): 19 видов.

В ходе маршрутного обследования, опросов местного населения отмечались редкие и исчезающие виды, занесенные в Красную книгу Белгородской области и виды кандидаты на внесение [6]. Качественная оценка биоразнообразия давалась авторами на основе подсчета количества редких видов и ключевых видов трофически тесно связанных с редкими.

Таблица 2

Экологическое состояние участков реки Ворскла

№	Название участка	Качественная оценка биоразнообразия	Кол-во редких и краснокнижных видов
1	2	3	4
1	Участок реки Ворскла в границах Томаровской и Стрелецкой территории	Высокое.	5 кандидатов (кубышка, черепаха, выпи, щиповка)
2	Участок реки Ворскла в п. Стригуны	Низкое. Преобладают устойчивые формы зообентоса (олигохеты, циклопы). Высшая водная растительность.	-
3	Участок реки Ворскла на территории Стригуновского сельского поселения	Низкое. Преобладают устойчивые формы зообентоса (олигохеты, личинки хирономид), бедная ихтиофауна.	-

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
4	Участок реки Ворскла на северной окраине пгт. Борисовка	Очень высокое. Богатая фауна.	6 (кувшинка, травник, лебедь-шипун, быстрянка, подуст, гольян) + 5 кандидатов (кубышка, черепаха, выпи, щиповка)
5	Участок реки Ворскла от моста на ул. Ковалевка пгт. Борисовка до с. Дубино	Очень высокое.	7 (кувшинка, травник, лебедь-шипун, быстрянка, подуст, гольян, беззубка) + 5 кандидатов (кубышка, черепаха, выпи, щиповка)
6	Участок реки Ворскла от с. Дубино до ж/д моста вблизи х. Отруб	Очень высокое. Максимально богатая орнитофауна (цапли, аист, крачки) и ихтиофауна. Отмечена выдра – индикатор чистой воды.	9 (кувшинка, травник, цапля белая, цапля рыжая, зимородок, быстрянка, подуст, гольян, выдра) + 5 кандидатов (кубышка, черепаха, выпи, щиповка)
7	Участок реки Ворсклы от х. Отруб до ул. Хомутовка с. Хотмыжск	Высокое.	4 (зимородок, быстрянка, подуст, гольян) + 3 кандидата (кубышка, черепаха, щиповка)
8	Участок реки Ворскла на южной окраине с. Хотмыжск	Высокое. Богатая фауна, но состояние водоема оценивается как наихудшее среди всех участков (по индексу Пантле-Букка).	4 (кувшинка, быстрянка, подуст, гольян) + 5 кандидатов (кубышка, черепаха, выпи, щиповка)
9	Участок реки Ворскла ниже по течению Санатория Красиво	Низкое. Преобладают устойчивые формы зообентоса (олигохеты, циклопы).	-
10	Участок реки Ворскла на северной окраине с. Головчино	Высокое. Богатая ихтиофауна.	4 (кувшинка, подуст, гольян, жерех) + 4 кандидата (черепаха, выпи, щиповка)
11	Участок реки Ворскла от мест массового отдыха Березки 1 и Березки 2, до ул. Букетовская в с. Доброе	Высокое. Богатая фауна. Отмечен речной рак – индикатор чистоты.	4 (кувшинка, подуст, гольян, жерех) + 5 кандидатов (кубышка, черепаха, выпи, щиповка)
12	Участок реки Ворскла на южной окраине с. Замостье	Очень высокое. Богатая фауна. Отмечен речной рак – индикатор чистоты.	4 (кувшинка, подуст, гольян, жерех) + 5 кандидатов (кубышка, черепаха, выпи, щиповка)
13	Участок реки Ворскла от моста г. Грайворон ул. Антонова в сторону мест массового отдыха Березки 1 и Березки 2	Среднее.	1 (кувшинка) + 1 кандидат (кубышка)

Окончание табл. 2

1	2	3	4
14	Участок реки Ворскла от гидротехнического сооружения с. Гора-подол до моста в г. Грайворон ул. Антонова (3,6 км)	Высокое. Богатая ихтиофауна, орнитофауна (отмечены лебеди).	2 кандидата (малая выпь, щиповка)
15	Участок реки Ворсклы на северо-западной окраине г. Грайворон	Высокое. Богатая фауна. Отмечен речной рак – индикатор чистоты.	3 (подуст, гольян, жерех) + 5 кандидатов (кубышка, черепаха, выпи, щиповка)

Участки с наибольшим количеством видов, заносимых в Красную книгу Белгородской области, и кандидатов на включение в этот перечень: № 6 (от с. Дубино до х. Отруб) – 9 видов + 5 кандидатов, № 5 (от пгт. Борисовка до с. Дубино) – 7 видов + 5 кандидатов, № 4 (северная окраина пгт. Борисовка) – 6 видов + 5 кандидатов. Все эти участки имеют отличные показатели индексов Пантле-Букка (II класс, β-мезосапробная зона) и Вудивисса (6-9, удовлетворительно-благополучно). Все эти участки расположены вблизи ООПТ федерального значения «Лес на Ворскле», на границе охранной зоны заповедника. Как следствие растения на этой территории имеют ареалы, заходящие в охранную зону и наименее затронуты хозяйственной деятельностью. Кроме того, в результате просветительской деятельности заповедника «Белогорье» местное население лучше проинформировано о своих редких видах, что так же способствует их сохранению.

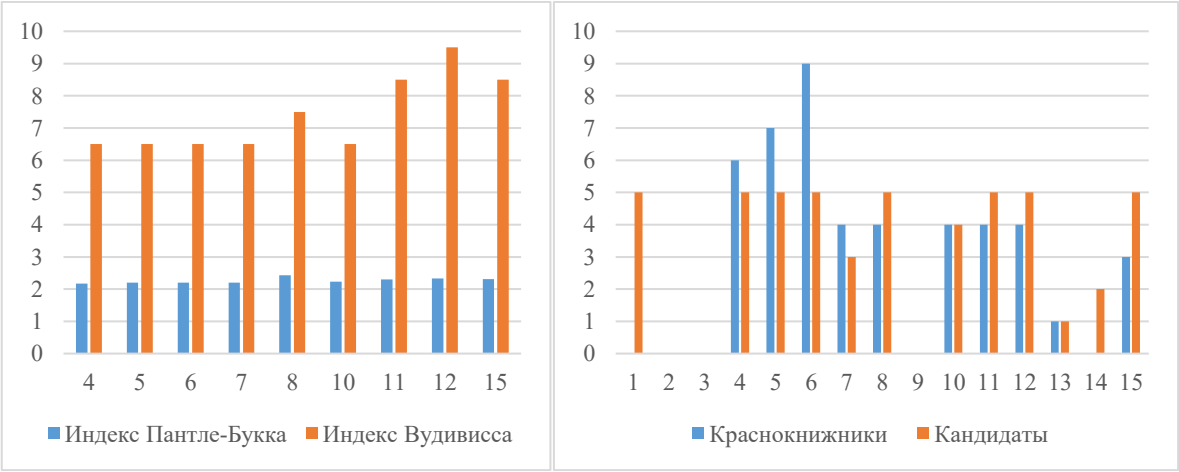


Рис. 2. Графики биотических индексов и количество редких и исчезающих видов

Участки, на которых отсутствуют краснокнижные виды: № 2 (п. Стригуны), № 3 (Стригуновское с/п), № 9 (ниже Санатория Красиво), находятся в черте населенных пунктов или приближены к ним, испытывают большую антропогенную нагрузку, чем другие обследованные участки. Вода на этих участках имела запах, характерный для участков реки, куда попадают недоочищенные стоки.

Участок № 8 (южная окраина с. Хотмыжск) имеет наихудший показатель индекса Пантле-Букка (III класс – умеренно загрязнённая вода) среди всех участков, здесь отмечен повышенный уровень органического загрязнения. Таким образом под угрозой находится экосистема, в которой зафиксировано 4 краснокнижных вида и 5 видов кандидатов на внесение в перечень редких и исчезающих видов Белгородской области. Именно за счет высокого биоразнообразия местный биоценоз справляется с оказываемой на него нагрузкой. Нужны природоохранные мероприятия, снижающие поступление органических веществ на этот участок и участки выше по течению.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Благодаря природоохранной деятельности ООПТ местообитания, расположенные рядом с ними, граничащие с их охранной зоной отличаются лучшими экосистемными характеристиками (разнообразие, продуктивность устойчивость).

2. Худшие по экосистемным характеристикам участки, находящиеся ниже по течению от мест сброса сточных вод, а также участков населенных пунктов, где на органолептических и гидрохимические свойства речных вод оказывают действие частный сектор, граничащий или находящийся в водоохранной зоне и не оборудованный современными септиками или центральной канализацией.

3. Выявлены участки, имеющие высокое биоразнообразие, но при этом находящиеся в негативных условиях по органическому загрязнению, нуждающиеся в природоохранных мероприятиях, которые бы снизили поступление органического вещества в реку.

Литература

1. Дегтярь, А.В. Экология Белогорья в цифрах / А.В. Дегтярь, О.И. Григорьева, Р.Ю. Татаринцев; Департамент агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды Белгородской области. – Белгород: ООО «КОНСТАНТА», 2016. – 122 с.

2. Киселев, В.В. Оценка общего гидроэкологического состояния малых рек Белгородской области / В.В. Киселев, Е.А. Корнилова; Белгородский университет кооперации, экономики и права // Региональные геосистемы. – 2025. – Т. 49, № 1. – С. 80-92.

3. Корнилова, Е.А. Гидроэкологические особенности реки Ворсклы (российский участок) в контексте природно-хозяйственных изменений / Е.А. Корнилова, Ф.Н. Лисецкий, М.Е. Родионова // Региональные геосистемы. – 2023. – Т. 47, № 4. – С. 550-568.

4. Лисецкий, Ф.Н. Реки и водные объекты Белогорья / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Ж.А. Буряк [и др.]. – Белгород: ООО «КОНСТАНТА», 2015. – 362 с.

5. Лисецкий, Ф.Н. Экологическая оценка изменения водных ресурсов под влиянием железорудной промышленности / Ф.Н. Лисецкий, А.Д. Спесивцева // Пути решения экологических проблем как важнейшая основа устойчивого развития регионов: сб. статей по материалам междунар. науч. экол. конф., 24 марта 2025 г. / отв. за вып. А.Г. Кощаев. – Краснодар: КубГАУ, 2025. – С. 194-197.

6. О перечнях объектов животного и растительного мира, заносимых в Красную книгу Белгородской области : постановление Правительства Белгородской области от 9 сент. 2019 г. № 377-пп // Информационно-правовой портал «Гарант.Ру». – URL: https://base.garant.ru/72710594.

УДК 631.45

СОХРАНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

Сорокин И.Б.[1,2*], Валетова Е.А.[1]

[*]E-mail: sorokin.ib@mail.ru
[1]Томский филиал ФГБУ Агрохимическая служба России, г. Томск, Россия
[2]Томский государственный университет НИ, Томск, Россия

Через 21 год исследования в полевом стационарном опыте снизилось содержание гумуса в пахотном горизонте на 9,6 % в серой лесной почве при применении чистого пара без внесения удобрений. Внесения только соломы и (или) минерального азота также недостаточно для сохранения потенциального плодородия. Комплексное применение пара сидерального и регулярного внесения соломы обеспечило сохранение почвенного органического вещества. Отмечена возрастающая эффективность комплексного применения биоресурсов агроценоза по сравнению с контролем без внесения удобрений до 36,5 %.

Ключевые слова: биоресурсы агроценоза, сидерат, солома, гумус.

Многолетние исследования показывают, что совместное применение органических и минеральных удобрений обеспечивает: высокую продуктивность севооборотов и рост содержания почвенного органического вещества в 1,2-1,6 раза, улучшение гумусового состояния почвы и повышение ее биологической активности [1-3].

В качестве органических удобрений традиционно применяются побочные продукты животноводства (ППЖ). Однако этих ресурсов недостаточно, даже при использовании 100 % ППЖ, в пахотных почвах России сохранится дефицит органического вещества [4]. Поэтому кроме традиционных органических удобрений целесообразно повсеместно и комплексно использовать все возможные биоресурсы повышения почвенного плодородия в агроценозах: всю солому с пожнивными остатками, сидераты и многолетние травы [5, 6].

Только многолетние травы способны расширенно воспроизводить почвенное органическое вещество и другие показатели плодородия даже при отчуждении растительной массы. Другие культуры требуют восполнения органического вещества; особенно интенсивно минерализуется почвенное органическое вещество под пропашными культурами и чистым паром [7]. Эти особенности необходимо учитывать при планировании и совершенствовании севооборотов.

По темпам минерализации органического вещества, в условиях интенсивного земледелия, сельскохозяйственные культуры различаются: зерновые теряют 0,9-1,1 т/га гумуса в год; кукуруза на силос – 1,2-1,3;

сахарная свекла и черный пар – 1,8-1,9 т/га. При этом возделывание люцерны повысило содержание гумуса за 18 лет на 0,15-0,44 %. Комплексное применение приемов биологизации земледелия способствовало увеличению содержания гумуса на 0,06-0,1 % [8].

Применение сидерации может иметь нежелательные эффекты. Ее использование на серой лесной среднесуглинистой почве меняло сезонную динамику скорости эмиссии CO_2 из почвы. Происходило усиление процессов минерализации органического вещества за счет вновь поступившего на 38–131 % по отношению к черному пару. Потерям подвергалось 19–79 % углерода, аккумулированного в чистой первичной продукции редьки масличной [9]. Таких потерь можно избегать при использовании научно обоснованных способов внесения сидератов для обеспечения сельскохозяйственных культур возможностями продуктивного использования CO_2 и элементов минерального питания. Например, последействие сидерата в севообороте пролонгируется при осенней заделке в почву зеленого удобрения, если предварительно скошенная летом зеленая масса в расстил вносится в почву с приростом отавы при осенней вспашке [10].

Объекты и методы исследований. Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. N_{45}; 3. Солома + N_{45}; 4. Солома; 5. Солома + сидерат. Заложен в 1999 году в производственных условиях на серой лесной тяжелосуглинистой почве (содержание гумуса – 3,6 %, $pH_{сол.}$ – 4,8, P_2O_5 – 17,1 мг/100 г, K_2O –9,7 мг/100 г) в Томской области. Повторность – 4-х кратная. Общая площадь делянки – 67,5м^2 (15×4,5 м). В течение 4-х ротаций зернопарового севооборота (2000-2021 годы) регулярно вносили солому (5 т/га) после уборки зерновой культуры и минеральный азот под предпосевную культивацию, а также в варианте №5 (солома 5т/га + сидерат) четыре раза применяли сидерат (в начале каждой ротации) в сравнении с чистым паром. На делянках вариантов №1 и 2, где не вносилась солома, после уборки зерновой культуры ее удаляли. Обработка почвы: до 2007 года – отвальная вспашка, а затем – минимальная поверхностная обработка.

Методы лабораторных испытаний общепринятые (по ГОСТам) в агрохимической службе России.

Результаты исследований и их обсуждение. По сравнению с другими органическими удобрениями солома трансформируется в почве более медленно, причем скорость роста содержания гумуса превалирует над скоростью минерализации. В этом заключается ее полезное свойство в большей мере повышать потенциальное плодородие. Дозу минерального азота при закладке опыта рассчитывали для восполнения азота в почве, который потребляют микроорганизмы активно размножающиеся при внесении соломы. Причем, иммобилизация азота в наших опытах наблюдалась лишь в первый год после внесения соломы. Очевидно, при регулярном ежегодном внесении соломы наступает баланс

азота, потребляемого почвенными микробами и возвращающегося в почву при естественном их отмирании. Это доказывает вариант с регулярным внесением после зерновых культур соломы 5 т/га без азота, в котором урожайность культур не только не снижается, но устойчиво повышается до 10 %.

При закладке полевого стационарного опыта в 1999 году среднее содержание гумуса в пахотном горизонте (0-20 см) составляло 3,6 %. Через 20 лет эксперимента применении чистого пара без внесения удобрений (контроль) снизило среднее содержание гумуса в пахотном горизонте на 9,6 % от исходного, регулярное внесение соломы без минерального азота – на 4 %, чуть больше потери при внесении азота без соломы – 5 %, при применении соломы с азотом – 8,6 % (табл. 1). Очевидно, что внесение соломы с азотом смещает процессы ее деструкции в сторону минерализации, что обеспечивало наибольшее повышение урожайности в опыте. И только замена чистого пара сидеральным при регулярном внесении соломы обеспечили сохранение гумуса в пахотном горизонте на исходном уровне. В слое 0-10 см наблюдается достоверное повышение содержания гумуса в 4 и 5 вариантах. Это связано с тем, что в хозяйстве, где расположен опытный стационар, с 2007 года применяется минимальная поверхностная обработка почвы (без вспашки).

Снижение содержания органического вещества в слое 20-40 см по вариантам опыта компенсируется его повышением – в слое 0-10 см, поэтому в общем слое 0-40 см средняя разница между вариантами опыта и контролем не существенна, кроме варианта №5 с сидеральным паром, где гумуса больше на 7,25 % в сравнении с контролем.

Таким образом длительное применение чистого пара в зернопаровом севообороте без внесения органических удобрений или при их недостаточном количестве (внесение только соломы), приводит к снижению содержания гумуса в почве. Замена чистого пара сидеральным в зернопаровом севообороте и регулярное внесение в почву соломы, позволили в течение 20 лет сохранить содержание гумуса на исходном уровне.

Таблица 1

Содержание органического вещества (гумуса) в почве стационара в 2021 году, %.

Вариант опыта	Глубина отбора образцов							
	0 – 10 см		10 – 20 см		Среднее 0-20 см	20 – 40 см		Среднее 0-40 см
1. Контроль	3,17	-	3,34	-	3,25	3,01	-	3,17
2. N_{45}	3,53	+0,36	3,31	-0,03	3,42	**2,55**	-0,47	3,13
3. Солома + N_{45}	3,37	+0,20	3,21	-0,13	3,29	**2,54**	-0,47	3,04
4. Солома	**3,76**	+0,59	3,16	-0,18	3,46	**2,44**	-0,57	3,12
5. Солома + сидерат	**3,73**	+0,56	3,55	+0,21	3,64	2,91	-0,10	3,40
$НСР_{0,5}$		0,51		0,27			0,21	

Анализ данных по урожайности сельскохозяйственных культур после каждого внесения сидерата (по ротациям) в севообороте показал, что влияние на урожайность комплексного внесения сидерата и соломы со временем изменялось (табл. 2). В 1-ю ротацию севооборота урожайность после применения двух видов пара (контроль – чистый пар; вариант 5 – сидеральный пар) была на одном уровне; во 2-ю ротацию урожайность после сидерального пара была на 11,7 % выше; после 3-го внесения сидерата – урожайность увеличилась на 18 %; после 4-го внесения сидерата – урожайность увеличилась по сравнению с чистым паром на 36,5 % (по средним данным 2018–2021 гг.).

Таблица 2

Влияние регулярного внесения соломы (5т/га) и сидерата на урожайность сельскохозяйственных культур по ротациям зернопарового севооборота, ц/га (2001–2021 гг)

	1 ротация	2 ротация	3 ротация	4 ротация
1.Контроль (без удобрений)	19,05	21,8	14,87	14,46
2.N45	24,60	24,46	16,30	21,75
3.Солома + N45	24,48	25,36	17,90	21,42
4.Солома	20,35	23,36	13,20	17,23
5.Солома + сидерат	18,70	24,36	17,60	19,74
НСР $_{0,5}$	5,5	1,9	1,8	3,7

Чистый пар без внесения удобрений способствует постепенному снижению плодородия, обусловленному минерализацией почвенного органического вещества при отсутствии внесения органических удобрений. Применение сидерального пара с регулярным внесением в почву соломы сохраняет плодородие почвы и урожайность на более высоком уровне.

Заключение. Через 20 лет применения чистого пара без внесения удобрений в зернопаровом севообороте снизилось среднее содержание гумуса в пахотном горизонте на 9,6 % от исходного, регулярное внесение соломы без минерального азота снизило гумус на 4 %, чуть больше потери при внесении азота без соломы – 5 %, применение соломы с азотом – 8,6 % потерь гумуса в слое 0-20 см. И только замена чистого пара сидеральным при регулярном внесении соломы обеспечили сохранение гумуса в пахотном горизонте на исходном уровне.

В 1-ю ротацию севооборота урожайность культур после применения двух видов пара (чистого пара – на контроле и сидерального) была на одном уровне; во 2-ю ротацию урожайность после сидерального пара была на 11,7 % выше; после 3-го внесения сидерата – урожайность увеличилась на 18 %; после 4-го внесения сидерата – урожайность увеличилась по сравнению с чистым паром на 36,5 %. Таким образом, отмечена возрастающая со временем эффективность сидерального пара по фону

регулярного внесения соломы перед чистым паром без внесения органических удобрений.

Проведенные исследования имеют значение для прогнозирования баланса почвенного органического вещества при использовании почв в сельскохозяйственном производстве, создании математических моделей, проектировании систем питания, севооборотов, систем земледелия, а также в решении вопросов биологизации земледелия как в интенсивном, так и в органическом производстве.

Литература

1. Васбиева, М.Т. Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы Предуралья при длительном применении удобрений / М.Т. Васбиева // Почвоведение. – 2021. – № 1. – С. 90-99. – DOI 10.31857/S0032180X21010135

2. Мерзлая, Г.Е. Эффективность длительного применения биологизированных систем удобрения / Г. Е. Мерзлая // Агрохимия. – 2018. – № 10. – С. 27-33. – DOI 10.1134/S0002188118100113

3. Мерзлая, Г.Е. Исследование устойчивости агроценозов при длительном применении удобрений на дерново-подзолистой почве / Г. Е. Мерзлая // Почвоведение. – 2021. – № 3. – С. 355-362. – DOI 10.31857/S0032180X21030126

4. Еськов, А.И. Современное состояние и перспективы использования органических удобрений в сельском хозяйстве России / А.И. Еськов, С.М. Лукин, Г.Е. Мерзлая // Плодородие. – 2018. – № 1(100). – С. 20-23.

5. Сорокин, И.Б. Растительное органическое вещество как основа почвенного плодородия / И.Б. Сорокин, Э.В. Титова, Л.В. Касимова // Земледелие. – 2008. – № 1. – С. 14–15.

6. Сорокин, И.Б. Влияние биоресурсов агроценозов на продуктивность и экологическую устойчивость агроландшафтов / И.Б. Сорокин, Э.В. Титова, Е.А. Сиротина, Л.А. Малиновская, Л.В. Петрова // Проблемы агрохимии и экологии. – 2014. – № 2. – С. 19-23.

7. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России (Информационно-аналитический справочник) / Под ред. А.И. Еськова. – Владимир: ВНИПТИОУ, 2006. – 200 с.

8. Коржов, С.И. Влияние полевых культур и приемов биологизации на сохранение почвенного плодородия / С.И. Коржов, Т.А. Трофимова, Г.В. Котов // Плодородие. – 2017. – № 6(99). – С. 25-28.

9. Соколова, Л.Г. и др. Эмиссия CO2 при введении краткосрочной сидерации в паровое поле в условиях лесостепной зоны Прибайкалья / Л.Г. Соколова, С.Ю. Зорина, Е.Н. Белоусова, А.В. Поморцев, Н.В. Дорофеев // Почвоведение. 2021. № 10. С. 1262-1273. DOI 10.31857/S0032180X21100117

10. Сорокин И.Б. Возобновляемые биоресурсы повышения плодородия пахотных почв подтаежной зоны Западной Сибири автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук / Ом. гос. аграр. ун-т им. П.А. Столыпина. Омск, 2013

УДК 314.88

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ С 2010 ПО 2024 ГГ. БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ

Ткачев Е.В.

E-mail:tkachev_ev@bsuedu.ru
Научный руководитель: Гайденко Е.М., доц., к.г.н.
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

Целью данной статья является изучение изменения размещения населения на территории Белгородской области, используя показатель территориальной концентрации населения. Выявлена тенденция к расположению населения вокруг крупных административных, промышленных центров

Ключевые слова: сельское, население, неравномерное, концентрация, Белгородская, область

Белгородская область относится к староосвоенным регионам с большой историей. Неоднородность развития районов области, усиление влияния крупных центров оказывает влияние на территориальное размещение населения.

Сельские населенные пункты, несмотря на усилия властей, не способны удержать жителей. Это связано, в том числе, с социально-экономическим неравенством села и города. Вокруг крупных региональных и районных центров растет субурбанизация. Перефирийные части оказываются неконкурентоспособными в сложившихся реалиях.

Рост численности населения региональной столицы и крупных центров горнодобывающей промышленности, оказывают влияние на территориально отдаленные населенные пункты.

Данные о численности сельского населения Белгородской области с 2002 по 2024 гг. представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сельское население Белгородской области с 2002 по 2024 гг.

Муниципалитет	Сельское население, чел.			Темп роста (убыли) 2022 к 2002 гг., %	Темп роста (убыли) 2024 к 2022 гг., %	Темп роста (убыли) 2024 к 2002 гг., %
	2002 г.	2022 г.	2024 г.			
1	2	3	4	5	6	7
Алексеевский муниципальный округ	27493	22293	21806	81,1	97,8	79,3

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Белгородский муниципальный район	60545	128318	129898	211,9	101,2	214,5
Борисовский муниципальный район	12210	11030	10570	90,3	95,8	86,6
Валуйский муниципальный округ	29723	25772	24613	86,7	95,5	82,8
Вейделевский муниципальный район	17367	13517	12897	77,8	95,4	74,3
Волоконовский муниципальный район	18567	14506	13987	78,1	96,4	75,3
Грайворонский муниципальный округ	25371	20703	19660	81,6	95,0	77,5
Губкинский городской округ	27817	29305	28504	105,3	97,3	102,5
Ивнянский муниципальный район	16743	14060	13504	84,0	96,0	80,7
Корочанский муниципальный район	33676	29225	27985	86,8	95,8	83,1
Красненский муниципальный район	15337	11114	10789	72,5	97,1	70,3
Красногвардейский муниципальный район	36077	24605	24070	68,2	97,8	66,7
Краснояружский муниципальный район	7305	6030	5714	82,5	94,8	78,2
Новооскольский муниципальный округ	26488	20871	20156	78,8	96,6	76,1
Прохоровский муниципальный район	21840	17134	16571	78,5	96,7	75,9
Ракитянский муниципальный район	15894	13889	13357	87,4	96,2	84,0
Ровеньский муниципальный район	15343	11488	11110	74,9	96,7	72,4
Старооскольский городской округ	35063	33989	33392	96,9	98,2	95,2
Чернянский муниципальный район	18832	14546	14140	77,2	97,2	75,1
Шебекинский муниципальный округ	41748	38841	37224	93,0	95,8	89,2
Яковлевский муниципальный округ	22597	23475	23190	103,9	98,8	102,6

**Составлено и расчитано по данным[1, 2, 3]*

По данным таблицы видно, что рост численности сельского населения с 2002 по 2022 гг. фиксируется лишь в трех муниципальных образованиях (Белгородский и Яковлевский муниципальные районы (МР); Губкинский

городской округ (ГО)). Наибольший рост (в 2,1 раза) выявлен в Белгородском МР, а убыль в Красногвардейском МР – в 1,5 раз.

С 2022 по 2024 гг. рост наблюдается лишь в Белгородском муниципальном районе. Наибольшая убыль населения выявлена в Шебекинском муниципальном округе.

Выявлено, что убыль сельского населения области с 2002 по 2022 гг. в 8,7 раз меньше, чем с 2022 по 2024 гг. В Шебекинском МР сокращение за два года составляет более 50 % от показателя за предыдущие десять лет. Суммарное снижение с 2002 по 2024 гг. во всех муниципальтетах региона составляет 12,9 тысяч человек.

Для оценки размещения населения сельских населенных пунктов был применен показатель меры территориальной концентрации населения [4].

$$K = \sum |DS_i - DN_i| \quad (1)$$

где K – мера территориальной концентрации населения; DS_i – доля населения i-й территории в общей численности населения; DN_i – доля площади i-й территории в общей площади.

Если показатель равен нулю, то на территории равномерное размещение населения. Если значение показателя равно двум, то это показывает высокую концентрацию населения на одной площади [5]. Для анализа была составлена картограмма территориальной концентрации населения на 2010 г. (рис. 1).

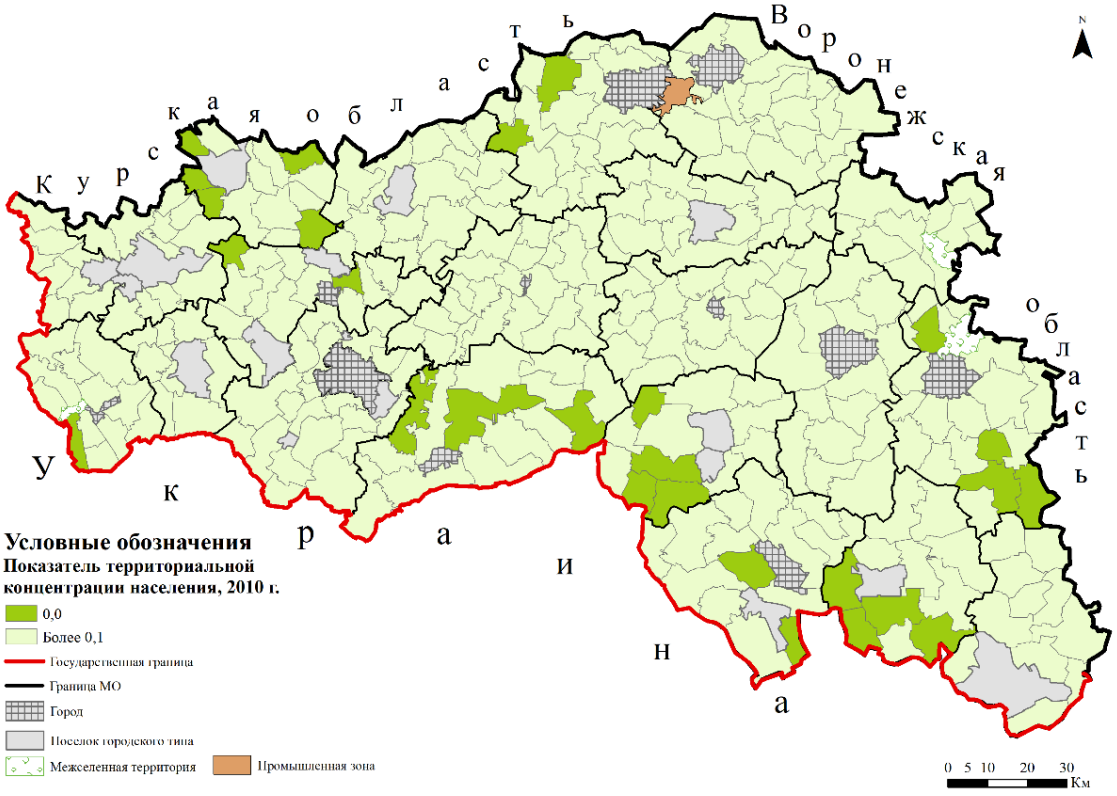


Рис. 1. Показатель территориальной концентрации населения в 2010 г. (Составлено автором по данным [1-4])

Выявлено, что в 2010 году равномерное размещение населения фиксируется в 27 сельских поселениях (СП). Из них 14 располагаются в приграничных районах, и 8 непосредственно граничат с Украиной.

Равномерное размещение населения также показывают сельские поселения и сельские территории, которые располагаются близко к границам с субъектами РФ. С Курской областью непосредственно граничат 4, с Воронежской областью – 1.

Отмечена тенденция к росту показателя вокруг административных центров районов и крупных горнодобывающих предприятий области.

Наибольшее количество сельских поселений с равномерным размещением в Ивнянском районе. Наименьшее – в Грайворонском муниципальном округе.

В 11 муниципальных образованиях не выявлено территорий равномерного размещения населения.

Высокая нестабильность выявлена в Николаевском сельском поселении Вейделеевского МР, где показатель равен 0,85.

Рассмотрим показатель меры территориальной концентрации населения по данным на 2024 год (рис. 2).

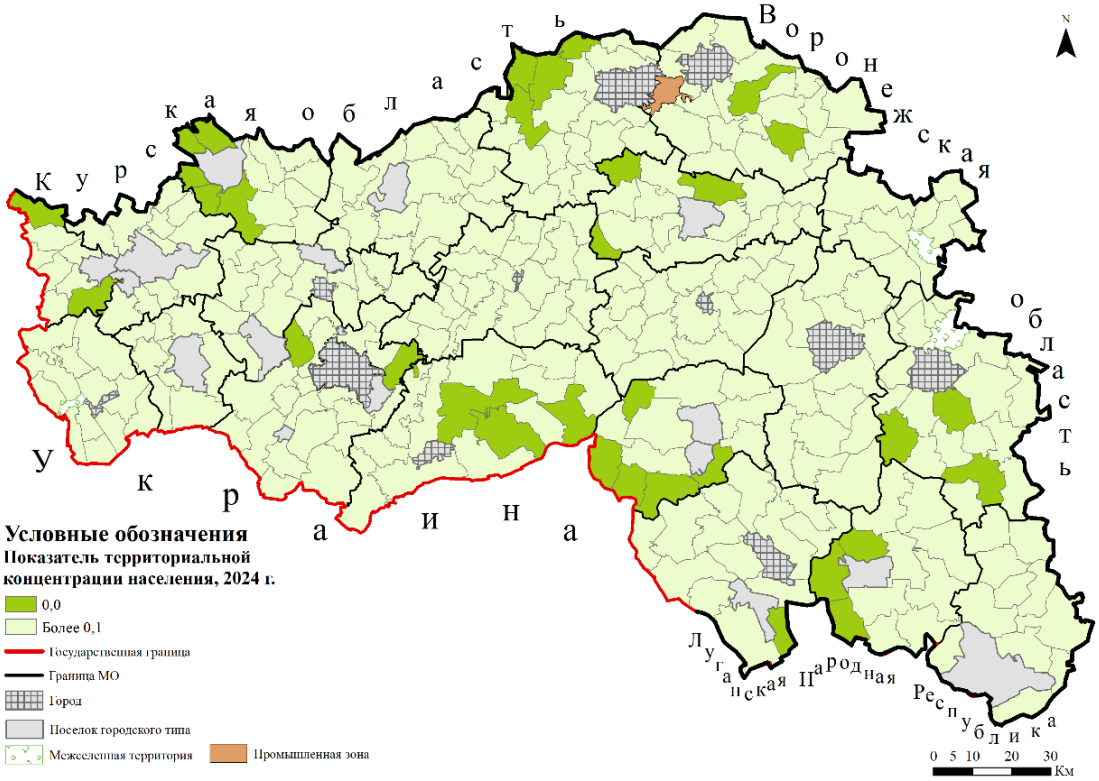


Рис. 2. Показатель территориальной концентрации населения в 2024 г. (Составлено автором по данным [1-4])

Анализ показал рост территорий равномерного размещения населения в 1,2 раза. Граничащих с сопредельным государством – 5, а с субъектами РФ – 10. Из них с Курской областью – 8; Луганской Народной Республикой – 2.

Выявлено сокращение количества муниципальных образований, где не было территорий с равномерной концентрацией населения (с 11 в 2010 г.; до 8 в 2024 г.). В Белгородском МР равномерное распределение фиксируется в Беловском и Пушкарском сельских поселениях; в Губкинском ГО – в Архангельской, Вислодубравской, Ивановской и Никаноровской сельской территории; в Краснояружском МР – это Графовское и Сергиевское; в Новооскольском МР – в Волоконовском, Лозновском и Огибнянском СП; в Старооскольском ГО – Озерская и Солдатская сельские территории.

Наибольшая нестабильность отмечается в Роговатовской сельской территории Старооскольского ГО, где показатель составил 0,8.

Продолжается отмеченная ранее тенденция к росту и фиксации показателя вокруг крупных населенных пунктов.

Наибольшее количество сельских поселений с равномерным размещением в Волоконовском и Ивнянском МР. Наименьшее – в Валуйском муниципальном округе.

Анализ показателя территориальной концентрации населения с 2010 по 2024 гг. показал, что наиболее устойчивыми территориями с равномерным распределением населения становятся те, что непосредственно граничат с административными центрами; располагаются вблизи крупных промышленных объектов; соседствуют с иными субъектами РФ.

Несмотря на сложную геополитическую обстановку приграничья области шесть сельских территорий, граничащих с сопредельным государством, показывают равномерное распределение населения.

Выявлено, что западная и центральная части области уступают как по численности населения, так и по равномерности территориальной концентрации, что ярко демонстрирует Ровеньской муниципальный район.

Литература

1. База данных показателей муниципальных образований [Электронный ресурс].– URL: https://rosstat.gov.ru/dbscripts/munst/munst14 /DBInet.cgi.

2. Статистические данные по численности населения Белгородской области по состоянию на 01.01.2023 г. [Электронный ресурс].– URL: https://belmiac.gosuslugi.ru/informatsiya-dlya-spetsialistov/statisticheskie-dokumenty/04102023-statisticheskie-dannye-po-chislennosti-naseleniya-belgorodskoy-oblasti-po-sostoyaniyu-na-01012023-g.html?ysclid=mftzg9enim673806113 .

3. Численность населения Белгородской области на 1 января 2025 года [Электронный ресурс].– URL: https://31.rosstat.gov.ru/naselenie.

4. Чернышева, Н. В. Показатели размещения населения: понятие и опыт оценки на региональном уровне / Н. В. Чернышева, К. А. Чернышев // Наука и образование сегодня. – 2016. – № 7(8). – С. 46-47.

5. Горина, К. В. Характеристика социально-демографического пространства территории бассейна р. Аргунь / К. В. Горина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 11-1. – С. 113-117.

УДК 502.08, 504.06

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА: РАЗРАБОТКИ КОМПАНИИ HUAWEI

Фу Вэньсинь[1], Чжан Ци[1], Пужихина А.Е.[1], Ледяева В.С.[2]

E-mail: puzhikhina06@mail.ru
Научный руководитель: Бистерфельд О.А., доцент кафедры «Менеджмент, информатика и общегуманитарные науки, к.т.н., доцент[1]
[1] Пензенский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, Россия
[2] Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

В статье рассмотрены задачи федеральной государственной информационной системы состояния окружающей среды – ФГИС «Экомониторинг»; выполнен анализ технических решений, предлагаемых в 2020-2025 гг. китайской компанией Huawei – одним из мировых лидеров в сфере цифровых технологий экологического мониторинга – и новых перспективных разработок компании.

Ключевые слова: экологический мониторинг; искусственный интеллект; 5G; беспилотные летательные аппараты; Huawei; Tech4All; биоразнообразие; лесные пожары.

Введение. Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин подписал закон о создании федеральной государственной информационной системы состояния окружающей среды – ФГИС «Экомониторинг» [1], 1 марта 2025 года она введена в эксплуатацию.

Основные задачи системы:

– сбор, обработка и анализ данных о загрязнении воздуха и почвы;
– сбор и анализ информации об обращении с отходами;
– консолидация данных об итогах экологического контроля и мониторинга;
– прогноз изменений окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

ФГИС «Экомониторинг» – сложная территориально-распределенная автоматизированная информационная система, которая постоянно совершенствуется. Применяются новые перспективные технологии контроля параметров окружающей среды, современное аппаратное обеспечение; для обработки и анализа данных используются перспективное алгоритмическое и программное обеспечение, включая технологии искусственного интеллекта.

Защита окружающей среды – глобальная задача, которая требует объединения усилий государств и обществ. В деле охраны природы необходима не конкуренция стран и компаний, а консолидация их действий; нужен анализ опыта проведения природоохранных мероприятий, включая и мониторинг окружающей среды.

В статье проанализированы технические решения, предлагаемые в 2020-2025 гг. китайской компанией Huawei – одним из мировых лидеров в области телекоммуникаций. Huawei также лидирует во внедрении инноваций в сфере экологического мониторинга.

Успешно реализованные проекты 2020-2025 гг.:

1. Guardian – система акустического мониторинга

Проект Guardian (в пер. с англ. – страж) успешно реализован Huawei совместно с некоммерческой организацией Rainforest Connection. Данный проект направлен на защиту тропических дождевых лесов. Для его создания были использованы разработки Huawei в области облачных технологий и искусственного интеллекта.

Устройства со встроенными микрофонами и солнечными панелями собирают звуковую информацию 24/7, выполняют первичную обработку и передают её на облачные платформы. С помощью искусственного интеллекта проводится анализ для выявления угроз, например, звуков пил, выстрелов. Система отправляет оперативные оповещения рейнджерам (рис. 1). Реализация проекта позволила предотвратить незаконную вырубку деревьев в тропических лесах и национальных парках [2].



Рис. 1. Система акустического мониторинга Guardian

2. Tech4Nature - умные охраняемые территории

Проект Международного союза охраны природы Tech4Nature способствует изучению и охране редких видов животных. Сотрудничать с Международным союзом охраны природы компания Huawei начала в 2020 г. За 4 года организован мониторинг редких животных на 300 охраняемых территориях Европы, Азии и Северной Америки [3].

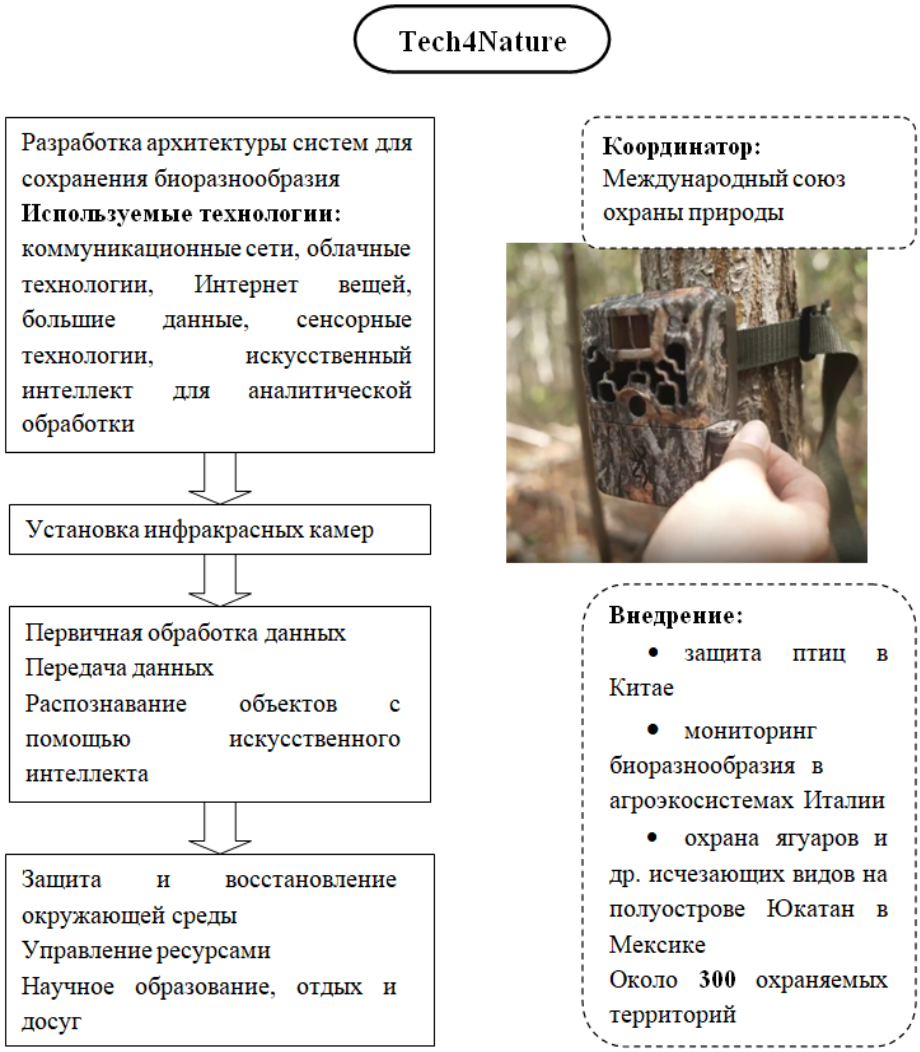


Рис. 2. Наблюдение за редкими животными

3. Huawei OptiX Sensing – система распределенного оптоволоконного зондирования

Волоконно-оптическое зондирование применяется для мониторинга угроз вдоль трубопроводов и защиты периметров (рис. 3). Физические характеристики света, распространяющегося по оптоволокну, используются для определения изменений температуры, механических воздействий, вибрации и других параметров. Таким образом, детектируются и локализуются повреждения нефте- и газопроводов [4].

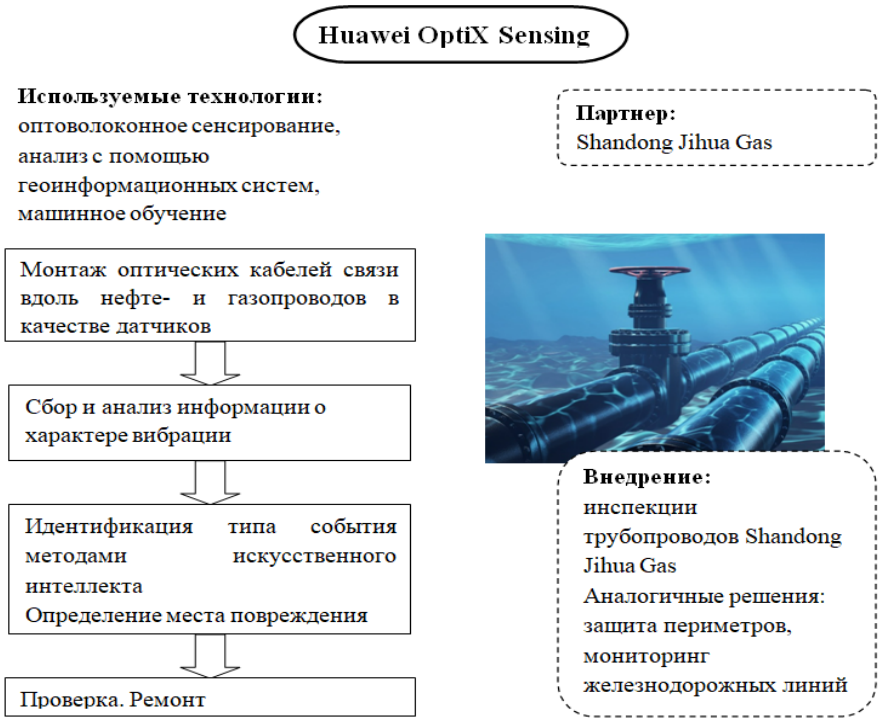


Рис. 3. Система волоконно-оптического зондирования

4. Smart & Green Village – умная система обнаружения пожаров

Применяемая в Китае умная система обнаружения пожаров позволяет на уровне периферии и в облаке распознавать лесные пожары (рис. 4) с точностью до 92–95 % и минимальным числом ложных срабатываний (менее трёх на 10 000 га в день). В настоящее время подобные системы внедряются в разных странах [5]. В Греции благодаря раннему обнаружению лесных пожаров и оперативному реагированию были спасены жизни людей.



Рис. 4. Умная система обнаружения пожаров

5. AntoEco - платформа цифрового управления энергией

AntoEco - платформа цифрового управления энергетикой, включая производство, сети, нагрузку и хранение энергии. Решения охватывают сценарии от дома до города и способствуют цифровизации углеродного менеджмента [6].

Новые перспективные разработки:

Huawei активно развивает и расширяет свои проекты в области экологического мониторинга, внедряя инновационные технологии для охраны окружающей среды.

В настоящее время тестируются смартфоны с инновационным спектральным сенсором, позволяющим анализировать состав объектов по их оптическому отклику Такие смартфоны возможно применять для анализа состава примесей в речной воде, а также для быстрого получения данных о pH и содержании азота в почве.

Заключение. Комплексные решения для систем экологического мониторинга заслуживают внимательного и всестороннего изучения. Использование технологий искусственного интеллекта, сетей 5G, интернета вещей и беспилотных летательных аппаратов позволяет значительно повысить точность и скорость получения данных, а также своевременно выявлять угрозы для окружающей среды. На практике подтверждена эффективность цифровых решений для сохранения биоразнообразия и предотвращения экологических катастроф. Применение таких решений при условии адаптации к региональным условиям поможет усовершенствовать информационную систему состояния окружающей среды.

Литература

Подписан закон о создании федеральной государственной информационной системы состояния окружающей среды. URL: http://www.kremlin.ru/acts/news/71932.

Технологии для людей: как Huawei помогает сделать мир лучше. URL: https://www.huawei.com/uz/news/uz/2020/huawei_tech4all_ken_hu.

Tech4Nature: Introducing the Smart Protected Areas White Paper. URL: https://blog.huawei.com/2023/06/26/tech4nature-smart-protected-areas-white-paper/.

Safeguarding Your Production with AI-based Optical Sensing. URL: https://e.huawei.com/en/solutions/enterprise-optical-network/sensing-optix.

Huawei представила умную систему обнаружения пожаров на основе ИИ, 5G и дронов URL: https://www.prnewswire.com/news-releases/huawei---------5g---301968925.html.

AntoEco Digital Energy Management Platform | Huawei. URL: https://digitalpower.huawei.com/en/antoeco.

УДК 504.75.05

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА СМЕРТНОСТЬ НАСЛЕНИЯ В РЕГИОНАХ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Харитонов А.Ю.

E-mail: andreykh97@mail.ru
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,
г. Чебоксары, Россия

В статье анализируется уровень смертности от заболеваний, обусловленных экологической обстановкой, в регионах Приволжского федерального округа. Исследование основывается на показателях, опубликованных Росстатом за 2023 год. В ходе проведения работы проанализированы основные причины смерти и их взаимосвязь с экологической обстановкой в регионах.

Ключевые слова: смертность населения, Приволжский федеральный округ, региональные различия, экологическая обстановка региона, статистический анализ.

В современное время все более актуальным становиться вопрос воздействия экологии на здоровье человека. Естественно, неблагоприятное состояние окружающей среды чаще всего не является единственной причиной заболевания или смерти, а выступает в качестве катализатора, который способствует развитию болезни. И действительно, загрязнение среды обитания человека, низкое качество ряда продуктов питания, ускоренный ритм жизни в значительной мере влияют на состояние здоровья человека [1]. В группу заболеваний, триггером которых является неблагоприятная экологическая обстановка, входят следующие группы болезней в соответствии с МКБ-10 [3]: новообразования, болезни системы кровообращения, болезни органов дыхания, болезни органов пищеварения. Показатели смертности получены из статической бюллетени РФ [4].

Уровень общей смертности в Приволжском федеральном округе, составляющий 13,0 случаев на 1000 чел. населения, превышает среднероссийский показатель, который равен 12,1. Среди регионов ПФО наиболее низкие показатели смертности населения наблюдаются в Республике Башкортостан и Татарстан. А в Кировской, Пензенской и Нижегородской областях зафиксирована обратная ситуация (рис. 1).

Рассматриваемые группы заболеваний имеют значительный вес как в среднем по РФ (72,74 % от всех смертей), так и в регионах ПФО (71,09 %). Наибольшая доля смертей приходится на болезни системы кровообращения (РФ – 46,15 % или 5,56 смертей на 1000 чел. населения; ПФО – 45,06 % или 5,85 смертей на 1000 чел. населения). Наиболее низкие показатели смертности наблюдаются в национальных республиках, где показатель не

превышает 5,4 смертей на 1000 чел. населения. Наиболее тяжелое положение зафиксировано в Пензенской, Нижегородской и Ульяновской областях.



Рис. 1. Уровень общей смертности в регионах ПФО

Смертность от болезней системы кровообращения в данных регионах превышает 7,06 на 1000 чел. населения (табл.1).

Таблица 1

Показатели уровня смертности от болезней, связанных с экологической обстановкой

Субъект	На 1000 человек населения				
	Число умерших	Ново-образо-вания	Болезни системы кровообращения	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения
РФ	12,1	1,97	5,56	0,53	0,74
ПФО	13	1,92	5,85	0,59	0,88
Респ. Башкортостан	11,7	1,61	4,75	0,84	0,78
Респ. Марий Эл	12,5	1,58	4,25	0,96	1,19
Респ. Мордовия	13,3	1,67	4,27	0,39	0,70
Респ. Татарстан	10,8	1,77	5,00	0,64	0,70
Удмуртская Респ.	12,3	2,09	4,75	0,69	1,00
Чувашская Респ.	12,5	1,64	5,40	0,65	0,79
Пермский край	13,3	1,94	6,41	0,44	0,82
Кировская обл.	15,1	2,41	6,59	0,88	0,90
Нижегородская обл.	14,6	1,83	7,91	0,52	1,04
Оренбургская обл.	13,7	2,33	6,53	0,56	0,91
Пензенская обл.	14,8	2,33	7,06	0,58	0,74
Самарская обл.	13,5	2,05	5,74	0,27	0,99
Саратовская обл.	13,6	1,93	5,68	0,58	1,12
Ульяновская обл.	14,1	2,24	7,17	0,52	0,77

Второй по частоте причиной смерти являются новообразования, доля смертей от которого в ПФО составляет 14,81 % или 1,92 смертей на 1000 чел. населения. В среднем по РФ смертность по данной группе заболеваний незначительно выше (1,97 смертей на 1000 чел. населения). Наиболее низкие показатели зафиксированы в национальных республиках (до 1,77 ‰), за исключением Удмуртской Республики. Наибольший уровень смертности от данной группы заболеваний зафиксирован в Кировской, Пензенской, Оренбургской и Ульяновской областях. Болезни органов пищеварения и дыхания гораздо реже становятся причиной смерти населения, как в среднем по РФ, так и регионов ПФО. В 2023 году рассматриваемые группы заболеваний стали причиной смерти в 11,37 % случаев в ПФО, а в целом по РФ – 10,53 %. Наиболее высокие показатели смертности от болезней органов пищеварения зарегистрированы в Республике Марий Эл, Саратовской и Нижегородской областях. Наибольшая смертность от заболеваний органов дыхания отмечается в Республике Башкортостан, Республике Марий Эл и Кировской области.

Лидерами по объему выбросов от стационарных источников являются Республика Башкортостан, Оренбургская область и Республика Татарстан. Во многом это связано с высокой концентрацией промышленных

предприятий в данных регионах. Проблемы с очисткой сточных вод наблюдаются в Нижегородской и Самарской областях. Саратовская область является одним из лидеров по показателю выбросов, выработанным транспортными средствами [2]. Логично, что наибольшие сложности с экологической обстановкой испытывают регионы с развитой промышленностью и добывающей отраслью. Кроме того, немаловажным фактором является наличие крупных городов с численностью более миллиона человек.

Итак, система здравоохранения Республики Башкортостан и Татарстан успешно справляется с высокой нагрузкой, связанной с экологическими факторами. Однако в Нижегородской, Оренбургской и Саратовской областях наблюдается высокий уровень смертности от заболеваний, тесно связанных с экологическим состоянием окружающей среды. В Нижегородской области высокий уровень смертности от болезней органов пищеварения и кровообращения. Это вероятнее всего вызвано высоким уровнем загрязнения сточных вод. Оренбургская область является одним из лидеров стационарных источник загрязнения, как итог высокая смертность от рака (новообразований), а также зафиксирована достаточно высокая смертность от проблем с органами дыхания и кровообращения. В Саратовской области частыми причинами смерти являются проблемы с органами дыхания и кровообращения, а также онкологические заболевания. Это вероятнее всего связано с комбинированным воздействием промышленных и транспортных выбросов. Таким образом, сложившаяся ситуация создает значительную экономическую нагрузку на бюджеты регионов, обусловленную ростом затрат на систему здравоохранения, потерей человеческого капитала вследствие сокращения продолжительности здоровой жизни и снижением производительности труда.

Литература

1. Блинов Л.Н., Перфилова И.Л., Юмашева Л.В. Экологическая обстановка и здоровье человека // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2010. – Т. 5, № 1. – С. 143-147.

2. Котлячкова Н.В., Злобина Е.Ю., Южанинова М.В. Экологическая ситуация как фактор обеспечения экономической безопасности региона (на примере Приволжского федерального округа) // Социально-экономическое управление: теория и практика. – 2024. – Т. 20, № 3. – С. 49-57.

3. МКБ 10 – Международная классификация болезней 10-го пересмотра [Электронный ресурс]. – URL: https://mkb-10.com.

4. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2023 года : стат. бюл. / Федеральная служба государственной статистики. – М., 2023. – URL: http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/BUL_MO_2023.xlsx.

УДК 556.5

О ВЛИЯНИИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА СТРУКТУРУ СТОКА ИОНОВ ПОДВИЖНЫХ ВОДНЫХ МИГРАНТОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕК СЕВЕРА РУССКОЙ РАВНИНЫ)

Хайруллина Д.Н.

E-mail: dinara-hi@yandex.ru
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

В данной работе проводится оценка влияния атмосферных осадков на структурные компоненты (атмосферная, подземная, поверхностная) речного стока ионов подвижных водных мигрантов (Cl^- и Na^++K^+). В пространственном отношении выбраны речные бассейны с низкой антропогенной нагрузкой (менее 30 %), расположенные в пределах слабо освоенного региона России – севера Русской равнины. Корреляционный анализ показал прямое влияние на поверхностную составляющую стока Cl^- и обратное – на подземную и поверхностную составляющие стока Na^++K^+.

Ключевые слова: структура ионного стока рек, хлорид-ионы, сумма ионов натрия и калия, речной бассейн, среднегодовое количество атмосферных осадков, теплый период года, холодный период года

Большинство исследований в области выявления факторов формирования ионного стока рек связаны с количественной оценкой вклада регионального господствующего фактора: атмосферных осадков, подземных вод, в т.ч. интенсивности карстовых процессов и величины подземного питания, орографии, в т.ч. эрозионных процессов, болот, таяния ледников, климата, гидрологических факторов, биоты.

Исследования в области оценки комплекса факторов, оказывающих влияние на формирование ионного стока рек, связаны с использованием балансовых уравнений и моделированием.

В данной работе использовался балансовый метод, предложенный В.П. Зверевым (1971), проводится количественная оценка взаимосвязи между выпадением атмосферных осадков (среднегодовое, за теплый и холодный периоды) – прямым агентом развития эрозионных процессов – и структурой стока ионов подвижных водных мигрантов:

$$W_{\text{и.общ}} = W_{\text{и.подз}} + W_{\text{и.поверх}} + W_{\text{и.атм}} + W_{\text{и.акк}}, \qquad (1)$$

где $W_{\text{и.общ}}$ – полный ионный сток; $W_{\text{и.атм}}$ – поступление ионов с атмосферными осадками; $W_{\text{и.поверх}}$ – ионный сток поверхностного происхождения; $W_{\text{и.подз}}$ – подземный ионный сток; $W_{\text{и.акк}}$ – аккумуляция

ионов в поверхностных горизонтах бессточных районов (по Звереву В.П. (1971) для речных бассейнов Баренцева и Белого моря этот показатель равен нулю) [3].

В данной работе в качестве исходной информации использовались: гидрохимические и гидрологические материалы стационарных наблюдений (данные о концентрациях исследуемых ионах в атмосферных осадках и стоке рек, количестве атмосферных осадков и расходах воды рек), накопленные ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» за период с 1958 по 2007 гг., база данных по ионному стоку рек севера Русской равнины за период с 1938 по 1995 гг., созданная кафедрой ландшафтной экологии Казанского университета, а также количественная информация о природно-антропогенных характеристиках речных бассейнов региона, полученная на «Геопортале «Речные бассейны Европейской России» (http://bassepr.kpfu.ru/).

Как правило, атмосферные осадки являются прямым агентом развития эрозионных процессов. Как отмечают П.П. Воронков (1970) и О.П. Ермолаев (2002), влияние атмосферных осадков на величину стока воды с речного бассейна проявляется лишь при значительном выпадении атмосферных осадков (при ливневых дождевых осадках) или при таянии снега в весенний период. Так, формирование поверхностного стока воды происходит лишь в том случае, когда количество воды, поступающее на почву, превышает количество воды, фильтрующееся вглубь. Лишь в этом случае образуется микроручейковая сеть в результате эродирующей силы поверхностного стока воды [1, 2].

Более того, атмосферные осадки производят не только механический вынос элементов вместе с почвенной массой, но и растворяют сцементированные породы. Так, с увеличением количества атмосферных осадков увеличивается их эродирующая сила, а также мощность толщи дренирования и, соответственно, растворения, увеличивается скорость химического растворения и выветривания.

В целом, в пространственном аспекте в лесных массивах, покрывающих большую часть рассматриваемых речных бассейнов региона, поверхностно-склоновый сток воды происходит по микроручейковой сети, то есть сквозь толщу лесной подстилки, а также по переувлажненному слою почву, тогда как в пределах вырубок и сельскохозяйственных полей поверхностно-склоновый сток образуется по неоттаявшей поверхности почвы [1, 2].

Так, в пределах севера Русской равнины среднегодовое количество атмосферных осадков распределено неравномерно и варьирует от 300 до 600 мм (рис. 1).

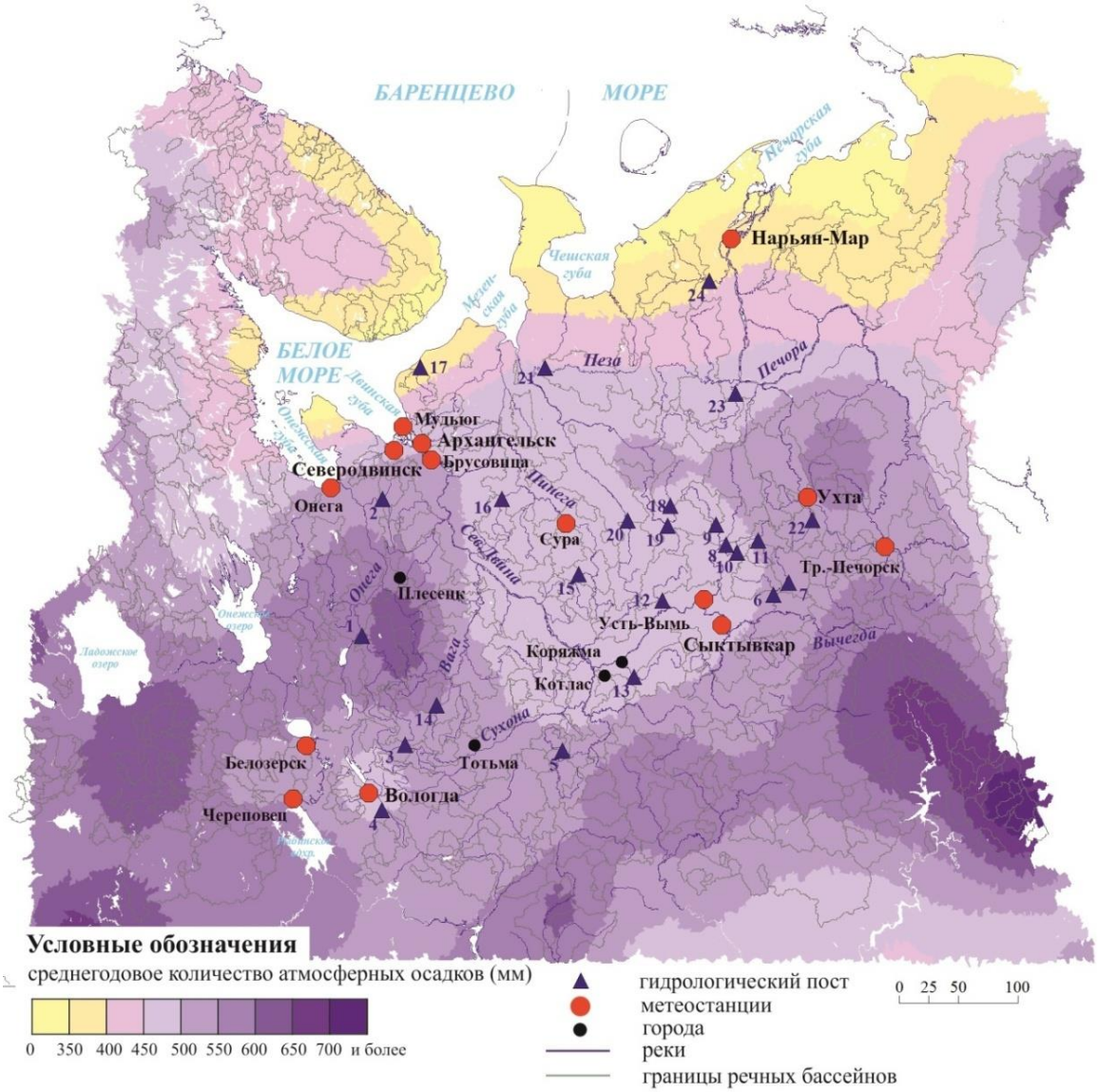


Рис. 1. Пространственная изменчивость среднегодового количества атмосферных осадков (карта построена по данным [4, 5])

На карте цифрами обозначены гидрологические посты: 1 – Волошка – д. Тороповская, 2 – Кодина – р.п. Кодино, 3 – Сямжа – с. Сямжена, 4 – Лёжа – ст. Бушуиха, 5 – Кичменьга – д. Захарово, 6 – Вишера – д. Лунь, 7 – Нившера – д. Троицк, 8 – Весляна – р.п. Вожаёль, 9 – Елва – с. Мещура, 10 – Вымь – с. Весляна, 11 – Иосер – пос. Иосер, 12 – Яренга – с. Тохта, 13 – Виледь – д. Инаевская, 14 – Вага – д. Глуборецкая, 15 – Пинега – д. Согры, 16 – Покшеньга – пос. Сылога, 17 – Золотица – д. Верхняя Золотица, 18 – Мезень – д. Макариб, 19 – Большая Лоптюга – д. Буткан, 20 – Вашка – д. Вендига, 21 – Пеза – д. Сафоново, 22 – Седью – пос. Седью, 23 – Пижма – д. Боровая, 24 – Сула – д. Коткина

В результате корреляционного анализа выявлены значимые показатели взаимосвязи (уровень значимости p менее 0,05) между подземной составляющей стока Na^++K^+ и среднегодовым количеством атмосферных осадков и количеством атмосферных осадков, выпадающих за теплый период года (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между составляющими стока Cl^- и Na^++K^+ и количеством атмосферных осадков (в знаменателе – уровень значимости)

Количество атмосферных осадков, мм	Структура ионного стока					
	атмосферная компонента		подземная компонента		поверхностная компонента	
	Cl^-	Na^++K^+	Cl^-	Na^++K^+	Cl^-	Na^++K^+
среднегодовое	0,38 0,1446	0,33 0,2112	0,10 0,7135	**-0,54** 0,0315	0,22 0,4062	-0,17 0,5240
за теплый период	0,29 0,2715	0,25 0,3445	0,14 0,5981	**-0,50** **0,0500**	**0,52** **0,0371**	0,15 0,5693
за холодный период	0,27 0,3192	0,23 0,3898	-0,02 0,9312	-0,26 0,3381	-0,34 0,1980	**-0,52** **0,0387**

Обратная зависимость может быть обусловлена, во-первых, большей зависимостью стока данных ионов от их концентрации (r = 0,96), а не от атмосферных осадков и стока воды (r = 0,26) и, во-вторых, большей промытостью почвогрунтов в более увлажненных районах региона (рис. 2).

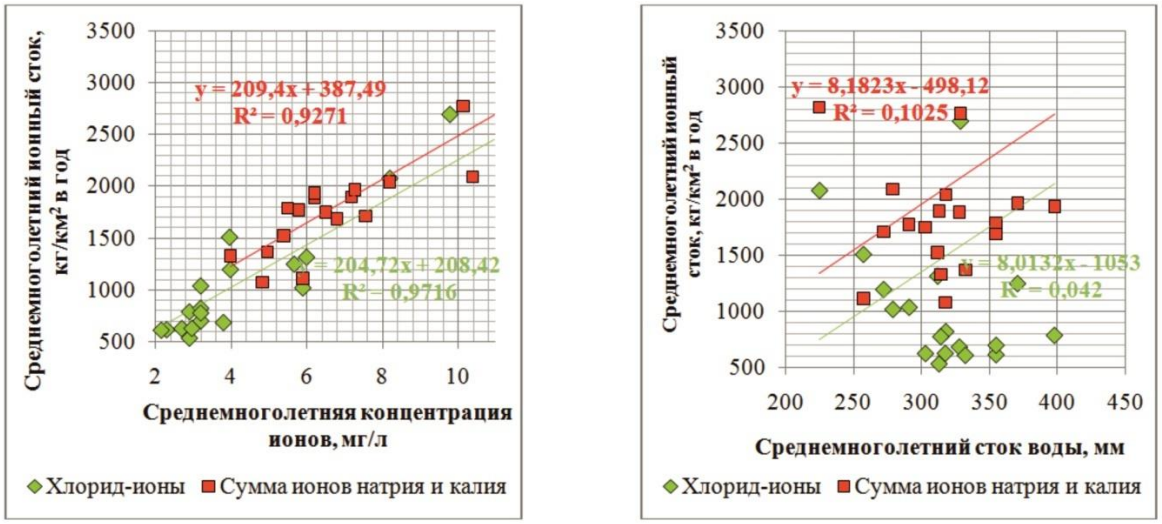


Рис. 2. Зависимость суммарного стока анализируемых ионов от их среднемноголетней концентрации и стока воды

Так, речные бассейны, где количество атмосферных осадков не превышает 500 мм в год количество данных ионов литогенного происхождения достигает 0,68 т/км^2, при количестве атмосферных осадков от 500 до 550 мм вклад снижается до 0,48 т/км^2, более 550 мм – до 0,17 т/км^2 (рис. 3).

Выраженное влияние атмосферные осадки тёплого периода года оказывают на поверхностную составляющую стока Cl^-, что обусловлено наличием эрозионно-опасных ливневых осадков в этот период года (табл. 1).

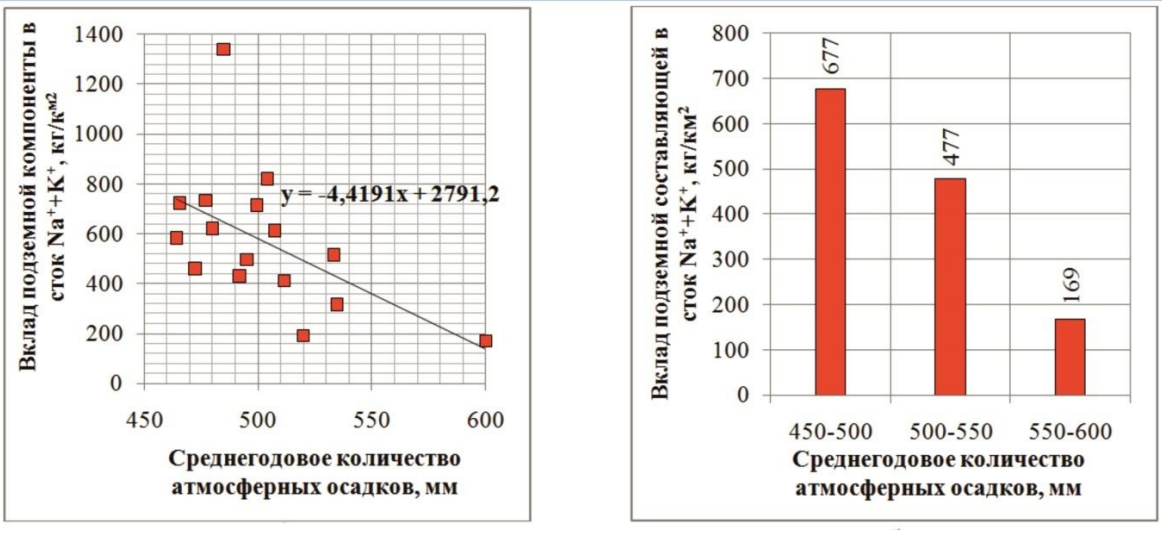


Рис. 3. Изменение среднемноголетних значений величины вклада подземной составляющей в сток Na^++K^+ в зависимости от среднегодового количества атмосферных осадков

Что касается атмосферных осадков холодного периода, то их влияние отражается преимущественно на поверхностной составляющей стока Na^++K+ (см. табл. 1). Это может быть обусловлено большей промытостью почвогрунтов талыми водами в данных речных бассейнах и, соответственно, меньшим содержанием анализируемых ионов в них.

Таким образом, в пределах выбранных речных бассейнов севера Русской равнины атмосферные осадки преимущественно оказывают влияние, во-первых, на подземную составляющую стока подвижных водных мигрантов в результате химического растворения дренируемой атмосферными осадками толщи горных пород, а также на поверхностную составляющую в результате выноса атмосферными осадками механических частиц почвы.

Литература

1. Воронков П. П. Гидрохимия местного стока Европейской территории СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 188 с.

2. Ермолаев О.П. Эрозия в бассейновых геосистемах. – Казань: Издательство «Унипресс», 2002. – 264 с.

3. Зверев В. П. О составляющих ионного стока с территории СССР // Гидрохимические материалы, 1971. – Т. 56. – С.11-18.

4. Ermolaev O. P., Mal'tsev K. A., Ivanov M. A. Automated Construction of the Boundaries of Basin Geosystems for the Volga Federal District // Geography and Natural Resources. – 2014. – Vol. 35. – No. 3. – P. 222-228.

5. Ermolaev O. P., Mal'tsev K. A., Mukharamova S. S., Kharchenko S. V., Vedeneeva E.A. Cartographic Model of River Basins of European Russia // Geography and Natural Resources. – 2017. – Vol. 38. – No. 2. – P. 131-138.

УДК 631.4; 574.9

ГЕОБОТАНИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАРОГО ВЫГОНА – СЕНОКОСА НА ЮГЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Чендев Ю.Г.[1], Геннадиев А.Н.[2], Тишков А.А.[3], Талджеббини А.А.[1], Смирнова М.А.[2], Нарожняя А.Г.[1], Скоков М.А.[1], Скокова Н.А.[1]

E-mail: sciences@mail.ru
[1]ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия
[2]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
[3]Институт географии РАН, г. Москва, Россия

Статья посвящена анализу особенностей пространственного распределения растительности и почв на экспериментальном участке старого выгона «Верхососна» (Красногвардейский район Белгородской области), который никогда не распахивался и подвергался только выпасу животных и сенокошению. Данный участок находится на абсолютно ровном водоразделе. Рассмотрены растительные ассоциации участка в связи с пространственной дифференциацией значений pH водного в слое почв 0-20 см. Детальное почвенное картографирование участка выявило наличие комбинаций черноземов выщелоченных и типичных. Черноземы выщелоченные приурочены к местам с нахождением карбонатов глубже горизонта В и с его меньшим содержанием в 2-метровой толще почв по сравнению с участками распространения черноземов типичных. Результаты исследований рекомендуется использовать в фоновом геоботаническом и почвенном мониторинге лугово-степных ландшафтов лесостепи.

Ключевые слова: лесостепь, Среднерусская возвышенность, растительность, лугово-степные ландшафты, черноземы выщелоченные, черноземы типичные, карбонатные профили почв.

Для освоенной лесостепи одной из важных проблем является идентификация никогда не пахавшихся фрагментов почвенно-растительного покрова, свойства которого важно учитывать при формировании новых особо охраняемых природных территорий, и которые могли бы выполнять ряд эталонных функций при сравнении с аграрно трансформированными ландшафтами окружающих территорий. Проблеме выявления и охраны сохранившихся фрагментов степных экогеосистем посвящен ряд публикаций (Грошева, 2020; Тишков и др., 2024; Чендев и др., 2024; Чернова, 2021). В связи с этим никогда не пахавшиеся старые выгоны и сенокосы могут представлять исследовательский интерес как перспективные участки, на которых могли сохраниться эталонные или близкие к ним черноземы.

Одним из таких перспективных участков оказался нераспаханный фрагмент почвенного покрова на старом выгоне – сенокосе, расположенном на юго-западной окраине села Верхососна Красногвардейского района Белгородской области.

Для поиска участка были использованы крупномасштабные картографические материалы разных сроков создания. В Российском государственном архиве древних актов (г. Москва) изучались планы села Верхососна масштаба 1:8400 периодов генерального (18 век) и специального (19 век) межеваний. Дополнительно привлекались топографические карты масштаба 1:10000, созданные в середине 20 века, а также современные спутниковые снимки высокого разрешения, которые находятся в открытом доступе в сети Интернет. Путем анализа достоверных разновременных материалов, было установлено, что изучаемый участок все время представлял собой травянистое угодье, никогда не подвергавшееся распашке.

В пределах изучаемого участка была идентифицирована модельная территория в форме квадрата со стороной 30 метров, на которой отсутствуют следы механогенных нарушений почв в виде выемок грунта или углублений, оставленных проходами транспорта. На этой территории в июле-августе 2024 года выполнялись геодезические, геоботанические и почвенные исследования. Геодезический план был составлен с сечением горизонталей 10 см. Геоботаническое описание растительности выполнялось по шкале Друде; изучение состава растительности выполнялось по квадратной сетке с дальнейшим составлением картосхемы растительного покрова. Почвы исследовались в скважинах, которые бурились с помощью ручного бура до глубины 2 метра по квадратной сетке со стороной 7,5 метра (в общей сложности на участке было заложено 25 почвенных скважин). Лабораторные анализы почв включали определение pH водной суспенции потенциометрическим методом и содержание углерода карбонатов ацидиметрическим методом.

В зональном отношении изучаемая территория представляет собой типичную лесостепь (северная граница степной зоны находится в 30-35 км к югу – юго-востоку). В геоморфологическом отношении - это абсолютно ровный водораздел (локальные перепады высот на пространстве участка не превышают 30 см).

Растительный покров представлен злаковым разнотравьем с преобладанием в фитомассе злаковой растительности (рис. 1). Проективное покрытие травами поверхности почвы в момент проведения работ составляло 100 %. В нижнем ярусе встречались такие травы, как вьюнок полевой, одуванчик, люцерна серповидная, полыни горькая и австрийская. Растительность верхнего яруса высотой до 70 см была представлена такими травами как пырей ползучий, мятлик луговой, костер безостый, репешок, подмаренник, льнянка, цикорий, тысячелистник, резак и некоторыми другими.



Рис. 1. Растительный покров выгона – сенокоса участка «Верхососна»

На изучаемом участке было выявлено 7 растительных ассоциаций разных размеров и форм рис. 2.

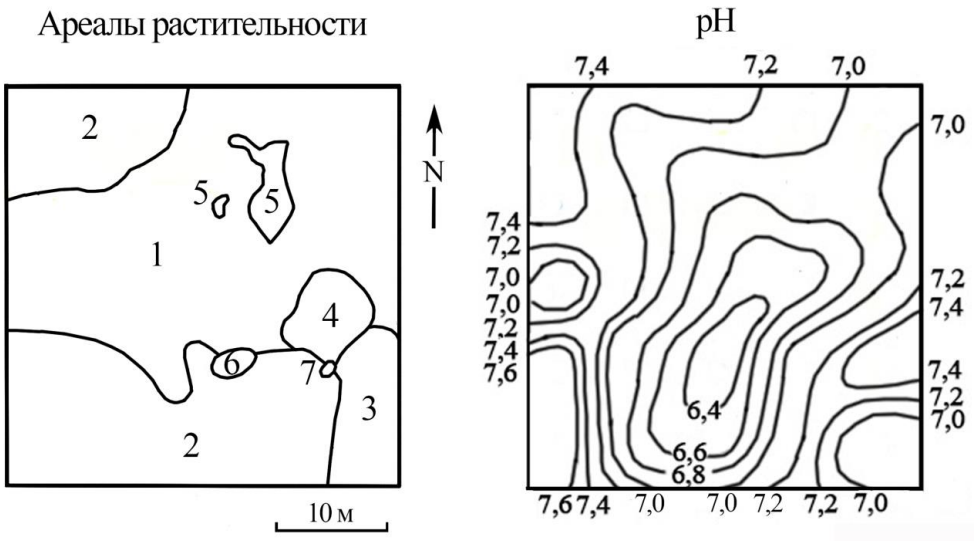


Рис. 2. Геоботаническая схема (слева) и значения pH водного в слое 0-20 см почв (справа) участка «Верхососна». Названия ареалов растительности приводятся в табл. 1

Наибольшую площадь (50 % поверхности участка) занимает пырейно-мятликовая ассоциация с примесью тимофеевки, полыни и цикория. Минимальная площадь (2 м^2 или 0,2 % площади) установлена для чернокоренево-крапивной ассоциации в юго-восточном секторе участка (рис. 2). Геоботанический состав каждой изученной растительной ассоциации представлен в табл. 1.

Таблица 1

Геоботанический состав растительных ассоциаций на участке «Верхососна»

Номер ареала на рис. 2	Травы и их обилие	Название растительной ассоциации
1	2	3
1	мятлик (cop-1), пырей (sp), тимофеевка (sp gr), цикорий (sp gr), полынь (sp gr), молочай (sp gr), морковь дикая (sp gr), репешок (sp gr), люцерна (sp gr), мелколепестник (sp gr), консолида (sol) и др.	Пырейно-мятликовая с примесью тимофеевки, полыни, цикория
2	пырей (cop-1), мятлик (sp gr), льнянка (sp gr), белокудренник (sp gr), репешок (sp gr), консолида (sol), живокость (sol), чернокорень (sol), люцерна (sol), тысячелистник (sol)	Мятликово-пырейная с примесью полыни, льнянки, белокудренника
3	мятлик (cop-1), полынь (sp), пырей (sp gr), подмаренник (sp gr), резак (sp gr), цикорий (sp gr), репешок (sp gr), вьюнок (sol), тысячелистник (sol), козлобородник (sol), чертополох (sol)	Полынно-мятликовая с примесью пырея, подмаренника, резака
4	мятлик (cop-1), костер безостый (sp), полынь (sp), цикорий (sol), пырей (sol), льнянка (sol), репешок (sol), бодяк (sol), репешок (sol), тысячелистник (sol), мелколепестник (sol), молочай (sol), шалфей (sol)	Кострецово-мятликовая с примесью полыни
5	циклохена (sp gr), латук (sp gr), полынь (sp gr), мятлик (sp gr), пустырник (sp gr), молочай (sol), чернокорень (sol), цикорий (sol), смолевка (sol), консолида (un), синеголовник (un)	Латуково-циклохеновая с примесью полыни, мятлика и пустырника
6	мятлик (cop-1), льнянка (sp), смолевка (sp), костер безостый (sp gr), пустырник (sp gr), резак (sol), полынь (sol), цикорий (sol), пырей (sol), мелколепестник (sol)	Льнянко-мятликовая с примесью смолевки, костра безостого и пустырника
7	Крапива двудомная (sp), чернокорень (sp gr)	Чернокоренево-крапивная

Сравнительный анализ пространственного соответствия ареалов растительности и значений pH водного в слое 0-20 см почв (рис. 2) выявил следующие особенности. Диапазону значений pH от 6,4 до 6,8 (слабокислая и нейтральная среда) соответствует ареал 6. В интервале значений pH от 6,6 до 7,0 распространен ареал 5. Диапазону значений pH от 6,8 до 7,4 соответствуют ареалы 3 и 4. Наиболее щелочным условиям среды со значениями pH 7,4 соответствует ареал 7. Наиболее широкий диапазон значений pH (от 6.4 до 7,6) характерен для ареала под номером 2.

Как показали результаты бурения, на участке исследования распространены два подтипа лугово-степных черноземов – черноземы

выщелоченные (главным образом, в западном секторе участка) и черноземы типичные (в восточной части участка) (рис. 3).

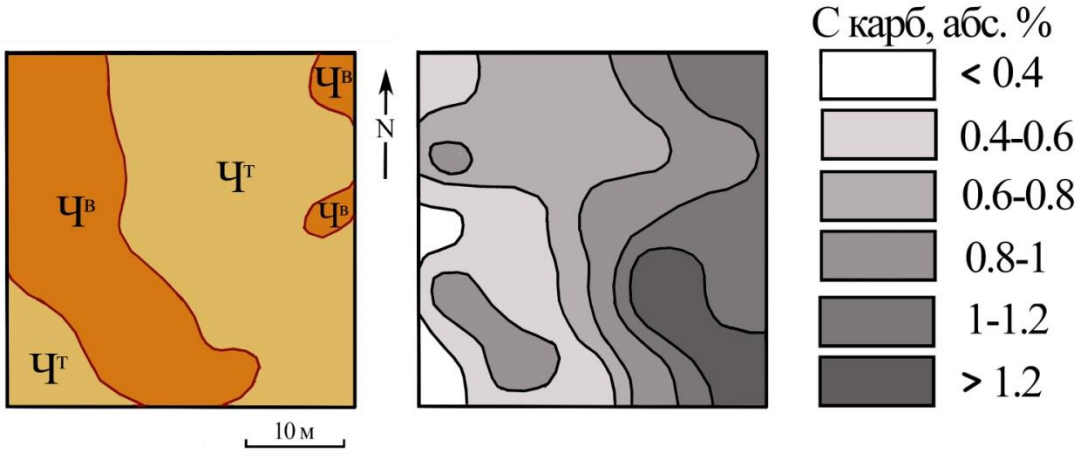


Рис. 3. Картосхемы ареалов распространения подтипов черноземов (слева) и среднего содержания углерода карбонатов в слое 0-200 см почв (справа) на участке «Верхососна»

На родовом уровне на всей территории изученного участка преобладают мощные черноземы с нижней границей гумусированной толщи профилей (горизонты ВА1) на глубинах 80-110 см. На уровне почвенных разновидностей повсеместно распространены черноземы тяжелосуглинистые. Почвенные разряды формируют почвообразующие породы, представленные карбонатными покровными глинами.

Сравнение степени карбонатности почвенного материала до глубины 2 метра и пространственного распределения контуров почв выявляет достаточно четкую зависимость: в западном секторе участка, где распространены малокарбонатные субстраты, преобладают черноземы выщелоченные, а в восточной части с большей карбонатностью почвогрунтов – господствуют черноземы типичные (рис. 3). Открытым остается вопрос о степени унаследованности такого распределения карбонатов от литогенной стадии образования почвообразующих пород, т.к. в изучаемом ареале распространения выщелоченных черноземов выщелачивание как почвообразовательный процесс вполне могло способствовать обеднению профилей почв соответствующих участков карбонатами на протяжении периода их развития в голоцене. Вместе с тем остается непонятной четкая пространственная дифференциация участка, имеющего сравнительно небольшую площадь (900 м^2), на два подтипа черноземов без ясно выраженных отличий ареалов их распространения по составу растительности, микрорельефу, гранулометрическому составу почв и почвообразующих пород.

Более детальное представление о послойном распределении углерода карбонатов в почвенном покрове участка «Верхососна» можно получить исходя из картосхем, представленных на рис. 4.

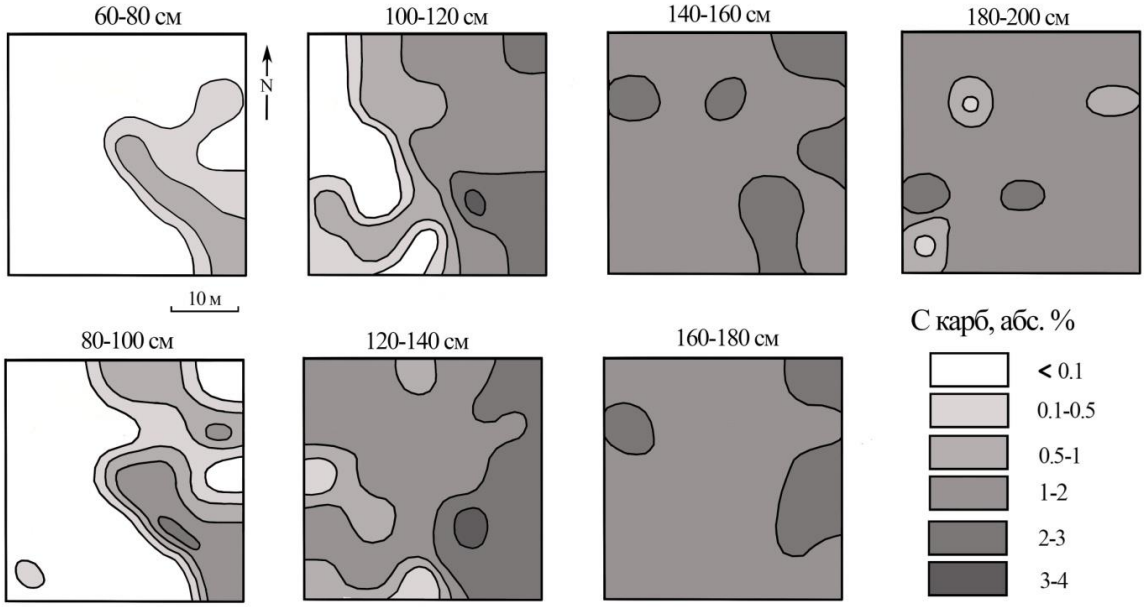


Рис. 4. Картосхемы послойного распределения содержания углерода карбонатов в почвенном покрове участка «Верхососна»

Полученные результаты показали перспективность проведения комплексных (геоботанических и почвенных) исследований старых, никогда не пахавшихся выгонов и сенокосов, для выявления нативных или близких к ним свойств растительности и почвенного покрова на территории аграрно освоенной лесостепи на юге Среднерусской возвышенности.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ, проект № 24-17-00154 «География, свойства и эталонные функции нативных черноземов лесостепи юга Среднерусской возвышенности».

Литература

1. Грошева О.А. Эволюционное развитие черноземов и степей Евразии в исторической ретроспективе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 12. – С. 31-35.

2. Тишков А. А. Новые подходы к сохранению степей староосвоенных черноземных регионов России // Вопросы степеведения. – 2024. – №. 1. – С. 22-31.

3. Чендев Ю.Г., Смирнова М.А., Геннадиев А.Н., Белеванцев В.Г. Нативные эталонно значимые черноземы в староосвоенной лесостепи: поиск сохранившихся ареалов и анализ свойств // Известия Русского географического общества. – 2024. – Т. 156. - № 4. – С. 391-408.

4. Чернова О.В. Сохранение естественных почв на охраняемых природных территориях Российской Федерации // Известия РАН. Серия географическая. – 2021. – № 2. – С. 30-37.

УДК 504.3.054

ОЦЕНКА АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Широнина А.Ю., Орлов В.Д.

E-mail: shironinaayu@mauniver.ru
ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», г. Мурманск, Россия

Статья посвящена проблеме оценки выбросов загрязняющих веществ котельной, работающей на территории промышленного объекта, расположенной в арктический зоне Российской федерации.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, выбросы котельной, Арктический регион

Основная цель теплоснабжения – обеспечение потребителей теплом с заданными параметрами (температура, объем, давление). Однако сжигание органического топлива для производства тепла приводит к загрязнению атмосферы оксидами азота и серы, золой и другими нежелательными компонентами. В настоящее время существует серьезная дилемма: с одной стороны, энергия необходима для благополучия людей, а с другой – сохранение текущих темпов производства и потребления энергии может привести к значительному ухудшению качества окружающей среды, снижению уровня жизни и негативно повлиять на здоровье человека.

Данная проблема актуальна и для Арктических регионов России, поскольку их территориальные особенности и суровый климат требуют выработки значительного количества энергии и тепла, а, следовательно, – использования больших объемов максимально дешевого топлива [1, 2].

В Мурманской области насчитывается около 160 котельных. Из них на жидком топливе (в основном это мазут марки М-100) работают 67 котельных, на остальных в качестве топлива используют уголь и отходы деревообработки [3]. При этом доля тепловой энергии, вырабатываемой при сжигании мазута, составляет более 80 % от общего объема производства, и более трети из этого объема приходится на г. Мурманск, где котельные промышленных объектов, а также городские ТЭЦ зачастую расположены прямо в центре города.

Цель данной работы – определить состав и объемы выбросов загрязняющих веществ одной из таких котельных, расположенных на территории круглогодично действующего порта в г. Мурманске, а также оценить качество атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны порта.

Мурманский морской торговый порт (ММТП) обеспечивает выход России к как Северному морскому пути, так и ко многим международным

рынкам. Это универсальный порт с развитой инфраструктурой, которая постоянно модернизируется, что открывает доступ к эффективной обработке больших партий грузов (в основном каменного угля, железнорудного концентрата, генеральные грузы и т.д.) [4].

На территории предприятия работает котельная, в которой установлены 3 котла (2 паровых и 1 водогрейный), которые работают на мазуте марки М100. Производительность паровых котлов 10 т/ч, расход 700 кг/ч мазута, температура пара на выходе 194 °С. Производительность водогрейного котла составляет 60 т/ч, расход мазута 270 кг/ч, температура воды на выходе 105 °С.

Порт ежегодно все больше вкладывает ресурсов снижения своей нагрузки на окружающую среду. Так был установлен пылеветрозащитный экран, который защищает город от пыли, внедрены стационарные системы пылеподавления, пушки орошения, круглосуточно работает экологическая диспетчерская и осуществляется мониторинг состояния окружающей среды [5].

Однако существенным недостатком в текущей ситуации является тот факт, что порт расположен в самом центре города, и как промышленный объект является предметом опасений и бесконечных жалоб местных жителей по поводу экологической обстановки.

Котельная Мурманского морского торгового порта расположена таким образом, что в границах ее санитарно-защитной зоны (СЗЗ) находится полотно железной дороги, одна из городских автодорог и даже жилые дома (рис. 1).

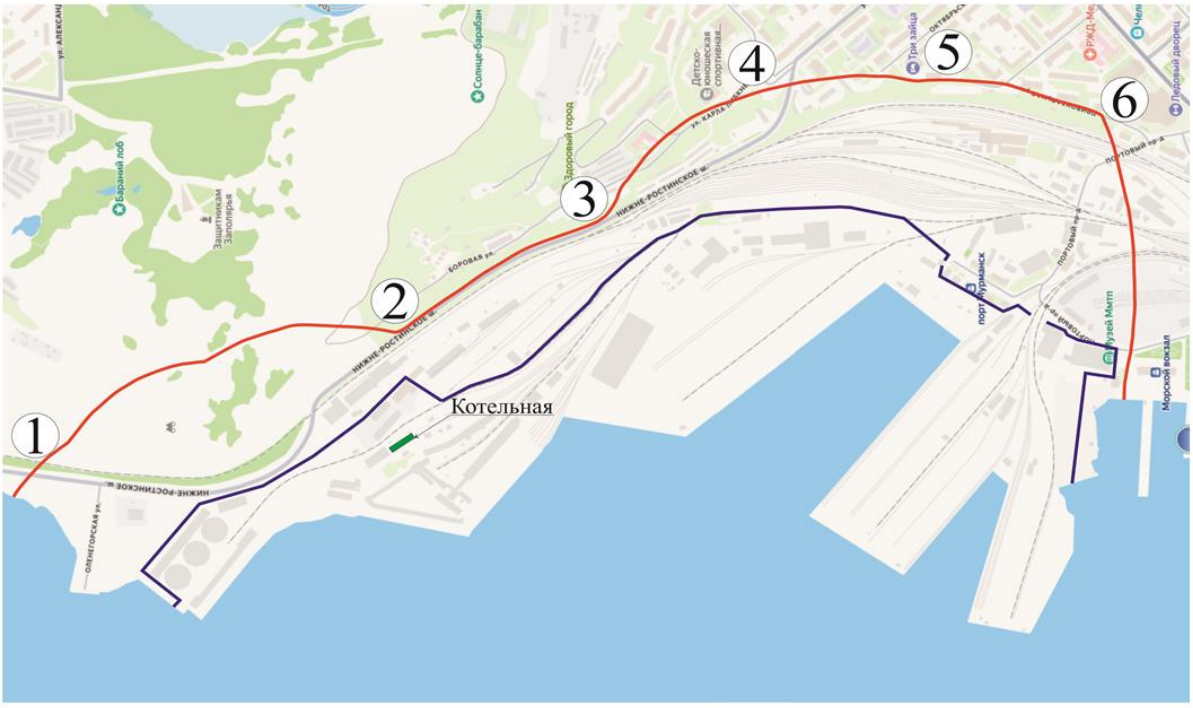


Рис. 1. Территориальная граница ММТП (синяя линия) и граница СЗЗ его котельной (красная линия)

Соответственно, люди, проживающие в непосредственной близости от порта, подвергаются риску негативного воздействия загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу при работе котельной. А близкое расположение дорожной и железнодорожной инфраструктуры способно усугублять ситуацию.

Для проведения расчетов максимально разового и валового выброса загрязняющих веществ котельной использовали «Методику определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час», утвержденную Госкомэкологии России 07.07.1999 и актуализированную в 2021 г.

Расчет рассеивания загрязняющих веществ, выбрасываемых котельной в атмосферный воздух производили в шести точках, расположенных на границе СЗЗ котельной (рисунок 1) в соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 №273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных веществ в атмосферном воздухе».

Для определения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе СЗЗ использовали газоанализатор «ЭКОЛАБ». Для проведения замеров было выбрано вечернее время после 20 часов, т.к. это время, чтобы исключить влияние автомобильных пробок на текущий состав атмосферного воздуха. Замеры проводили в период с апреля по июнь 2025 года в тех же шести точках, расположенных на границе СЗЗ котельной порта. Каждый замер осуществлялся в течение 20 минут в трехкратной повторности. Газоанализатор располагали на высоте 1,5 метра от поверхности земли. Полученные результаты сравнивали с максимально разовыми ПДК (СанПиН 1.2.3685-21).

Согласно результатам расчета, объемы выбросов от котлов отличаются в 12,5. В целом выбросы от парового котла значительно выше, чем от водогрейного, что связано, во-первых, с тем, что расход мазута у водогрейного котла в разы меньше, чем у паровых котлов. А во-вторых, с тем, что период работы водогрейного котла 120 дней в году, в то время, как у парового 245 дней (таблица 1).

Таблица 1

Объем выбросов загрязняющих веществ при валовом и максимально разовом выбросе от котельной, работающей на мазутном топливе

Наименование ЗВ	Максимально разовый выброс, г/с	Валовый выброс, т/год
Водогрейный котел		
CO	0,294	1,271
NO_2	0,211	0,867
NO	0,034	0,141

Окончание табл. 1

1	2	3
SO_2	2,177	9,408
Паровой котел		
CO	1,185	15,879
NO_2	0,961	12,862
NO	0,156	2,091
SO_2	8,781	117,6

Приземная концентрация загрязняющего вещества зависит от множества параметров: количества газовоздушной смеси, которая выбрасывается в атмосферный воздух, рельефа местности, от высоты трубы и ее диаметра, температуры выброса и т.д.

С учетом всех перечисленных условий произведен расчет рассеивания загрязняющих веществ, выбрасываемых котельной ММТП в атмосферный воздух и определено, что во всех расчетных точках концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы не превышают предельно допустимых значений (таблица 2).

Таблица 2

Приземная концентрация загрязняющих веществ в расчетных точках на границе СЗЗ котельной порта

Вид котла	Загрязняющие вещества	Приземная концентрация загрязняющих веществ в точках замеров, мг/м³					
		1	2	3	4	5	6
Водогрейный котел	CO	0,0113	0,0266	0,0136	0,0064	0,0040	0,0029
	NO_2	0,0081	0,0191	0,0098	0,0046	0,0029	0,0021
	NO	0,0013	0,0031	0,0016	0,0007	0,0005	0,0003
	SO_2	0,0834	0,1966	0,1007	0,0474	0,0296	0,0213
Паровой котел	CO	0,0095	0,0114	0,0100	0,0079	0,0063	0,0052
	NO_2	0,0077	0,0092	0,0081	0,0064	0,0051	0,0042
	NO	0,0013	0,0015	0,0013	0,0010	0,0008	0,0007
	SO_2	0,0707	0,0844	0,0743	0,0583	0,0469	0,0388

Согласно результатам фактических замеров содержания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы на границе СЗЗ котельной порта установлено, что в период с апреля по июнь 2025 года концентрации оксида углерода и диоксида азота были значительно ниже допустимых значений (в 4 – 8 раз).

Концентрация диоксида серы, один из основных компонентов выбросов от котельных, работающих на мазуте, близка к предельным значениям, но также не превышала ПДК (рисунок 2).

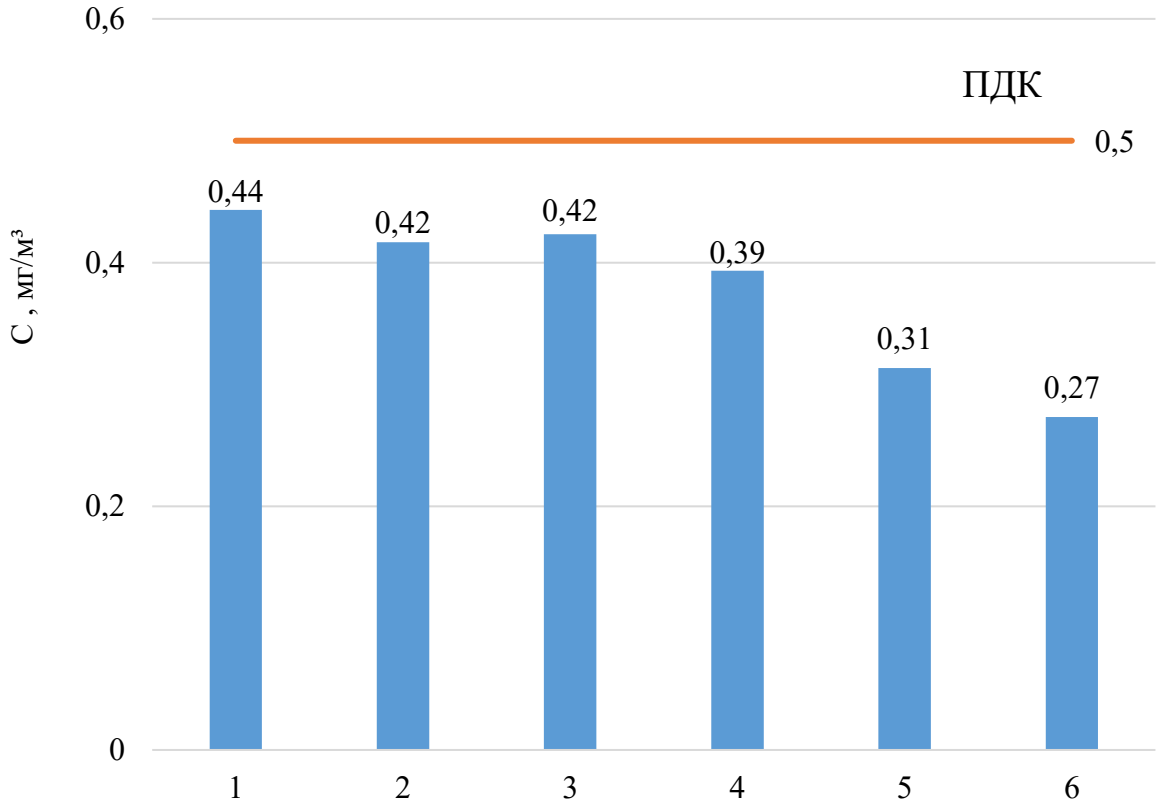


Рис. 2. Концентрация диоксида серы (SO_2) в атмосферном воздухе на границе СЗЗ котельной ММТП

Оксид азота также относится к наиболее важным загрязняющим веществам, поступающим в атмосферу с антропогенными выбросами. Он образуется в основном при сгорании органического топлива при высоких температурах, а источниками его поступления в атмосферу могут быть и котельные и автотранспорт. В период исследования в приземном слое атмосферы на границе СЗЗ котельной ММТП зафиксированы значительные превышения концентрации оксида азота (рисунок 3). И хотя авторами статьи предпринята попытка исключить влияние автотранспорта на состав атмосферного воздуха в исследуемых точках, невозможно однозначно утверждать, что присутствие значительного количества оксида азота в приземном слое связано только и непосредственно с выбросами котельной Мурманского морского торгового порта.

Проанализировав полученные данные можно сделать заключение, что, как и любое промышленное предприятие, Мурманский морской торговый порт оказывает воздействие на окружающую среду. В частности, котельная порта, работающая на мазуте, является источником выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, таких как диоксиды серы и азота, а также оксиды азота и углерода. Однако в целом на границе СЗЗ котельной качество атмосферного воздуха можно считать удовлетворительным. Оксид азота,

выявленный в повышенном количестве в приземном слое атмосферы, может иметь разное происхождение, поскольку в пределах СЗЗ котельной порта находится дорожная инфраструктура, а также железнодорожные пути, влияние которых при проведении исследования исключить довольно затруднительно.

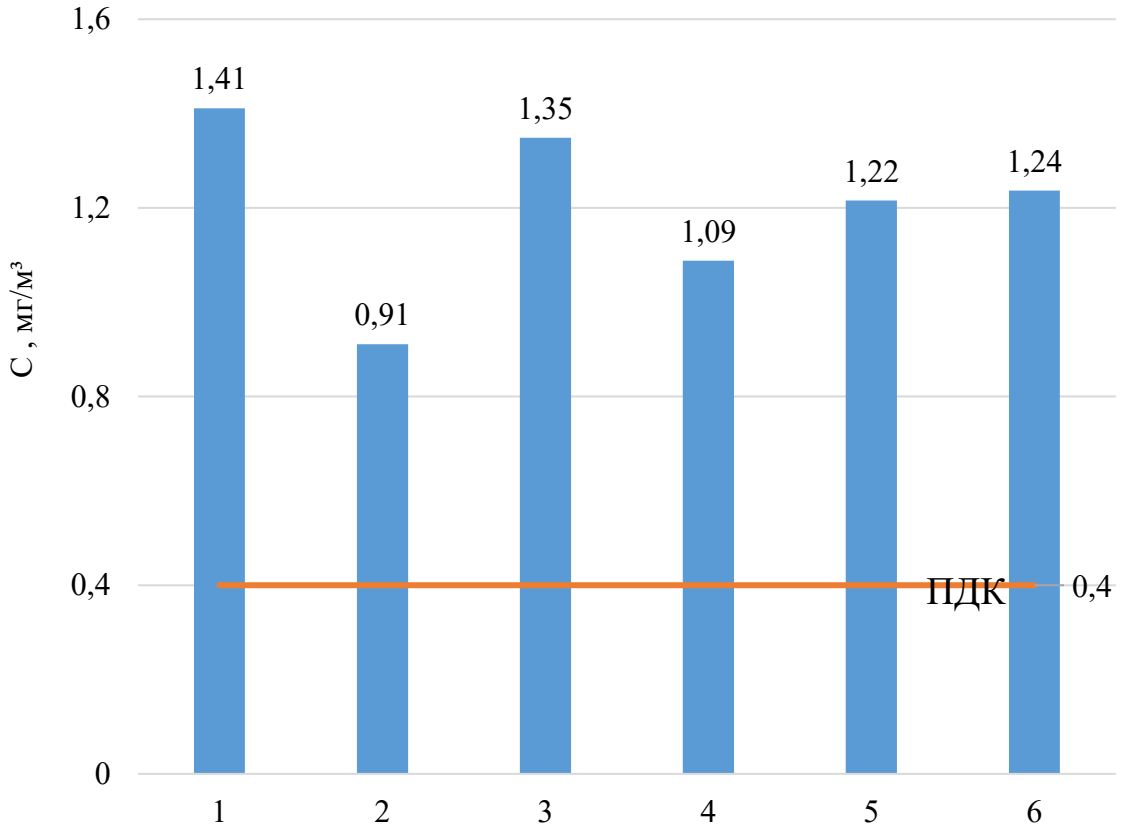


Рис. 3. Концентрация оксида азота (NO) в атмосферном воздухе на границе СЗЗ котельной ММТП

Литература

1. Светлова М. В. Эколого-географическое положение Мурманской области: основные аспекты // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Естественные науки. – 2011. – №21 (116). – С. 183–190.

2. Слуковский З. И. Греть, дымить и загрязнять: история мазута в России // Природа. – 2020. – №7 (1259). – С. 3–11.

3. Биев А.А., Шпак А.В. Проблема мазутозависимости северного региона: ее особенности и возможные пути разрешения на примере Мурманской области // Проблемы развития территории. – 2016. – №1. – С. 65–75.

4. О компании – АО «Мурманский морской торговый порт» [Электронный ресурс] // АО «Мурманский морской торговый порт». – URL: http://portmurmansk.ru/ru/about/.

5. Экологическая политика АО «Мурманский морской торговый порт» удостоена наград [Электронный ресурс] // «Морстройтехнология». – URL: https://morproekt.ru/local-news/1224-mmtp-environmental-policy-wins-awards.

ECOLOGICAL EVALUATION OF SOIL FACTORS AFFECTING IRIS SPECIES DISTRIBUTION IN WESTERN AZERBAIJAN

Asgarova Leyla A., Hajiyeva J.A.

E-mail: leyla.asgarova.@adau.edu.az
Azerbaijan State Agricultural University

This study evaluates the influence of soil factors on the distribution and ecological valence of 13 *Iris* species in the western region of Azerbaijan. Using over 100 geobotanical observations from 2014 to 2022 and applying D.N. Tsyganov's ecological range scale, we determined that most species exhibit narrow ecological tolerance (stenovalent and hemistenovalent). Soil moisture, salinity, nitrogen content, and soil reaction were key limiting factors affecting species distribution. The results underline the vulnerability of rare and endemic species to environmental changes and anthropogenic impacts. Phytoindication methods proved effective for ecological monitoring, offering valuable insights for conservation strategies.

Keywords: Iris species, ecological valence, soil factors, Azerbaijan, phytoindication, biodiversity conservation.

Introduction. Assessing the combined influence of complex environmental factors such as soil fertility and water regime presents a significant challenge in ecological research. The phytoindication method serves as a valuable tool to evaluate these factors by analyzing the composition and distribution of plant communities, which have adapted to local conditions over long periods [Glibovytska & Mykhailiuk, 2020; Viktorov & Remezova, 1988]. Vegetation and soil thus act as reliable bioindicators of the environmental status of a given area [Zhivotovsky & Osmanova, 2021].

Plant species display varying ecological preferences, and their distribution patterns reflect sensitivity to abiotic factors including soil properties, solar radiation, and anthropogenic impacts. Studying these patterns allows researchers to infer ecological conditions within specific habitats [Dorogova et al., 2019]. In particular, phytocenoses with narrowly specialized species (stenovalent) have high indicative value for assessing environmental quality.

This study aims to evaluate the ecological distribution of Iris species in the western region of Azerbaijan by analyzing their response to soil factors. Using D.N. Tsyganov's ecological range scale [Tsyganov, 1983] and L.A. Zhukova's methods for ecological valence assessment [Zhukova, 2004], we identify key soil limitations influencing Iris species distribution. The results contribute to understanding the adaptive strategies of these species and provide data for biodiversity conservation and environmental monitoring.

Data and Methods. This study focuses on Iris species (genus *Iris* L.) distributed in the western region of Azerbaijan. Field research was conducted between 2014 and 2022 across an altitude range of 200 to 1500 meters above sea

level. Over 100 detailed geobotanical observations were performed, recording species presence, abundance, and habitat characteristics.

To assess ecological preferences and limitations of Iris species, D.N. Tsyganov's ecological range scale was applied [Tsyganov, 1983]. This scale evaluates species tolerance to key soil factors, including moisture, salinity, nitrogen content, soil reaction (pH), and variable moisture conditions. In conjunction, L.A. Zhukova's method [Zhukova, 2004] was used to calculate the potential and real ecological valence of each species, quantifying their adaptability to soil parameters. The use of ecological scales for analyzing ecological diversity is further supported by works such as Dorogova et al. [2010; 2019] and Zubkova et al. [2008].

Measurements of soil parameters were conducted in situ and supplemented with laboratory analyses where necessary. The study also incorporated analysis of species tolerance indices and ecological classification based on soil and illumination factors to better understand distribution constraints.

RESULTS. In the western region of Azerbaijan, 13 species of the genus *Iris* were identified [Flora of Azerbaijan, 1950-1961; Grossheim, 1940; Grossheim, 1949; Ibadullayeva & Huseynova, 2021]. The diversity of these species is strongly influenced by local soil and climatic conditions, with many species favoring clayey soils. Relict and endemic plants are especially common in these habitats, emphasizing their ecological significance.

The ecological amplitude of the studied Iris species varies according to different soil factors. Using the phytoindication method, species were classified based on their ecological valence along soil moisture (Hd), salinity (Tr), nitrogen content (Nt), soil reaction (Rc), and variable moisture (fH) scales:

Soil moisture (Hd): Eleven species are stenovalent (narrow ecological range), one species hemistenovalent, and one mesovalent, indicating that moisture is a critical limiting factor for most species.

Soil salinity (Tr): Most species (92.3 %) are stenovalent, with only *Iris pseudacorus* classified as hemievrivalent. For more on phytoindication of soil salinity, see Prokopyeva et al. [2021].

Nitrogen content (Nt): Approximately 46 % of species are hemistenovalent, four species are stenovalent, two are hemievrivalent, and one mesovalent, indicating moderate adaptability to nitrogen availability.

Soil reaction (Rc): Most species are hemistenovalent, indicating limited tolerance to soil acidity or alkalinity. Only *Iris pseudacorus* shows euvalence.

Variable moisture (fH): Half the species are stenovalent, and seven species are hemistenovalent, reflecting adaptation to arid conditions.

Additionally, illumination (Lc) affects distribution, with most species favoring well-lit environments.

The calculated tolerance indices (Ti) ranged predominantly between 0.26 and 0.36, confirming that the majority of Iris species have narrow ecological niches (stenobiont and hemistenobiont taxa).

Table 1

Potential and real ecological valences of Iris species according to Tsyganov's soil scale (PEV, REV), environmental efficiency coefficient, and tolerance index

№	factors / Species	Hd			Tr			Nt			Rc			fH			Ti
		PEV	REV	Envir eff. coeff	PEV	REV	Envir eff. coeff	PEV	REV	Envir eff. coeff	PEV	REV	Envir eff. coeff	PEV	REV	Envir eff. coeff	
1	*İris germanica*L	0,3	0,2	81	0,2	0,2	71	0,6	0,5	86	0,4	0,3	79	-	-	-	0,3
2	*İris pseudacorus*L	0,5	0,4	91	0,6	0,5	91	0,5	0,5	83	1	0,9	92	0,5	0,4	0,4	0,62
3	*İris alexeencoi*Fomin	0,3	0,2	81	0,2	0,2	71	0,3	0,2	56	0,2	0,2	65	0,3	0,2	67	0,26
4	*İrislineolata*(Trautv) Grossh.	0,3	0,3	87	0,2	0,2	71	0,5	0,4	80	0,4	0,3	79	0,3	0,2	67	0,34
5	*İriscarthaliniae*Fomin	0,4	0,4	91	0,2	0,2	71	0,3	0,2	67	0,2	0,2	65	0,5	0,4	80	0,32
6	*İrisimbricata*Lindl	0,2	0,2	81	0,2	0,2	71	0,6	0,54	83	0,2	0,2	65	0,5	0,4	80	0,34
7	*İriscamillae*Grossh.	0,3	0,2	81	0,2	0,2	71	0,5	0,4	80	0,4	0,3	79	0,4	0,3	75	0,36
8	*İ. shelkownikowii*Fomin	0,3	0,2	81	0,2	0,2	71,4	0,4	0,4	100	0,3	0,2	65	0,4	0,3	75	0,32
9	*İris iberica*Hoff	0,3	0,2	85	0,2	0,2	76,2	0,3	0,2	67	0,3	0,2	77	0,4	0,3	75	0,30
10	*İris annae*Grossh.	0,3	0,3	87	0,2	0,2	71,4	0,5	0,4	80	0,4	0,3	79	0,3	0,2	67	0,34
11	*İrisparadoxa*Stev	0,2	0,2	81	0,2	0,2	71,4	0,2	0,1	50	0,2	0,2	65	0,5	0,4	80	0,26
12	*İris acutiloba C.A.Meyer*	0,3	0,3	87	0,2	0,2	71,4	0,5	0,4	80	0,4	0,3	79	0,3	0,2	67	0,34
13	*İris grossheymii* Woronow ex Grossh.	0,3	0,3	87	0,2	0,2	71,4	0,5	0,4	80	0,4	0,3	79	0,3	0,2	67	0,34

Note: Hd-soil moisture; Tr-soil salinity; Nt-soil nitrogen richness; Rc-soil reaction (salinity, alkalinity); fH-soil variable moisture; PEV-potential ecological valence; REV-real ecological valence; Envir. eff. coefficient – coefficient of environmental efficiency; Ti-tolerance index

Overall, 54 % of the species are hemistenovalent and 46 % stenovalent according to soil factors, indicating a generally narrow ecological tolerance limiting their distribution range. This narrow tolerance underlines the vulnerability of many Iris species in the region, many of which are considered rare and endangered [The Red Book of the Republic of Azerbaijan, 2013].

DISCUSSION. The present study demonstrates that soil factors significantly influence the distribution and ecological amplitude of *Iris* species in the western region of Azerbaijan. The predominance of stenovalent and hemistenovalent species across soil moisture, salinity, nitrogen content, soil reaction, and variable moisture scales indicates a narrow ecological tolerance among these species. This suggests that Iris populations are highly specialized and adapted to the local edaphic conditions.

The dominance of stenovalent species in the majority of soil parameters implies that environmental variability, particularly in soil moisture and salinity, acts as a strong limiting factor for the spread of these plants. Such ecological specialization is typical for relict and endemic taxa, which often exhibit restricted ecological ranges due to evolutionary adaptation to stable, but specific habitat conditions Examples of studies on rare species ecology include Abramova et al. [2019] and Kharitontsev & Sharafutdinova [2017].

Table 2

Tolerance index (TI) and ecological niche of iris species according to soil and area illumination

№	Species	Soil factors	
		Ti	Ecological niche
1	*İris germanica L*	0,30	Stenobiont
2	*İris pseudacorus L*	0,62	Hemievri-biont
3	*İris alexeencoi*Fomin	0,26	Stenobiont
4	*İrislineolata*(Trautv*)* Grossh.	0,34	Hemisteno-biont
5	*İriscarthaliniae*Fomin	0,32	Stenobiont
6	*İrisimbricata*Lindl	0,34	Hemisteno-biont
7	*İriscamillae*Grossh.	0,36	Hemisteno-biont
8	*İ. shelkownikowii*Fomin	0,32	Stenobiont
9	*İris iberica*Hoff	0,30	Stenobiont
10	*İris annae*Grossh.	0,34	Hemisteno-biont
11	*İrisparadoxa*Stev	0,26	Stenobiont
12	*İris acutiloba*C.A.Meyer	0,34	Hemisteno-biont
13	*İris grossheymii* Woronow ex Grossh	0,34	Hemisteno-biont

Furthermore, the adaptation to arid and moderately saline soils, as evidenced by variable moisture and salinity tolerance, aligns with the regional climatic characteristics of the western Azerbaijan lowlands and foothills. This supports previous findings highlighting the role of edaphic factors in shaping local vegetation composition and distribution patterns [Gamrat & GAŁCZYŃSKA, 2021; Didukh et al., 2022].

The study also highlights the vulnerability of rare *Iris* species, many of which are included in the Azerbaijani "Red Book" [The Red Book of the Republic of Azerbaijan, 2013]. Their narrow ecological valence and limited tolerance suggest these species are particularly susceptible to environmental changes and anthropogenic pressures, such as land-use change and habitat fragmentation. Conservation efforts should prioritize maintaining the specific soil and microhabitat conditions crucial for their survival [Glibovytska & Mykhailiuk, 2020].

These findings underscore the value of the phytoindication method as a practical tool for ecological monitoring and biodiversity conservation. By linking species distribution patterns to measurable soil factors, it becomes possible to predict potential shifts in plant populations in response to environmental change and to develop targeted management strategies.

Future research could focus on incorporating additional environmental variables such as soil microbiota, competition dynamics, and the impact of climate change to deepen understanding of factors influencing *Iris* species ecology and distribution.

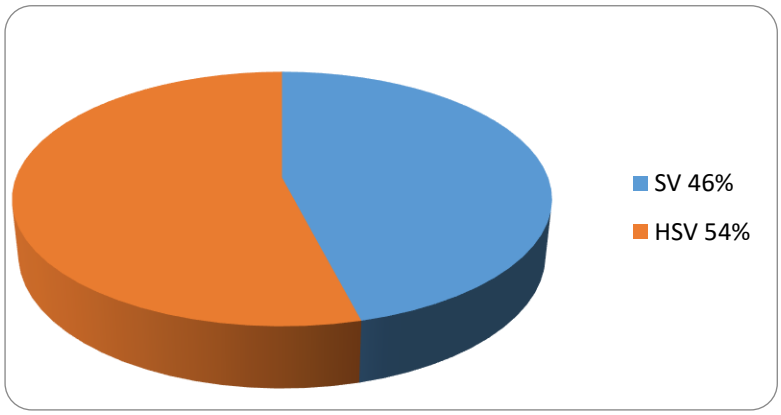


Fig. 1. Distribution of tolerance groups of species according to soil factors

CONCLUSION. This study confirms that soil factors play a decisive role in shaping the distribution and ecological specialization of *Iris* species in the western region of Azerbaijan. The predominance of stenovalent and hemistenovalent species highlights their narrow ecological tolerance and strong adaptation to specific edaphic conditions, especially soil moisture, salinity, and nutrient availability.

Given the limited ecological amplitude and restricted distribution of many *Iris* species, particularly those listed as rare and endangered [The Red Book of the Republic of Azerbaijan, 2013], targeted conservation efforts are essential to protect these valuable components of regional biodiversity. Maintaining the integrity of soil conditions and minimizing anthropogenic disturbances will be critical to ensure their survival.

The application of phytoindication methods proved effective for ecological assessment and monitoring, providing a reliable framework for evaluating plant responses to environmental factors [Glibovytska & Mykhailiuk, 2020]. Future studies should integrate additional abiotic and biotic parameters to enhance predictive models and conservation strategies for *Iris* and other sensitive taxa.

References

1. Abramova, L.M., Shirokikh, P.S., Golovanov, Ya.M., Mustafina, A.N., & Kryukova, A.V. (2019). On the ecology of rare steppe species of the genus Iris in the Southern Urals. Bulletin of Tomsk State University. Biology, (48), 56-72.

2. Askerova, L. A. (2019). The ecological valence of some species of irises in the western part of Azerbaijan. Bulletin of Science and Practice, 5(10), 50-55.

3. Didukh, Y., Vasheniak, I., & Bednarska, I. (2022). Phytosociological and ecological peculiarities of Host in Ukraine. *Hacquetia*, *21*(2), 235-252.

4. Dorogova, Yu. A., Turmukhametova, N. V., &Zhukova, L. A. (2019). The use of ecological scales to analyze the ecological diversity of forest ecosystems. In Conservation of forest ecosystems: Problems and solutions (pp. 259-263).

5. Dorogova, Yu. A., Zhukova, L. A., Turmukhametova, N. V., Gavrilova, M. N., &Polyanskaya, T. A. (2010). Ecological scales and methods of analysis of ecological diversity of plants.2010. – 368s.

6. Flora of Azerbaijan. In I-VIII tt. Baku: Publishing House of the Azerbaijan Academy of Sciences. USSR, 1950-1961.

7. Gamrat, R., & GAŁCZYŃSKA, M. (2021). Flora diversity of field forest patches in landscapes with varied geomorphological units and land use in Poland. *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH*, *19*(2), 1473-1489.

8. Glibovytska, N., & Mykhailiuk, Y. (2020). Phytoindication research in the system of environmental monitoring. *Ecological Sciences*, *1*(28), 11-14.

9. Grossheim, A. A. (1940). Iris L./Flora of the Caucasus.

10. Grossheim, A. A. (1949). The determinant of plants of the Caucasus.

11. Hetmanets, I. A., Moskvina, I. V., &Artemenko, B. A. (2017). Analysis of the ecological space of edifiers and assemblers of the South taiga forests of the Chelyabinsk region using the Tsyganov DN scales. Samara Scientific Bulletin, 6(4 (21)), 27-32.

12. Ibadullayeva, S. J., & Huseynova, I. M. (2021). An Overview of the Plant Diversity of Azerbaijan. *Biodiversity, Conservation and Sustainability in Asia: Volume 1: Prospects and Challenges in West Asia and Caucasus*, 431-478.

13. Kharitontsev, B. S., & Sharafutdinova, M. S. (2017). On the ecological occurrence of rare plant species in the linden forests in the south of the Tyumen region, Modern problems of science and Education, (2), 220-220.

14. Kosolapova, N. V., Gudovskikh, Y. V., Egoshina, T. L., Kislitsyna, A. V., & Luginina, E. A. (2021, November). To The Characteristic Of Cenopopulations Dactylorhiza Dactylorhiza Fuchsii (Druce) Soo Of The Middle And Southern Taiga. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 901, No. 1, p. 012025). IOP Publishing

15. Polyanskaya, T. A., &Dorogova, Yu. A. (2010). Ecological diversity of different plant life forms of the Boreal ecological-cenotic group. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 12(1-3), 804-807.

16. Prokopyeva, K. O., Konyushkova, M. V., Novikova, N. M., & Sobolev, I. V. (2021). Digital phytoindication of soil salinity in dry steppes (Republic of Kalmykia). *Arid Ecosystems*, *11*(2), 173-185.

17. The Red Book of the Republic of Azerbaijan. Rare and endangered species of plants and fungi. Secondedition. (2013) Baku.

18. Tsyganov, D. N. (1983). Phyto-indication of ecological regimes in the subzone of coniferous-deciduous forests.

19. Viktorov, S. V., &Remezova, G. L. (1988). Indicative geobotany (p. 168). MSU.

20. Zhivotovsky, L. A., & Osmanova, G. O. (2021). Phyto-Indicator of Variation in Environmental Conditions. *Biology Bulletin*, *48*, 207-213.

21. Zhukova, L. A. (2004). Methodology and methodology for determining the ecological valence, steno-eurybiont of plant species. Methods of population biology: collection of materials of the VII All-Russian Population Seminar. Syktyvkar, (1), 75.

22. Zubkova, E. V., Khanina, L. G., Grokhlina, T. I., &Dorogova, Yu. A. (2008). Computer processing of geobotanical descriptions on ecological scales using the program EcoScaleWin.

2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И СИТУАЦИИ

УДК 913:502.5

ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ И ДИАГНОСТИКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ

Вампилова Л.Б.

Email: histgeolbv67@gmail.com
Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

Историческая геоэкология – актуальное и инновационное научное направление в географической науке было признано как оригинальное и обозначилось в последние два десятилетия конца прошлого века. В основу подходов к его обоснованию у авторов различных научных направлений заложены: позиции экологической, эволюционной и исторической географии, палеогеографии, спектра социальных наук (экологическая и этническая история и пр.), геоэкологии, ландшафтной экологии и др. В названии большей части перечисленных наук есть одно связующее звено «экология», значит одна из важных целей – оценка современного состояния природной среды, меняющейся под влиянием естественного или антропогенного фактора, однако, с учетом временных параметров. Наряду с экологией к любому из перечисленных направлений имеет отношение историческая география, поскольку в каждом из них рассматривается исторический аспект и, в частности, предусмотрено ретроспективное исследование. В статье предложено понятие об историко-геоэкологической ситуации как основном объекте экспедиционного исследования, где ученый обнаруживает человеческие следы (отпечатки) прошлых эпох.

Ключевые слова: историческая геоэкология, историко-геоэкологическая периодизация, событийный подход, длительность и давность освоения, историко-геоэкологическая ситуация, детериорация ландшафта.

Вторая половина XX века ознаменована тем, что в различных областях науки появились новые направления: геоэкология, ландшафтная экология, экологическая история и другие. В этих названиях есть одно связующее начало – «экология». К каждому из перечисленных направлений имеет отношение и историческая география. Сегодня исследователи активно и повсеместно используют информационную базу исторической географии, что позволяет объективно оценивать размер и масштабы антропогенной нагрузки за историческое время и результаты приобретают междисциплинарный характер проводимых исследований.

Историческая геоэкология – стыковая, междисциплинарная область знаний, появление направления и относительное развитие следует отнести ко времени после становления исторической географии. Возникновение исторической геоэкологии в нашей стране обосновано трудами Л.Н. Гумилева [9], В.С. Жекулина [11], Ю.Д. Дмитревского [10], А.И. Жирова [12], В.А. Зубакова [13, 14], Л.Л. Розанова [17, 18],

С.П. Романчука [19] и других во второй половине XX в. Согласно определению А.Н. Жирова: «Историческая геоэкология – научное направление геоэкологии, занимающееся, изучением пространственных особенностей экологических взаимоотношений общества и окружающей среды прошлого, а кроме того, рассматривающее вопросы исторической эволюции гуманитарно-экологических идей и представлений, а также развития экологического (в том числе геоэкологического) знания» [12, с. 6].

По нашему мнению, историческая геоэкология – наука о пространственно-временных экологических системах (ПВЭС), сформировавшихся в результате взаимодействия человека с окружающей средой и процессов прошлого за историческое время. Для исторической геоэкологии важен акцент на временном факторе, следовательно, уместно использовать событийный подход к историко-геоэкологической периодизации как инструменту познания процесса освоения ландшафтов. Рассмотрение процесса освоения и использования ландшафта во временной координате позволяет осуществить диахронический анализ изменений в триаде: «природная среда – население – хозяйство». В основу выделения хроносрезов (эпоха, период, этап) положены события, рассматриваемые как историко-геоэкологические категории изменения ПВЭС в координатах пространства – времени.

Цель исследования – разработка теоретико-методологических основ историко-геоэкологического подхода для ретроспективной геоэкологической оценки пространственно-временных экологических систем региона. Объектом исследования служит новая научная парадигма историко-геоэкологического анализа и синтеза осуществленная на примере природно-антропогенных геосистем региона.

Важно констатировать своевременность работ В.С. Жекулина по поводу указаний на стыковку (взаимодействие) исторической географии и геоэкологии для развития направления. После появления геоэкологии В.С. Жекулин рассматривал проблему взаимодействия исторической географии и геоэкологии, одним из первых, отмечая при этом предмет их единства. Развитие этих направлений происходит «в двух сферах научных связей – природной и общественной» [11, с. 9]. Оба направления занимают определенное положение в междисциплинарных отраслях знаний. Он отмечал, что временные срезы внутри одной историко-географической системы (ИГС) характеризуют эколого-ресурсные особенности, претерпевшие изменения (различную степень модификации или трансформации) за время хозяйственного использования. ВС. Жекулин подчеркивал, что метод исторической географии – диахронический подход необходим для выявления и оценки масштаба, характера геоэкологических проблем и для каждого исторического периода можно определить экологическую обстановку или геоэкологическую ситуацию (по В.С. Жекулину ландшафтно-экологическую ситуацию). В приведенной публикации он конкретизировал, что историческая география «в свете современного понимания задач этой науки имеет прямые и косвенные связи с геоэкологической проблематикой» [11, с. 14].

Информация, полученная посредством использования методов историко-геоэкологических исследований, содержит важные сведения о масштабах и многообразии видов природопользования, дает объективное представление о размерах антропогенной нагрузки на природу, в частности, насколько она постоянна и продолжительна во времени. В качестве главной исследовательской задачи нами избран анализ научных изысканий, связанных с категорией времени и определением роли хронологических исследований для развития исторической геоэкологии.

Время – это проблема не только исторической географии. Временные аспекты разных сфер жизни рассматриваются в работах Я. Ф. Аскина [2], М. М. Бахтина [3,4], В. А. Бокова [5], Ф. Н. Лисецкого [16], Н. К. Серова [20] и др. Категория времени, рассмотренная в теоретических публикациях вышеперечисленных авторов, находит применение в исторической геоэкологии. Аналогично временным единицам, разработанным в геологии и археологии, для историко-геоэкологической периодизации (относится к интегральным) на основе событийного подхода, можно предложить свою временную иерархию, в основе которой будет обозначена категория времени, выполняющая определенную функцию по выявлению значимых геоэкологических проблем региона исследования. В зависимости от продолжительности антропогенного прессинга на ландшафт, прерывистости или непрерывности воздействия человека во времени нами обосновываются новые термины, вводятся в историческую геоэкологию понятия – длительность, давность, интенсивность воздействия, которые применимы для создания классификаций антропогенно-нарушенных комплексов. Надо выявить зависимость продолжительности освоения и степени освоения территории (ее значение для модификации – частичного изменения природного комплекса и трансформации ландшафта). Для работы историко-геоэкологического назначения важна *категория времени* и интерпретация *продолжительности во времени* процесса хозяйственного освоения, а также оценки последующей антропизации компонентов и природного комплекса в целом. Что касается длительности освоения, она известна, поскольку составляется таблица, где указаны все эпохи, их продолжительность и другие параметры, оказывается, чем ближе к современности, тем короче эпохи и периоды, а антропогенная нагрузка увеличивается и антропизация природных комплексов идет более интенсивно. Возникает вопрос, возможно ли выразить формулой, что происходит «со временем»?

Выполнение историко-геоэкологической периодизации позволяет выделить во времени и в пространстве очаги особых условий человеческой деятельности: участки с большой длительностью и интенсивностью использования территории или, наоборот, местности с непродолжительным прерывистым процессом освоения. Для некоторых территорий характерна цикличность хозяйственного использования. От перечисленных обстоятельств зависит и степень нарушенности ландшафта, и как результат степень его

трансформации. Названные состояния получили «имя» историко-геоэкологических ситуаций. В других отраслях географического знания также используется термин «экологическая ситуация». Первые публикации по этому поводу, включающие – критерии оценки экологических проблем и ситуаций; составление карт экологических ситуаций – принадлежат Б.И. Кочурову [15]. А вопросы прогнозирования экологических ситуаций подробно изложены в монографии А.В. Антиповой [1]. Приведенные примеры послужили образцом для разработки критериев по методике оценки историко-геоэкологических ситуаций. Основные теоретические положения исторической геоэкологии, ее роль в раскрытии системы геоэкологических знаний заключаются в изучении ландшафтно-экологических ситуаций, проведении современных исследований ландшафтов в целях ретроспективной геоэкологической оценки регионов.

В.С. Жекулиным разработана методика исследования пространственно-временной изменчивости ландшафтно-экологических ситуаций (ЛЭС), где поставлена задача выявления роли времени в изменчивости геосистем. Ландшафтно-экологическая ситуация – совокупность состояний природных и природно-антропогенных территориальных систем, отражающих особенности природопользовательской деятельности человека на регионном уровне. Взаимоотношения природной среды и человека исследуются на примере ЛЭС: оценка ЛЭС, устойчивость ЛЭС, структура ЛЭС, пространственно-временная изменчивость ЛЭС. Различные ландшафтно-экологические ситуации формируются «в пределах территорий разного назначения: сельскохозяйственных, водохозяйственных, горнопромышленных, урбанизированных» и др. [11, с. 17]. К числу индикаторов ЛЭС относятся природные компоненты: вода, почвы и растительность. Вода – выполняет в ландшафте ту же функцию, что и кровь в живом организме, помогает поставить правильный диагноз данной ЛЭС; почвы – память ландшафта, где получили отражение положительные и отрицательные воздействия человека на ландшафт; растительность – самый динамичный компонент, для которого характерна быстрая реакция на изменение условий среды. Почвы и растительность в качестве реликтов всегда использовались для реконструкции прошлого ландшафта. ЛЭС – это объект, изучаемый во время экспедиционных исследований. Важно уметь выявлять и фиксировать результаты изменений, происходящих под влиянием хозяйственной деятельности в современных условиях, а главное, научиться обнаруживать «следы» прошлых антропогенных преобразований. ЛЭС или историко-геоэкологическая ситуация при условии выявления значительного множества служит основой для процессов экологического картографирования и экодиагностики территорий.

В зависимости от продолжительности антропогенного прессинга на ландшафт, прерывистости и / или непрерывности воздействия человека, нами обосновываются новые понятия – «длительность», «давность», «интенсивность воздействия» [6, 7, 8]. Наряду с вышеперечисленными авторами (Л.Н. Гумилевым, Ю.Д. Дмитревским, А.И. Жировым, В.А. Зубаковым,

Л.Л. Розановым и др.) нами продолжена попытка обоснования нового направления – исторической геоэкологии, которое является стыковым, интегральным в русле междисциплинарных исследований, поскольку названная тема разрабатывается среди представителей как естественного, так и гуманитарного направления науки. Важно рассмотреть роль категорий пространства и времени в этом новом направлении, что составляет методологическую основу исторической геоэкологии.

По нашему мнению, это одно из научных направлений геоэкологии, изучающее историко-геоэкологические закономерности и циклические изменения характера взаимоотношений общества и природы за историческое время. Уже наметились перспективы дифференциации этого направления. Историческая геоэкология включает в себя следующие подразделения: учение об этносе и вмещающем ландшафте (Л.Н. Гумилев), историческое ландшафтоведение (В.С. Жекулин), историческое природопользование (В.С. Жекулин, С.П. Романчук), прогноз геоэкологической обстановки будущего (В.А. Зубаков), историко-геоэкологическая событийность, положенная в основу историко-геоэкологической периодизации (Л.Б. Вампилова). В свою очередь, периодизация, тесно связанная с историко-геоэкологическим районированием и картографированием, ранее не рассматривалась в качестве самостоятельных этапов и методов научного исследования. Единицами историко-геоэкологического районирования должны быть «временные» хронотопы, в качестве которых могут выступать локальные ландшафтно-экологические ситуации (по рангу близкие к сложным урочищам), а более крупные подразделения соответствуют рангу ландшафта, округа, физико-географической области. Роль времени в исследовании историко-географических изменений взаимодействия общества и природы проявляется: время в ландшафте, в этносе, в природопользовании. Характерны разные временные состояния: унаследованность, инерционность, транзитивность, полихронность. Это разные времена, для каждого составляющего (элемента множества) – свои характерные времена, однако объединяемые в триединстве и впоследствии выполняющие свою интегральную функцию. Задача историко-геоэкологических исследований – обозначить название времени для каждого составляющего, определить характерные времена и их продолжительность, выявить функции времени для триединства: «ландшафт – этнос – природопользование» и их коэволюции [6, 8].

Выводы: Изучение природных и природно-антропогенных объектов в историко-геоэкологическом направлении позволяет выявить законы развития этих объектов во времени, определить стадии их формирования, разработать терминологический аппарат для оценки степени современного развития научного направления и дальнейшего совершенствования теории и методологии исторической геоэкологии. Наличие новой терминологии («ландшафтно-экологическая ситуация», «историко-геоэкологическая обстановка», «процессуально-событийный подход», «историко-

геоэкологическая периодизация», «историко-геоэкологическое районирование», «длительность», «давность», «интенсивность освоения», «диахронический подход», «цикличность освоения», «гетерохронность», «эргодичность», «диахрония», «метахронность», «цикличность», «квазипериодичность») и ее использование в научных публикациях констатирует и подтверждает степень развития исторической геоэкологии.

Теоретико-методологическая основа исторической геоэкологии должна включать разработку процессуально-событийного подхода для обоснования историко-геоэкологической периодизации, выявления и изучения ландшафтно-экологических ситуаций. Важно доказать значимую роль времени в исследовании историко-географических изменений взаимодействия общества и природы за историческое время. Использование метода ретроспективного анализа – один из возможных путей решения научной проблемы по оценке изменений природной среды, в прошлом, настоящем и будущем, и как следствие определение тенденций естественной динамики ландшафтов и их антропогенного преобразования. Есть несколько аспектов: главный, это сама природа (ландшафт) и ее изменение во времени; второй аспект – это характер использования природной среды, включающий геоэкологические последствия хозяйственной деятельности. На каждый временной срез приходится своя система природопользования, которая оказывает воздействие на ландшафт в соответствии с уровнем развития производительных сил. Различия между уровнем модификации природного ландшафта в эпоху неолитической революции или Средневековья, промышленных и технологических революций – будут существенно отличаться. Устремления исследователя – на каждый временной срез составить карту историко-геоэкологического районирования, где современное состояние ландшафтов оценивается с позиции исторической геоэкологии. На этапе теории развития исторической геоэкологии обосновывается создание понятийно-терминологического аппарата, обоснование структуры информационной базы и методической обеспеченности историко-геоэкологических исследований. Для понимания сути современных экологических проблем, проведения геоэкологической оценки ПВЭС регионов, разработки основ управления природопользованием необходимо сопряженное изучение состояния природы, населения и хозяйства прошлых эпох. Изучение за историческое время опыта рационального использования природных ресурсов, оценки ресурсного потенциала и изменение его под влиянием природных и антропогенных факторов, с целью сохранения продуктивной природной среды для будущих поколений людей. Обоснование структурированной методологической пространственно-временной основы для разработки алгоритма геоэкологической оценки ландшафтов региона.

Литература

1. Антипова А. В. Россия. Эколого-географический анализ территории. – Москва – Смоленск: Маджента, 2011. – 384 с.

2. Аскин Я. Ф. Проблема времени и ее философское истолкование: автореф. дис. … докт. философских наук: 09.00.01 / Аскин Яков Фомич. - Свердловск, 1966. - 32 с.

3. Бахтин М. М. Формы времени и хронотопа в романе. Очерки по исторической поэтике // Бахтин М. М. Эпос и роман. СПб. : Азбука, 2000. С. 9–193.

4. Бахтин М. М. Вопросы литературы и эстетики. М.: Худож. лит., 1975. 504 с.

5. Боков В. А. Территориальный экологический баланс Крымского региона: концептуальные подходы к оценке / В. А. Боков // Ландшафтоведение и ландшафтная экология: коадаптация ландшафта и хозяйственной деятельности: материалы международной научно-практической конференции «Четвертые ландшафтно-экологические чтения, посвященные Г. Е. Гришанкову», Симферополь, 22 – 25 сентября 2020 г. / ред. Е. А. Позаченюк [и др.]. – Симферополь: Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, 2020. – С.38 – 42.

6. Вампилова Л.Б. Историческая география, историческая геоэкология и диагностика геоэкологических ситуаций // Историческая география России: концептуальные основы комплексных полимасштабных исследований регионов. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Отв. ред.: Д. А. Субетто, Л. Б. Вампилова, А.А. Соколова. – СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2020. С. 118 – 126.

7. Вампилова Л. Б. Историческая геоэкология: теория и практика // XXV юбилейные Царскосельские чтения. Материалы международной научной конференции. Под общей редакцией С.Г. Еремеева. Санкт-Петербург, 2021а. С. 98-102.

8. Вампилова Л. Б. Теоретико-методологические основы исторической геоэкологии // География: развитие науки и образования. Сборник статей по материалам ежегодной международной научно-практической конференции LXXIV Герценовские чтения. Отв. ред.: С. И. Богданов, Д.А. Субетто, А. Н. Паранина. Санкт-Петербург, 2021б. С.13 – 18.

9. Гумилев Л. Н. География этноса в исторический период. М.: Наука, 1990. 279 с.

10. Дмитревский Ю.Д. География и экология: состояние и будущее // География на пороге III тысячелетия. СПб., 1995. С. 73–81.

11. Жекулин В. С. Историческая география и геоэкология: грани сотрудничества // География и современность. Вып. 4. Л.: Изд-во ЛГУ, 1988. С. 9–22.

12. Жиров А. И. Теоретические основы геоэкологии: моногр. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001. 377 с.

13. Зубаков В.А. Историческая геоэкология: предмет, задачи, первые выводы // Геоэкология: глобальные проблемы. Л., 1990. С. 69–78.

14. Зубаков В. А. XXI век. Сценарии будущего: анализ последствий глобального экологического кризиса. СПб., 1995. 86 с.

15. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие:Учебное пособие. – Москва – Смоленск: Маджента, 2003. – 384 с.

16. Лисецкий Ф. Н. Пространственно-временная организация агроландшафтов / Ф.Н.Лисецкий. - Белгород: Изд-во Белгор. ун-та, 2000. - 304 с.

17. Розанов Л. Л. Актуальные аспекты прикладной геоэкологии // Вестник МГОУ. Серия: Естеств. науки. № 4. 2013. С. 46–53. 10.

18. Розанов Л.Л. Историческая геоэкология // Вестн. Моск. гос.обл. ун-та. Серия: Естеств. науки. 2016. № 4. С. 96–105.

19. Романчук С. П. Локализация, структура и динамика антропогенных ландшафтов прошлого (методы исследования) // Взаимодействие общества и природы в процессе общественной эволюции. М., 1981. С. 69–79.

20. Серов Н. К. Конструктивное понимание времени и процессная (диахроническая) трактовка социальных явлений: автореф. дис. …д-ра социол. наук в форме науч. Докл /Серов Никита Константинович. - Л., 1990. - 75 с.

УДК 911.6 (470.344)

МАТЕРИАЛЫ К ПРИРОДНО-РЕСУРСНОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Гаврилов О.Е. [1], Миронов А.А.[1], Димитриев А.В.[1], Житова Е.Н. [1], Миронов Д.А.[2]

E-mail: mfmokna@mail.ru
[1] Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия
[2] МАОУ Лицей №3, г. Чебоксары, Россия

В статье представлены результаты природно-ресурсного районирования территории Чувашской Республики, выполненного на основе метода многомерной статистической классификации. В качестве таксономических единиц использованы территории муниципальных округов. По схожести структуры природно-ресурсного потенциала на территории республики выделено пять природно-ресурсных районов: Северо-западный, Северо-восточный, Западный, Юго-западный и Юго-восточный. Для каждого района дана краткая комплексная характеристика с оценкой доминирующих видов ресурсов (земельных, лесных, водных, минерально-сырьевых) и определением сложившейся хозяйственной специализации. Районирование служит основой для оптимизации территориального планирования и устойчивого использования природных ресурсов региона.

Ключевые слова: природно-ресурсный потенциал, районирование, муниципальный округ, многомерная классификация, евклидово расстояние, Чувашская Республика.

Вопросы эколого-экономической оценки природных ресурсов и окружающей среды той или иной территории имеет важное значение в планировании и регулировании природопользования [1, 12, 13, 16-18]. В этой оценке немаловажное значение имеет природно-ресурсное районирование [3-8]. Он представляет собой важный этап в системе экономико-географических исследований, выступая исходным звеном экономического районирования. Его сущность заключается в выявлении и объединении территорий, однородных по совокупности признаков, характеризующих их природно-ресурсный потенциал (ПРП). Под природно-ресурсным районом понимается целостная территория, отличающаяся относительной однородностью структуры и хозяйственной ценности природных ресурсов, которые совместно используются в хозяйственном комплексе определённого ранга [1, 2, 3].

При составлении природно-ресурсного районирования Чувашской Республики нами учитывался опыт районирования Чувашии по различным показателям (экономическое, инвестиционное, природное, агроклиматическое, агроландшафтное, почвенное, ботанико-географическое,

лесорастительное и зоогеографическое районирования, и др.) [2, 5, 7, 8-11, 14-19].

Наиболее репрезентативной территориальной единицей для такого анализа является муниципальный округ (МО), в пределах которого четко прослеживаются сложившиеся и прогнозируемые профили хозяйственного использования ПРП. В основу районирования положен **метод многомерной классификации**, позволяющий группировать объекты по схожести множества признаков. Каждый муниципальный округ был охарактеризован набором показателей (m), отражающих долю и структуру ключевых видов ресурсов: земельных, лесных, водных и минерально-сырьевых. Значения этих показателей интерпретировались как координаты точки в m-мерном пространстве. Для количественной оценки сходства между МО использовалась **мера близости – евклидово расстояние** (rik), вычисляемое по формуле:

$$r_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (x_{ij} - x_{kj})^2},$$

где r_{ik} – расстояние между точками i и k, m – число показателей, характеризующих территориальные единицы (число координат точек или размерность многомерного признакового пространства), x_{ij}, x_{kj} – j–е координаты соответственной i – й и k – й точек (значения j–го показателя, характеризующие i–ю и k–ю ТЕ). Группировка МО в районы проводилась на основе анализа матрицы евклидовых расстояний [1, 2].

В результате анализа на территории Чувашской Республики было выделено пять природно-ресурсных районов (рис. 1).

Северо-западный природно-ресурсный район (I) объединяет Аликовский, Красноармейский, Красночетайский, Моргаушский и Ядринский МО. Его площадь составляет 344,3 тыс. км^2, (18,8 % территории республики). В структуре ПРП доминируют земельные ресурсы (67,3 %), представленные дерново-среднеподзолистыми слитными глеевыми почвами. Лесистость невысокая (14,8 %), с преобладанием твердолиственных пород. Обеспеченность водными ресурсами умеренная (26,5 %). Минерально-сырьевая база развита слабо (месторождения строительных песков и глин). Специализация района – сельское хозяйство с акцентом на растениеводство.

Северо-восточный **природно-ресурсный** район (II) включает Канашский, Мариинско-Посадский, Козловский, Цивильский, Урмарский, Чебоксарский и Янтиковский МО (542,0 тыс. км^2, 29,5 %). Также лидируют земельные ресурсы (59,6 %), представленные дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами. Лесистость – 16,9 % (хвойные и мягколиственные породы, но следует отметить, что Мариинско-Посадский МО имеет более высокий показатель лесистости – 28,26 %). Обеспеченность водными ресурсами неравномерна: высокая в Чебоксарском и Мариинско-Посадском МО (около 10%), низкая – в Канашском (7 %).

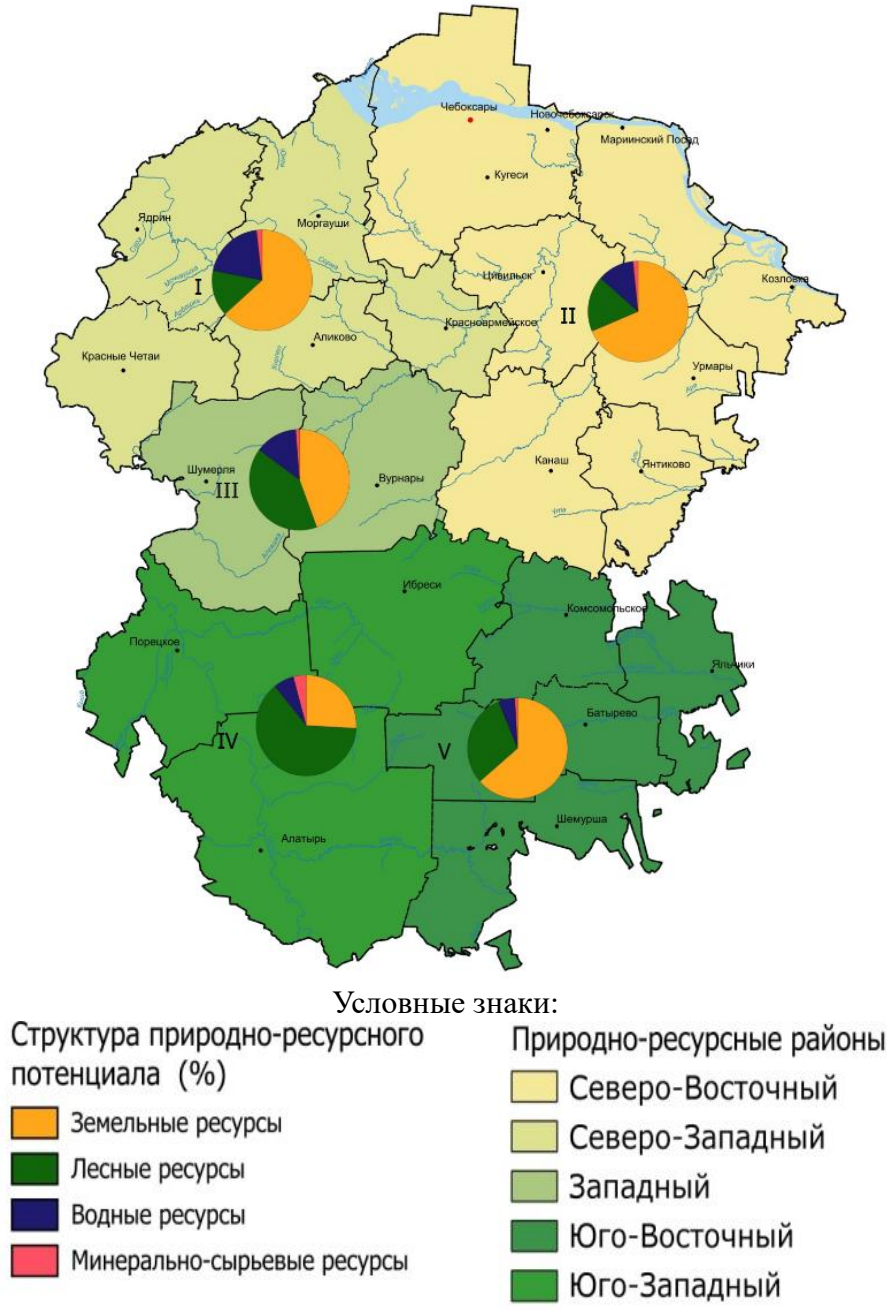


Рис. 1. Карта-схема природно-ресурсного районирования Чувашской Республики

Западный **природно-ресурсный** район (III) (Вурнарский и Шумерлинский МО) площадью 205,9 тыс. км^2 (11,2 %) характеризуется сбалансированной структурой ПРП с высоким удельным весом земельных (44,4 %) и лесных (40,7 %) ресурсов. Лесистость варьирует от 30,3 % (Вурнарский) до >60 % (Шумерлинский МО). Почвенный покров разнообразен (дерново-подзолистые, серые лесные почвы).

В общей доле земельных ресурсов преобладают сельскохозяйственные земли. Имеются месторождения карбонатных пород, песков и глин.

Юго-западный **природно-ресурсный** район (IV) (Алатырский, Ибресинский, Порецкий МО) – наиболее лесистый в республике

(423,7 тыс. км^2, 23,0 %). Лесистость района – 63,4 %. Леса отличаются разнообразием (от дубрав до хвойно-широколиственных массивов). На его долю приходится до 90 % промышленных заготовок древесины. Район обладает значительными запасами минеральных ресурсов (трепел, торф, гипс, ангидрид) и высокой обеспеченностью водными ресурсами. В этом районе много торфа. Чернозёмы встречаются в Порецком МО. Природно-ресурсный район также хорошо обеспечен водными ресурсами.

Юго-восточный **природно-ресурсный** район (V) (Комсомольский, Батыревский, Яльчикский, Шемуршинский МО) площадью 297,0 тыс. км^2 (16,2%) является аграрным ядром республики. Здесь сосредоточено около 70% всех черноземов Чувашии. Доля земельных ресурсов в структуре ПРП максимальна. Средняя лесистость (29,9%), неравномерная: от 4,5% (в Яльчикском МО) до 57,7% (в Шемуршинском МО). Специализация – интенсивное растениеводство (зерновые, картофель, лук севок, сахарная свекла) [4-8, 10, 18].

Проведённое нами районирование выявило дифференциацию природно-ресурсного потенциала республики.

Выделенные природно-ресурсные районы обладают выраженной специализацией: от лесопромышленной (Юго-западный) и аграрной (Юго-восточный, Северо-западный) до районов со сложной диверсифицированной структурой (Северо-восточный, Западный).

Полученные результаты имеют практическую ценность для разработки стратегий пространственного развития, оптимизации природопользования и принятия управленческих решений на муниципальном и региональном уровнях [1, 5, 12, 18].

Литература

1.Вопросы эколого-экономической оценки природных ресурсов и окружающей среды / А.Г. Корнилов, А.В. Димитриев, А.Д. Димитриев [и др.] – Чебоксары: Институт научно-исследовательских и общественных инициатив по экологии и охране природы, 1996. – 174 с.

2.Воронов Н.П. Они нуждаются в защите. Чебоксары. Чуваш. кн. изд-во. 1979. 168 с.; 1985. 160 с.; 1990. 166 с.

3.Гаврилов О.Е. Интегральная оценка природно-ресурсного потенциала территории // Инновационная экономика и региональное инновационно-устойчивое развитие. Экологические аспекты регионального инновационно-устойчивого развития: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары: Чувашский гос. ун-т им. И.Н. Ульянова, 2006. – С. 174-177.

4.Гаврилов О.Е. Природно-ресурсный потенциал и экономическое развитие Чувашии // Тезисы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ЧР. – Чебоксары, 2000. – С. 202-204.

5.Гаврилов О.Е. Природно-ресурсный потенциал Чувашской Республики: дис... канд. геогр. наук. – Воронеж, 2002. – 196 с.

6.Гаврилов О.Е. Экономико-географические исследования природно-ресурсного потенциала (ПРП) // Современные географические, геологические и экологические исследования. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун.т им. И.Н. Ульянова, 2007. – С. 172-184.

7.Гаврилов О.Е. Экономико-географический анализ ресурсов Чувашской Республики. Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова. – Чебоксары, 2005. – 166 с.

8.Гаврилов О.Е., Васильев Г.Р. Подходы к природно-ресурсному районированию территории (на примере Чувашской Республики) // Региональные географические и экологические исследования: актуальные проблемы. Сборник материалов Всероссийской молодежной школы-конференции, посвященной 15-летию основания кафедры природопользования и геоэкологии и 10-летию возрождения деятельности Чувашского республиканского отделения ВОО «Русское географическое общество». Чуваш. гос. ун-т им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2016. – С. 116-129.

9.Гафурова М.М. Оптимизация сети особо охраняемых природных территорий Чувашской Республики на основе выявления разнообразия сосудистых растений. Автореф. дисс… на соискание ученой степени к.б.н. – Тольятти, 2003. – 19 с.

10.Дринев С.Э., Ильина Т.А., Васильев О.А., Ершов М.А., Балясный В.И., Попова Н.Н., Димитриев А.В. Атлас земель сельскохозяйственного назначения Чувашской республики: атлас-моногр. –Чебоксары, 2007. – 184 с.

11.Иванов Н.И. Природно-сельскохозяйственное районирование Чебоксарского района Чувашской Республики // Журнал «Регионология Regionology». – №2. – 2015. (https://regionsar.ru/ru/node/1373)

12.Миронов А.А., Гаврилов О.Е., Димитриев А.В., Карягин Ф.А., Петрова Н.В. Реализация национального проекта «Экология» (на примере Чувашской Республики) // Науки о Земле: от теории к практике (Арчиковские чтения - 2020). Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 175-летию Русского географического общества и 95-летию со дня рождения доктора географических наук, проф. Е.И. Арчикова. Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова; Чувашское республиканское отделение ВОО «Русское географическое общество». – Чебоксары, 2020. – С. 429-438.

13.Опыт создание макета экологического атласа Чувашской Республики / А.А. Миронов, И.В. Никонорова, Ф.А. Карягин [и др.] // Современные географические исследования: теория, практика, инновация: материалы международной научно-практической конференции, Самарканд, 12–13 мая 2023 г. – Самарканд: Самаркандский гос. ун-т им. Шарафа Рашидова, 2023. – С. 220-224.

14.Папченков В.Г., Димитриев А.В. О природном районировании Чувашской Республики // Экологический вестник Чувашии. – Чебоксары, 1993. – Вып. 2. – С. 77-84.

15.Плетнева-Соколова А.Д. Растительный покров Чувашской АССР // Очерки о природе / Под ред. И.А. Афанасьева. – Чебоксары: Чувашгосиздат, 1952. – С.74-112.

16.Экологическая энциклопедия Чувашской Республики / Карягин Ф.А., Васильев О.А., Гаврилов О.Е. и др. – Чебоксары: Чуваш. кн. изд-во, 2019. – 608 с.

17.Экологический атлас Чувашской Республики как база данных для принятия управленческих решений в области охраны окружающей среды / А.А. Миронов, И.В. Никонорова, Ф.А. Карягин [и др.] // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: Сборник научных трудов XXIV Международной техн. научно-практ. конф., Чебоксары, 20 февраля 2025 г. – Чебоксары: Московский автомобильно-дорожный гос. тех. ун-т (МАДИ), 2025. – С. 97-103.

18.Экологический атлас Чувашской Республики: атлас-монография / А.А. Миронов, А.Н. Автономов, А.Н. Александров и др. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т им. И.Н. Ульянова, 2024. – 240 с.

19.https://minec.cap.ru/action/activity/soc-econom-razvitie/investicionnaya-politika/vizitnaya-kartochka-chuvashii/investicionnaya-karta-chuvashii

УДК 632.122.1:546.47:546.56:546.77(470.32)

ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Говоркова С.Б.[1], Орлов П.М.[1], Аканова Н.И.[1], Корнейко Н.И.[2]

E-mail: korneyko.n.i@mail.ru
[1] Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва, Россия
[2] Белгородский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба», Белгород, Россия

В статье обобщены и проанализированы данные радиологического мониторинга, проводимого на территориях Брянской и Белгородской областей. Полученные результаты позволяют заключить, что на некоторых территориях Брянской области плотность загрязнения почв цезием-137 остается достаточно высокой и при ведении земледелия необходимо реализовывать комплекс мероприятий, направленных на снижение транслокации радионуклидов из почвы в растения. В Белгородской области уровень удельной активности цезия-137 в почвах существенно ниже, чем в Брянской, что позволяет получать качественную растениеводческую продукцию при использовании традиционных агротехнологий.

Ключевые слова: искусственные радионуклиды, удельная активность радионуклидов, цезий-137, стронций-90.

Возникновение проблемы радиоактивного загрязнения агроэкосистем связано с освоением ядерной энергии. Особую актуальность данная проблема приобрела после проведения наземных испытаний ядерного оружия и аварий на промышленных ядерных объектах. Аварию 1986 года на Чернобыльской АЭС по ее последствиям следует оценивать как, своего рода, малую атомную войну. В России наиболее сильно оказались загрязнены искусственными радионуклидами – цезием-137 (период полураспада 30.2 года) и стронцием-90 (28.8 года) – Брянская, Калужская, Орловская и Тульская области [2]. В Брянской области в 1992-1993 годах плотность загрязнения почвы цезием-137 на отдельных территориях превышала 100 Ки/км^2, а на 17 тыс. га сельскохозяйственных угодий – 40 Ки/км^2 [7-9]. Для ведения сельскохозяйственного производства на этих территориях был разработан комплекс агрохимических мероприятий [10].

В Центральном Черноземье наибольшая площадь загрязнения цезием-137 с уровнем 1-5 Ku/км^2 отмечалась в Белгородской (162 тыс. га) и Липецкой (161,9 тыс. га) областях, а наименьшая – в Тамбовской (51 тыс. га) области. В Воронежской и Курской областях площадь загрязнения составила 132 и 122 тыс. га соответственно [3]. Поэтому радиологическое обследование на загрязненных территориях входит в программу государственного мониторинга земель [11].

Целью работы являлась агроэкологическая оценка уровня удельной активности искусственных радионуклидов в почвах Брянской и Белгородской областей.

Методика. Определение удельной активности цезия-137 во всех объектах и стронция-90 – в образцах растениеводческой продукции проводили по методике ФР.1.38.2011.10033 «Методика измерений удельной активности природных радионуклидов, цезия-137, стронция-90 в пробах объектов окружающей среды и продукции промышленных предприятий с применением спектрометра-радиометра гамма и бета-излучений МКГБ-01 «РАДЭК» и гамма-спектрометра МКСП-01 «РАДЭК». Определение удельной активности стронция-90 в почве проводили по ГОСТ Р 54041-2010 «Почвы. Метод определения ^{90}Sr". Статистическая обработка данных мониторинга проводилась с использованием программного комплекса ГИС Агроэколог Онлайн [12, 13].

Результаты. В Брянской области наиболее загрязненным цезием-137 является Новозыбковский район (табл.). Во всех сельских поселениях данного района существуют территории с уровнем загрязнения почвы цезием-137 более 5 Ки/км^2 в 2025 году.

Таблица

Средняя плотность загрязнения цезием-137 почв Новозыбковского района Брянской области

Сельские поселения и сельские населённые пункты	Плотность загрязнения, Ки/км^2, среднее значение/интервал наблюдения		Количество проб
	2014 г.	2025 г.	
1	2	3	4
с.п. Верещагинский	9,8±0,6/8,0-11,6	7,7±0,5/6.3-9,2	301
д. Несвоевка	7,7/2,0-12,1	6,1/1,6-9,6	25
п. Грозный	9,4/2,6-14,9	7,4/2,1-11,8	26
п. Мохоновка	7,4/2,4-10,9	5,8/1,9-8,6	26
п. Новые Катичи	11,8/3,3-27,1	9,3/2,6-21,4	31
п. Триголов	9,0/3,8-17,0	7,1/3,0-13,4	29
с. Верещаки	10,0/3,8-17,7	7,9/3,0-14,0	65
с. Вихолка	11,8/2,7-21,5	9,3/2,1-17,0	56
с. Катичи	11,4/2,8-37,8	9,0/2,2-29,9	43
с.п. Деменское	16,6±1,2/14,5-18,7	13,1±0,9/11,4-14,7	160
п. Опытная Станция	18,5/1,1-131,4	14,6/0,9-104	44
с. Деменка	16,8/5,6-32,1	13,2/4,4-25,3	50
с. Перевоз	14,4/2,7-22,2	11,4/2,1-17,5	66
с.п. Замишевское	8,5±0,6/6,9-10,1	6,7±0,5/5,5-8,0	476
д. Крутоберезка	7,1/1,8-22,8	5,6/1,4-18,0	58
п. Клюков Мох	11,3/5,7-17,0	8,9/4,5-13,4	17
п. Шитиков Лог	7,2/1,4-13,7	5,7/1,1-10,8	27

Продолжение таблицы

1	2	3	4
с. Белый Колодезь	7,7/2,6-17,4	6,1/2,1-13,7	89
с. Замишево	10,2/0,9-62,4	8,1/0,7-49,2	135
с. Манюки	7,6/1,0-34,3	6,0/0,8-27,1	92
с. Синий Колодец	8,1/3,4-16,2	6,4/2,7-12,8	58
с.п. Старобобовичское	15,4±0,9/12,7-18,1	12,2±0,7/10,0-14,3	425
п. Гатка	13,6/10,2-19,3	10,7/8,1-15,2	17
п. Грива	17,2/9,7-24,1	13,6/7,7-19,0	26
п. Гривка	13,9/7,7-25,2	11,0/6,1-19,9	15
п. Победа	13,5/4,9-20,8	10,7/3,9-16,4	20
п. Прудовка	14,4/3,8-23,6	11,4/3,0-18,6	30
п. Ясная Поляна	14,5/1,6-29,0	11,5/1,3-22,9	23
с. Новые Бобовичи	15,7/5,5-32,0	12,4/4,3-25,3	94
с. Старые Бобовичи	14,1/0,3-34,5	11,1/0,2-27,3	93
с. Старый Вышков	22,4/5,1-119.4	17,7/4,0-94,3	91
х. Булдынка	14,9/6,6-28,8	11,8/5,2-22,8	16
с.п. Старокривецкое	5,7±0,2/5,2-6,2	4,5±0,2/4,1-4,9	93
д. Малый Кривец	5,1/2,1-8,1	4,0/1,7-6,4	13
д. Скоробогатая Слобода	5,7/3,3-10,9	4,5/2,8-8,6	19
п. Красный Гай	6,2/1,7-11,5	4,9/1,3-9,1	16
с. Каташин	5,7/1,9-10,0	4,5/1,5-7,9	45
с.п. Тростанское	9,2±0,7/7,5-10,9	7,3±0,6/5,9-8,6	362
д. Дубровка	11,5/5,8-22,4	9,1/4,6-17,7	40
д. Тростань	7,8/0,2-28,8	6,2/0,2-22,8	81
п. Дружба	9,9/4,4-16,6	7,8/3,5-13,1	22
п. Мамай	10,0/5,8-16,5	7,9/4,6-13,0	30
с. Сновский	6,7/0,6-14,5	5,2/0,5-11,5	89
х. Величка	9,3/4,5-24,3	7,3/3,6-19,2	39
с.п. Халеевское	11,2±0,7/9,1-13,3	8,8±0,6/7,2-10,5	351
д. Старая Рудня	10,7/3,1-22,8	8,5/2,4-18,0	45
д. Холевичи	13,9/4,8-22,6	11,0/3,8-17,9	59
п. Дедовский	9,6/2,1-20,7	7,6/1,7-16,4	28
п. Калиновка	9,4/1,6-19,2	7,4/1,3-15,2	32
п. Машкинский	10,2/0,7-17,2	8,1/0,6-13,6	32
п. Полек	12,1/3,1-26,5	9,6/2,4-20,9	22
п. Синявка	8,9/2,2-24,5	7,0/2,0-19,4	30
п. Ягодное	15,2/5,2-40,4	12,0/4,1-31,9	46
с. Внуковичи	10,7/1,7-30,1	8,5/1,3-23,8	57
с.п. Шеломовское	12,7±0,7/11,1-14,3	10,0±0,6/8,8-11,8	231
д. Журавка	12,7/3,6-26,1	10,0/2,8-20,6	24
д. Корна	13,7/3,8-21,8	10,8/3,0-17,2	19

Окончание таблицы

1	2	3	4
п. Корчи	10,4/2,1-20,0	8,2/1,7-15,8	40
с. Новое Место	14,7/3,3-38,6	11,6/2,6-30,5	78
с. Шеломы	12,0/0,7-30,6	9,5/0,6-24,2	70
Новозыбковский район в целом	10,8/6,7-14,9	8,5/5,3-11,8	2450

В селе Старый Вышков, Старобобовичского сельского поселения среднее содержание цезия-137 в почве равно 17,7 Ки/км^2. В других сельских поселениях этого района имеются населенные пункты, в которых верхняя граница содержания цезия-137 в почве превышает значение 15,7 Ки/км^2. В Верещакском сельском поселении, поселке Новые Катичи – 21,4 Ки/км^2, сёлах Вихолка – 17,0 Ки/км^2 и Катичи – 29,9 Ки/км^2; Деменском сельском поселении, сёлах Деменка – 25,3 Ки/км^2 и Перевоз – 17,5 Ки/км^2, Опытная Станция – 104 Ки/км^2; Замишевском сельском поселении, деревне Крутоберезка -18,0 Ки/км^2, сёлах Замишево – 49,2 Ки/км^2, Манюки – 27,1 Ки/км^2; Старобобовичском сельском поселении, посёлках Грива – 19,0 Ки/км^2, Гривка – 19,9 Ки/км^2, Победа – 16,4 Ки/км^2, Прудовка – 18,6 Ки/км^2, Ясная Поляна – 22,9 Ки/км^2, селах Новые Бобовичи – 25,3 Ки/км^2, Старые Бобовичи – 27,3 Ки/км^2, Старый Вышков – 94,3 Ки/км^2, хуторе Булдынка – 22,8 Ки/км^2; Тростанском сельском поселении, деревнях Дубровка – 17,7 Ки/км^2 и Тростань – 22,8 Ки/км^2, хуторе Величка –19,2 Ки/км^2; Халеевичском сельском поселении, деревнях Старая Рудня – 18,0 Ки/км^2 и Холевичи – 17,9 Ки/км^2, посёлках Дедовский – 16,4 Ки/км^2, Полек – 20,9 Ки/км^2, Синявка – 19,4 Ки/км^2, Ягодное – 31,9 Ки/км^2; Шеломовском сельском поселении, деревнях Журавка составляет 20,6 Ки/км^2 и Керна – 17,2 Ки/км^2, сёлах Новое Место – 30,5 Ки/км^2, Шеломы – 24,2 Ки/км^2.

В 2025 году средняя годовая эффективная доза внешнего облучения в селе Старый Вышков, Старобобовнического сельского поселения, Новозыбковского района составляла 1,1 мЗв/год. Сельскохозяйственных рабочих, проживающих в этом населенном пункте, не рекомендуется привлекать к работам по реабилитации сельскохозяйственных угодий с аномально высоким уровнем загрязнения почвы цезием-137.

В ряде населенных пунктов этого района значение названного параметра близко к единице. В Деменском сельском поселении, в поселке Опытная Станция – 0,9 мЗв/год, селе Деменко – 0,8 мЗв/год, селе Перевоз – 0,8 мЗв/год; поселке Грива, Старобобовичского сельского поселения – 0,9 мЗв/год, селе Новые Бобовичи – 0,8 мЗв/год; поселке Ягодное, Халеевского сельского поселения – 0,8 мЗв/год. Для сельскохозяйственных рабочих, проживающих в данных населенных пунктах, целесообразно ограничить время их пребывания на сильно

загрязненных цезием-137 полях при проведении сельскохозяйственных или реабилитационных работ.

В Белгородской области площадь земель сельскохозяйственного назначения, загрязнённых цезием-137 в пределах 1-5 Ки/км^2, составляла около 140 тыс. га. В основном эти земли находились в восточных районах области [1, 5].

В 1985 году (до Чернобыльской катастрофы) мощность дозы гамма-излучения на реперных объектах области варьировала в пределах 7-12 мкР/час. В 1986 году (после катастрофы) в западной части области величина данного параметра варьировала в пределах 9-52, а в восточной части (Алексеевский район) – 130-200 мкР/час. Для заглубления радионуклидов и экранирования, вызываемого ими излучения, на загрязненных землях сельскохозяйственного назначения была проведена вспашка на глубину 30 см, а на некоторых – глубокая вспашка (более 40 см) плантажными плугами. Поэтому в 1987 году мощность дозы гамма-излучения снизилась до уровня 11-24 мкР/час. В почвах западных районов области удельная активность цезия-137 была в пределах 15-96, стронция-90 – 9-24 Бк/кг. В почвах восточной части области варьирование удельной активности цезия-137 составляло 99-279, стронция-90 – 13-32 Бк/кг.

В 2023-2024 гг. мощность дозы гамма-излучения на реперных объектах была в пределах 8-14 мкР/час. В западной части области (Ракитянский район) на черноземах типичных и выщелоченных средняя удельная активность цезия-137 составляла 11 Бк/кг, с колебаниями в пределах 5.9-19.6 Бк/кг, а удельная активность стронция-90 была менее 3 Бк/кг. В восточной части области на черноземах обыкновенных (Вейделевский район) средняя удельная активность цезия-137 составляла 35.3 Бк/кг, с варьированием в пределах 22.2-43.8, а стронция-90 – была менее 5 Бк/кг [6].

В 1986 году в менее загрязненных западных районах области удельная активность цезия-137 и стронция-90 в зерне озимых культур была в пределах 9.3-91.8 и 0.3-4.5, а в наиболее пострадавших восточных – 10.1-190 и 2.0-5.5 Бк/кг соответственно. В 2023-2024 гг. уровень удельной активности цезия-137 и стронция-90 в растениеводческой продукции не превышал 3 и 2 Бк/кг соответственно [6]. Поэтому на территории Белгородской области возможно получать экологическую безопасную продукцию без проведения дополнительных мероприятий, направленных на снижение транслокации радионуклидов в растениеводческую продукцию [4].

Заключение. Полученные результаты позволяют констатировать, что в Брянской области на некоторых территориях плотность загрязнения почв цезием-137 остается достаточно высокой. При ведении земледелия на данных территориях необходимо проведение мероприятий, направленных

на снижение транслокации радионуклидов в системе почва-растение. В Белгородской области уровень удельной активности цезия-137 в почвах очень низкий, что позволяет получать качественную растениеводческую продукцию при использовании традиционных агротехнологий.

Литература

1. Кирюшин В.И., Лукин С.В., Соловиченко В.Д., Мельников В.И. Белгородская модель адаптивно-ландшафтного земледелия. – Белгород: Константа, 2019. – 272 с.

2. Закон Российской Федерации «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» от 15.05.1991 № 1244-1. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5323/ (дата обращения: 08.04.2024).

3. Израэль Ю.А. Радиоактивное загрязнение земной поверхности // Вестник Российской академии наук. – 1998. – Т. 68. – № 10. – С. 898-915.

4. Лукин С.В. Производство экологически безопасной сельхозпродукции // АПК: экономика, управление. – 2007. – № 5. – С. 27-29.

5. Лукин С.В. Агроэкологическое состояние почв Центрально-Черноземного района. – Белгород: КОНСТАНТА – принт, 2023. – 372 с.

6. Лукин С.В. Радионуклиды (^{40}K, ^{232}Th, ^{226}Ra, ^{137}Cs, ^{90}Sr) в агроэкосистемах Центрального Черноземья // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2024. – Т. 519. – № 2. – С. 156-162.

7. Орлов П.М., Аканова Н.И. Периоды полувыведения и миграционная способность ^{137}Cs из почв, загрязненных чернобыльскими выпадениями на территории Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 5 (383). – С. 101-104.

8. Орлов П.М., Аканова Н.И. Оценка рисков загрязнения почв по результатам радиологического мониторинга // Плодородие. – 2024. – № 1 (136). – С. 66-70.

9. Орлов П. М., Аканова Н.И., Говоркова С.Б. Оценка доз внешнего облучения для сельскохозяйственных рабочих при проведении работ на загрязненной территории Брянской области // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2025. – № 3 (405). – С. 354-359.

10. Прудников П.В., Ковалёв Л.А., Маркина З.Н. Эффективность агрохимических мероприятий при реабилитации радиоактивно загрязнённых территорий // Агрохимический вестник. – 2006. – №2. – С. 8-10.

11. Уткин А.А. Мониторинг ^{137}Cs, ^{90}Sr и ^{40}K в серых лесных почвах и растениях реперных участков Владимирской области // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2023. – Т. 63. – № 2. – С. 199-210.

12. Malysheva E.S., Malyshev A.V., Kostin I.G. Complex Analysis of Data from Agrochemical and Soil-Erosion Monitoring Using Geoinformation Systems // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 июня 2021 года. – Ussurijsk. – P. 032070.

13. Khizhnyak R., Kostin I., Malysheva E. Application of geographic information systems in monitoring the fertility of agricultural lands // E3S web of conferences: X International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024), Termez, Uzbekistan, 29-30 апреля 2024 года. – V. 548. Les Ulis: EDP Sciences. – 2024. – P. 03027.

УДК 504.7

ОТРАЖЕНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ПУБЛИКАЦИЯХ НА ПЛАТФОРМЕ RESEARCHGATE (ЗА 2025 г.)

Гусева О.А.

E-mail: olgagus5@rambler.ru
Ярославский государственный университет им. Демидова, Ярославль, РФ

В статье проанализированы научные публикации на английском языке, размещенные на платформе ResearchGate, в которых зафиксированы изменения эко(агро)систем и их компонентов, произошедшие в результате трансформации глобальной климатической системы.

Ключевые слова: изменение климата, продуктивность, неблагоприятные природные явления

Изменения температуры, количества и режима осадков, и других показателей, определяющих климат – свершившийся факт, независимо от причин его вызвавших. Анализу и прогнозу этих изменений посвящена обширная литература. Общие черты нового состояния климата характеризуются повышением температуры, повышением/понижением количества осадков, увеличением частоты неблагоприятных природных явлений (засух, наводнений и т.п.) и другими последствиями, обычно воспринимаемыми, как негативные. Но важно не столько изменение самих параметров климата, сколько то влияние, которое они оказывают на компоненты природы, а через них и на человеческое общество.

Целью проведенного исследования было проанализировать, как отражаются изменения конкретных эко(агро)систем, происходящие под влиянием изменения климата, в научных публикациях. Поскольку количество научных статей, выходящих в настоящее время, очень велико, материал для анализа был взят только из одного интернет ресурса – платформы ResearchGate.

Платформа ResearchGate – это популярная профессиональная социальная сеть для ученых и исследователей всех направлений. В настоящее время в базе данных этой платформы (существует с 2008 г.) собрано более 160 млн публикаций, количество участников превышает 25 млн чел. Публикации на платформе преимущественно на английском языке, как и интерфейс, хотя ограничений на материалы на других языках нет. Временной интервал настоящего исследования охватывает публикации на английском языке в 2025 г. (с января до середины августа), что позволяет ознакомиться с наиболее актуальной информацией.

Платформа ResearchGate позволяет проводить поиск публикаций по заданным параметрам. Для достижения намеченной цели была поставлена

задача выбрать публикации, в названии которых были фразы «impact of climate change» и «impact of global warming» и их модификации.

На поисковый запрос «impact of climate change» в базе платформы обнаружилось 498 публикаций, из них в 170 рассматривались вопросы, связанные с влиянием изменения климата на экономику, здоровье, отдельные отрасли промышленности и т.д. и по этой причине они были отбракованы. Оставшиеся 328 статей были посвящены вопросам влияния изменений климата на природные системы. При изучении краткого содержания этих публикаций (а при необходимости и полного текста) выяснялось, есть ли в них информация о конкретных изменениях эко(агро)систем или их компонентов под влиянием изменения климата и к каким выводам пришли авторы. На этом этапе были отброшены 248 публикаций, которые представляли собой обзоры ранее опубликованных данных, общие рассуждения о климате, моделирование будущего состояния природных систем. Таким образом, для достижения поставленной цели было отобрано 80 статей.

Поисковый запрос «impact of global warming» позволил найти в базе платформы еще 60 публикаций, их которых 27 не подходили по тематике. Из оставшихся 33 статей для данного исследования выбраны 9, в которых освещаются наблюдаемые изменения экосистем в условиях меняющегося климата.

Таким образом, с помощью платформы ResearchGate были найдены 89 статей, опубликованных в 2025 г., в которых фиксируются конкретные изменения окружающей среды, произошедшие вследствие изменения климата.

Авторы выбранных статей представляют учебные и исследовательские организации 37 стран. Распределение авторов по крупным регионам представлено на рис. 1.

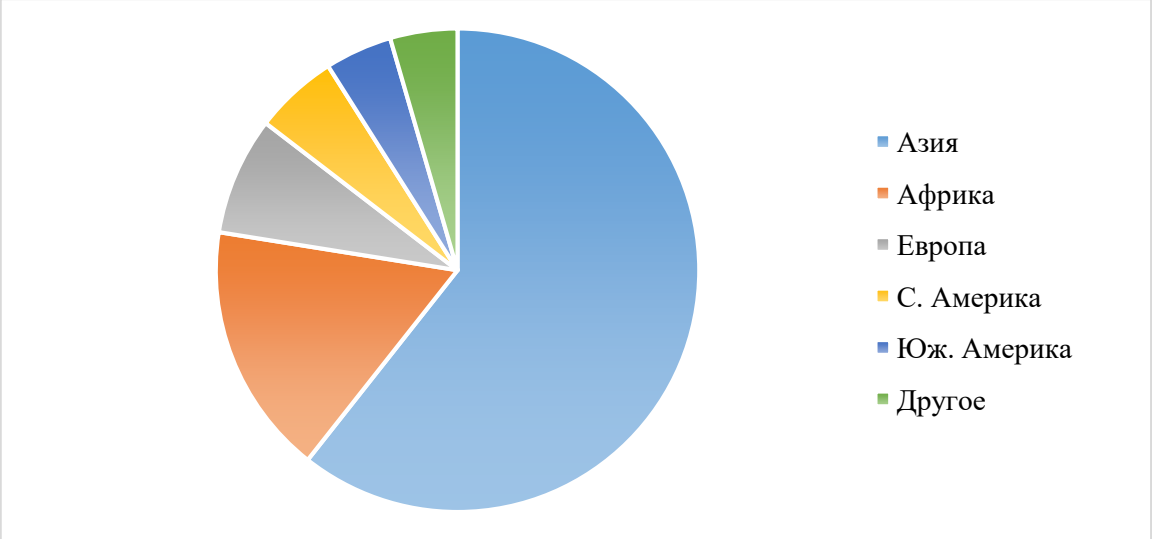


Рис. 1. География авторов рассматриваемых научных публикаций, %

Как видно из диаграммы, заметно преобладают работы ученых из Азии (60,7 % от общего числа публикаций). Из азиатских стран лидируют Индия и Китай (13,5 % и 12,4 % соответственно), а также Пакистан (7,9 %). Также широко представлены работы африканских коллег (16,9 %), прежде всего из Нигерии (4,5 %). Примерно одинаковое количество работ опубликовано учеными США и Мексики. Европейские страны представлены Великобританией (3,3 %), а также Молдавией, Румынией, Эстонией и Сербией. Категорию «другое» составляют Россия (2,2 %, 2 статьи) и Австралия (1,1 %).

Такое явное преобладание работ ученых из стран Азии и Африки можно объяснить несколькими причинами. Прежде всего, уязвимостью аридных и семиаридных ландшафтов к происходящим изменениям климата. Эти ландшафты характеризуются высокой теплообеспеченностью, и, часто. дефицитом увлажнения. Нарушения сложившегося равновесия сразу сказываются на условиях произрастания растений, в т. ч. и культурных. Эти регионы также имеют высокую плотность населения, значительная часть которого вовлечена в сельскохозяйственное производство. Относительно низкий вклад США и европейских стран, возможно, связан с тем, что изменения в ландшафтах умеренной зоны, связанные с трансформацией климата, не так значительны, а возможно и с тем, что, находясь на более высоком социально-экономическом уровне по сравнению с большинством стран Азии и Африки, здесь уже пройден этап фиксирования последствий глобального потепления и ученые этих стран перешли к компьютерному прогнозированию этих последствий.

По тематике рассматриваемые статьи можно разделить на несколько групп. Самую большую долю составляют исследования, связанные с сельскохозяйственными растениями (рис. 2) и, в значительно меньшей степени, животными (37,1 %).



Рис. 2. Распределение публикаций по тематике

Далее следуют проблемы обеспеченности водными ресурсами и нарушения гидрологического цикла (36,1 %), изменения ареалов обитания животных и растений на суше (19,65 %) и в водной среде (6,2 %).

Кроме общего количества публикаций по основным экологическим последствиям, обусловленным изменением климата, интересно посмотреть, в каких регионах те или иные проблемы вызывают наибольшую тревогу. С этой целью была составлена табл. 1, где представлены основные регионы (в Азии выделены отдельно Индия и Китай) и количество статей по отдельным проблемам. В отдельной графе отмечено, как авторы оценивают произошедшие изменения (оценка, главным образом, антропоцентрическая).

Таблица 1

Количество публикаций по основным проблемам, связанным с изменением климата

Рассматриваемые проблемы / Регионы		Азия			Африка	Юж. Америка	Сев. Америка	Европа
		Китай	Индия	Остальные				
Влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур	негативное		7	13	7		1	
	неоднозначное	1		4	2		1	
Влияние на гидролог. цикл, обесп. водными ресурсами	негативное	1	6	11	5	3	1	3
	нейтральное	1			1			
Влияние на растения/животных в естественной среде	негативное	3	1		3		2	2
	позитивное		1	1				
	неоднозначное	3		1				2
Влияние на гидробионтов	пресноводных	1	1					
	морских	1		1		1	1	

Наибольшее количество статей посвящено рассмотрению изменений условий ведения сельского хозяйства, при этом наблюдаемые изменения 80 % авторов оценивают, как негативные, остальные 20 % наряду с негативными последствиями отмечают и позитивные.

Повышение температуры часто сопровождается увеличением неустойчивости увлажнения, изменением его режима, когда при сохранении общего количества осадков их выпадает меньше в тот период, когда они необходимы для созревания сельхозкультур. Отмечается также увеличение повторяемости засух. В результате этих изменений продуктивность почв падает, урожайность полей снижается, расход воды на полив возрастает. Ведение сельского хозяйства в изменившихся условиях вынуждает фермеров изменять сроки проведения посева, уборки урожая, менять выращиваемые культуры. Во многих случаях отмечается увеличение заболеваемости растений и инвазии вредителей. В исследовании, проведенном в округе

Раманатхапурам (Индия), установлено, что в период с 1994 по 2023 гг. температура возросла на 1,3 °С, осадки уменьшились на 22 %, урожай – на 38 %, участились засухи, снизился уровень подземных вод, наблюдается деградация почв [11]. По этим причинам количество занятых в сельском хозяйстве округа уменьшилось на 25 %, т.к. фермеры ищут работу в других секторах экономики.

Но влияние изменения климата не всегда и не везде однозначно негативное. Например, во Вьетнаме изменения климата негативно сказались на урожае сладкого картофеля, в то время, как урожай риса не уменьшился, а даже несколько вырос [16]. В Кении и Уганде местами происходит потеря пастбищ, а местами появляются новые возможности для выпаса скота [3].

Проблема обеспеченности водными ресурсами тесно связана с сельским хозяйством. Увеличение потребности сельхозкультур в поливе, связанное с повышение температуры, вынуждает фермеров более интенсивно использовать подземные и поверхностные источники воды. Усиливается дефицит запасов воды, растет социальная напряженность – такие последствия изменения климата отмечают авторы из стран Азии и Африки.

Довольно много исследований посвящено изучению режима рек. Например, установлено, что сток р. Нил уменьшился в зимний период и увеличился в летний, это повлекло сдвиг сроков проведения сельхозработ [1]. Значительные изменения происходят в режиме рек, берущих начало из-под ледников. В этом случае повышение температуры воздуха вызывает усиленное таяние ледников и сток повышается, одновременно это увеличивает опасность наводнений, затем, по мере уменьшения запасов льда, сток уменьшается, доля ледникового питания снижается [15; 7]. Меняется и гидрологический режим озер. Наблюдения за 182 озерами, расположенными на Тибете, проведенное с 2012 по 2022 гг. показало, что изменились сроки ледостава, он теперь начинается на 3-11 дней позже, а заканчивается на 2-20 дней раньше в зависимости от размера озера [19].

Изменение климата может привести к ухудшению качества воды. Так, согласно исследованию, проведенному в Пакистане, из-за засух, когда на полях накапливаются удобрения, и последующих наводнений, во время которых эти удобрения смываются и поступают в р. Инд, воды этой реки загрязняются, меняется количество растворенного кислорода и окислительно-восстановительный потенциал воды [5].

Изменение климата оказывает влияние и на воды Мирового океана. В работе ученых из Бразилии [16] показано, что глобальное потепление ослабляет Атлантическую меридиональную циркуляцию вод, что в свою очередь уменьшает увлажнение бассейна р. Амазонки.

Третья по повторяемости группа проблем связана с изменением среды обитания диких растений и животных. Есть примеры положительного влияния изменения климата – увеличение ареала обитания лающего оленя в Пакистане [12], одного из видов кленов в Китае [8]; нейтрального – сдвиг

миграционных путей белолобого гуся к северу [18], изменение ареала бирючины белоцветковой [14]. Но при комплексном изучении экосистем, авторы отмечают уменьшение разнообразия, что, безусловно, нужно отнести к негативным последствиям произошедших изменений климата [9; 13].

Потепление климата оказывает влияние и на гидробионтов. Самые тревожные изменения зафиксированы в Индии, где повышение температуры воды у берегов привели к изменению ареала обитания промысловых рыб, что поставило местных рыбаков на грань выживания и заставило мигрировать в города [6]. Хотя негативную оценку автор статьи дает наблюдающимся изменениям с точки зрения человеческого общества, для популяции промысловых рыб изменение ареала обитания, возможно, не имеет такого значения. У берегов Бразилии появилась диатомовая водоросль из рода *Coscinodiscus,* ранее обитавшая только в Индийском и Тихом океанах, что снизило разнообразие фитопланктона [2]. Также отмечается появление новых видов рыб в морях, омывающих Антарктиду [4], изменение ареала обитания альбакора (уменьшение в тропических широтах и расширение в арктических [10].

Интересно отметить, что исследователи в двух крупнейших азиатских странах с наибольшим количеством публикаций – Индии и Китае сосредоточены на разных проблемах. Статьи индийских ученых посвящены в основном, изменениям в сельском хозяйстве и обеспеченности водными ресурсами, при этом все наблюдаемые эффекты оцениваются как негативные. Работы исследователей из Китая охватывают более широкий спектр проблем, при этом основное внимание уделяется наблюдениям за животными и растениями в естественной среде.

Малое присутствие работ российских ученых в базе платформы ResearchGate связано с разными причинами. Сказывается и геополитическая ситуация, и отбор только публикаций на английском языке. Тем не менее, информация о том, какие последствия изменения климата уже реализовались в других странах поможет более детально понять механизм происходящей трансформации климатической системы планеты и будет полезна для специалистов в области охраны природы в нашей стране.

Литература

1. Amin, D., Keshta, E., Ragab, R. et al. Impact of Climate Change on Hydrological Extremes (Floods and Droughts) in the Upper Blue Nile Basin. Earth Syst Environ (2025). URL:https://doi.org/10.1007/s41748-025-00709-9.

2. de Jesus Affe, H.M., Rocha, D.S.B., de Castro Nunes, J.M. et al. Projecting the impact of global warming on the distribution of a potentially harmful and invasive marine diatom // Marine Biology 172, 127. 2025. URL:https://doi.org/10.1007/s00227-025-04690-9.

3. Duku, C., Diro, G.T., Demissie, T. et al. // Climate change impacts livestock carrying capacity in East Africa. Region Environmental Change 25, 110 (2025). URL: https://doi.org/10.1007/s10113-025-02440-7.

4. Hai Li, Fang Yang, Yuzhuo Liao et al. Climate Change Impacts on Antarctic Fish Diversity: A Circumpolar Perspective From eDNA Metabarcoding Assessment //Diversity and Distribution. Vol. 31, Issue 7. 2025. URL:https://doi.org/10.1111/ddi.70053.

5. Khizar, M., Nawaz, S., Bashir, H., & Aqeel, M. Climate Change Impacts on the Indus River Basin: Hydrology, Water Quality, and Treaty Implications // IRASD Journal of Energy & Environment, 6(1), 112–126. 2025. URL:https://doi.org/10.52131/jee.2025.0601.0058.

6. Konduru, D., & Gaddela, S. Climate Change Impacts and Its Sustainable Measures of the Indian Aqua-Culture Communities // Journal of Asiatic Society for Social Science Research, 7(1), 185–197. 2025. URL:https://asssr.in/index.php/home/article/view/157.

7. Mayar, R., Mayar, M., Omar, M. Evaluating the impacts of climate change projections on streamflow in the Panjshir watershed // *Central Asian Journal of Water Research*, 11(2), 1–25. 2025. URL:https://doi.org/10.29258/CAJWR/2025-R1.v11-2/1-25.eng.

8. Miao, J.; Zhang, X.; Yang, Z.; Tan, C.; Yang, Y. Global Warming Impacts Suitable Habitats of the Subtropical Endemic Tree Acer pubinerve Rehder, Newly Recorded in Jiangsu Province, China // *Plants* 2025, *14*, 1895. URL:https://doi.org/10.3390/plants14131895.

9. Moss N., Colbeck G. Colorado Wildflower Diversity: Correlations with Temperature and Precipitation and Potential Impacts of Climate Change//Постер/ 2025. URL: http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.23642.86726.

10. Muhling, B., Snyder, S., Hazen, E.L. et al. Climate change impacts to foraging seascapes for a highly migratory top predator // Movement Ecology 13, 33. 2025. URL:https://doi.org/10.1186/s40462-025-00558-1.

11. Praveena, K., Malaisamy, A., P, A., Prabakaran, K., et al. Economic impact of climate change on farmers' income in Ramanathapuram district: A ricardian analysis // The Indian Journal of Agricultural Sciences, 95(6), 623–629. 2025. URL:https://doi.org/10.56093/ijas.v95i6.156932.

12. Raqeeb, M., Shoukat, H.B., Kabir, M. et al. Forecasting impacts of climate change on barking deer distribution in Pakistan // Scientific Reports **15**, 29035. 2025. URL:https://doi.org/10.1038/s41598-025-14661-1.

13. Sakhi HoodaThe Impact of Climate Change on Plants in Indian Biodiversity Hotspots //International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM) 09(05):1-9. 2025. URL: http://dx.doi.org/10.55041/IJSREM47644.

14. Song, G., Liu, S., Song, X. *et al.* Impact of climate change on the distribution of *Ligustrum leucanthum* using MaxEnt modeling // Scientific Reports 15, 29017 (2025). URL:https://doi.org/10.1038/s41598-025-13152-7.

15. Thapliyal, M., Singh, S., and Patel, L. Climate Change and its Impact on the Hydrology of a Glaciated Mountainous Region // EGU General Assembly 2025, Vienna, Austria, 27 Apr–2 May 2025, EGU25-4832. URL: https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-4832.

16. Tung, L. T., & Bentzen, J. Impact of climate change on agricultural yield: evidence from Vietnam // Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal, 11(1), 102–119. 2025. URL: https://doi.org/10.51599/are.2025.11.01.04.

17. Vilela I, Luca P., Koseki S.et al AMOC Weakening Dominates Global Warming Impacts on Precipitation Over Brazil // Research Square. 2025 Статья находится на этапе рецензирования. URL:https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6933933/v1.

18. Wang, C.; Xia, S.; Yu, X.; Duan, H.; Qi, G. Stage-Specific Impacts of Climate Change on Greater White-Fronted Geese Along the East Asian Flyway // *Biology* 2025, *14*, 1050. URL:https://doi.org/10.3390/biology14081050.

19. Yu Cai, Yao Xiao, Xiaoyi Shen et al. Current and Projected Changes in Lake Ice Phenology on the Tibetan Plateau: Impacts of Climate Change and Lake Expansion // JGR Atmosperes, vol. 130, issue 11, 2025. URL: https://doi.org/10.1029/2025JD043623.

УДК 911.6:528

ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТНЫХ ЗОН СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: ОПЫТ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Дроздова Е.А., Титов Б.О.

E-mail: drozdova@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В статье приводится анализ изменений в функционально-ландшафтной структуре землепользования сельских поселений Белгородской области на примере двух сельских территорий Старооскольского городского округа (Обуховской и Долгополянской).

Ключевые слова: горнодобывающие районы, ландшафтные комплексы, сельские поселения, функциональные зоны

За последние 60 лет структура землепользования сельских территорий претерпела серьезные изменения от исключительно аграрного села до промышленного поселения в зоне прямого влияния Стойленского ГОКа с обширной зоной отчуждения, кардинальной сменой ландшафтных комплексов, обширными зонами расселения и вымиранием ряда сел. В связи с этим, существующие топографические карты и планы для территории поселений быстро устаревают и не отражают объективной действительности, в связи с чем особенно перспективным представляется не только разработка наглядного материала – картографических данных, но и сопутствующей базы данных для проведения не только качественного, но и количественного анализа в целях прогнозирования развития агроландшафтов горнодобывающих районов в Белгородской области [2].

Долгополянская и Обуховская сельские территории Старооскольского городского округа Белгородской области входит в зону прямого влияния предприятий горнодобывающего кластера и находятся на территории Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района. Открытие и начало разработок карьер по добыче железистых кварцитов приходится на 60-70 годы XX века.

К настоящему моменту существует большое количество работ, посвященных оценкам развития сельских территорий, современным особенностям ландшафтной и геоэкологической ситуации в агроланшафтах [3]. Ряд работ раскрывает вопросы широкой проблематики в части ретроспективного анализа территорий, затрагивая докультурный период, при этом наиболее стремительное и интенсивное преобразование сельских территорий как в Белгородской области, так и в целом в Европейской Росси происходило именно в годы после Великой отечественной войны, в период активного развития сельскохозяйственной и промышленной отраслей.

Изучение изменений функциональной структуры в разрезе двух временных срезов – в 1960 и 2020 годах позволит не только оценить актуальные тенденции развития агроландшафтов, но и сформулировать прогнозы дальнейшей трансформации, сельских поселений, разработке мероприятий по устойчивому функционированию зон поселений и региона в целом [2].

Для разработки карт функционально-ландшафтного зонирования сельских территорий Центрального Черноземья используются исходные картографические данные трех уровней: актуальная версия генерального плана изучаемого сельского поселения, топографические карты в масштабе от 1:10000 и крупнее и данные космической сьемки. Первичное выделение функционально-ландшафтных зон проводится на основе актуальных топографических карт масштабов 1:10000 до 1:50000 и космических снимков. Кластеризация функционально-ландшафтных зон проводится в следующей градации: жилая зона, пашня, сенокосы и пастбища, овражно-балочная сеть, облесенная территория, пруды, производственная зона, сады, объекты животноводства. Проверка достоверности выделенных ареалов проводится на основе данных полевого дешифрирования. Полевое дешифрирование предполагаемых функционально-ландшафтных зон предусматривает закладку пробных площадей и учетных площадок, охватывающие все виды выделенных зон [4]. Количество площадей и их пространственное распределение по исследуемой территории зависит от специфики конкретного региона (зональность, масштабность и др.) и от характера аграрной трансформации. Созданная карта ландшафтно-функционального зонирования сельских поселений является базой для последующей разработки схем территориального планирования, экологического каркаса, разработке рекомендаций по рациональному землепользованию и природообустройству.

Обуховская сельская территория – административно-территориальная единица Старооскольского городского округа включающая в себя 5 населенных пунктов: Обуховка, Бабанинка, Готовье, Новиково, Песочный. Административный центр – село Обуховка. Общая площадь поселения составляет 5100 га, на юге граничит с Оскольским электрометаллургическим комбинатом. В Обуховском сельском поселении проживает 1547 человек, часть сел отселены из-за близости к объектам горнодобывающего комплекса [1].

Долгополянская сельская территория – административно-территориальная единица Старооскольского городского округа включающая в себя 8 населенных пунктов: Долгая Поляна, Монаково, Прокудино, Верхне-Чуфичево, Котеневка, Окольное, Верхне-Атаманское, Новая Деревня. Административный центр – село Долгая Поляна. Население составляет 2499 человек, в составе 1158 подворий [11].

Для оценки пространственного изменений поселений нами проведен анализ функционально-ландшафтной структуры за 1956 и 2020 г., по

материалам топографических карт и космосъемки. Таблица 1 нам наглядно показывает, что в 1956 году больше половины территории приходиться на сильноизмененные ландшафты: пашни и населенные пункты, при этом процент застроенных территорий в Долгополянском сельском поселении не высок, в сравнении с областными (менее 5 %), здесь не высока и доля промышленных ландшафтов, меньше 5 %, высока доля заовраженных территорий более 17 %.

Таблица 1

Экспликация земель Долгополянской сельской территории Старооскольского района Белгородской области (по данным топографических карт и дешифрирования космосъемки)

Тип угодий	поселение «Долгая Поляна»				поселение «Обухово»	
	1956 г.		2020 г.		2020 г.	
	%	га	%	га	%	га
Жилая зона	4,73	646,22	8,95	1222,73	6,28	492,73
Промышленная зона	0,36	48,64	3,86	527,26	14,82	1162,60
Пашня	62,02	8469,52	50,36	6877,64	10,29	807,12
Пастбища и сенокосы	4,89	668,02	7,83	1070,27	35,32	2769,86
Овражно-балочная сеть	17,15	2341,73	14,74	2012,95	0,19	14,98
Зона лесопокрытых территорий	9,09	1241,89	13,49	1841,99	32,73	2566,69
Водные объекты	0,0863	11,79	0,3241	44,26	0,3400	26,37
Сад	1,68	229,84	0,4283	58,50	-	-
ИТОГО	100	13655,64	100	13655,64	100	7840,38
Длина автодороги, км	53,88		96,21		110,26	

При этом, мы отмечаем крайний рост площадей промышленных ландшафтов в 10 раз, выросла вдвое и зона жилой застройки, все это происходит за счет снижения территорий под пашней, изменились значения площади лесопокрытых территорий и овражно-балочных комплексов, первые были увеличены за счет снижения доли последних, наблюдается планомерный, для региона, процесс заростания луговых сообществу и сукцессионные смены. В пространственном отношении на территории поселения выделяются два лесных массива в прибалочных зонах, сеть крупных балок проходит от долин малых рек, населенные пункты равномерно размещены по поселению (рис. 1).

На долю пашни приходится около 50 % площади, что является низким показателем для аграрно-освоенных зон, и ниже среднеобластного показателя в 64 %. Большая часть пашни в 90-х 2000-х годах была заброшена или развивались процессы эрозии и заовраживания – к настоящему моменту на долю оврагов приходится около 15 %, что является для территории региона высоким показателем, но стоит учесть, что около половины облесенных территорий представлены именно заросшими древесной растительностью балками.

Наряду с негативными процессами антропогенного преобразования территории мы видим и положительные моменты – 13 % составляет доля облесенных участков – некогда высаженные в виде лесозащитных полос вдоль оврагов, они обширно разрослись, увеличилась доля зеленых насаждений, из-за особенностей рельефа и невозможности застройки облесенные балки остались хозяйственно не освоены и там также увеличилась доля облесенных территорий, тем самым повышая уровень качества жизни населения Долгополянского поселения в целом. Среди неиспользуемых в хозяйственной деятельности угодий небольшой процент занимают склоновые участки под лугово-кустарниковой растительностью и залежи, которые, возможно, в дальнейшем будут застроены, а в настоящий момент используются как сенокос или не используются вовсе.

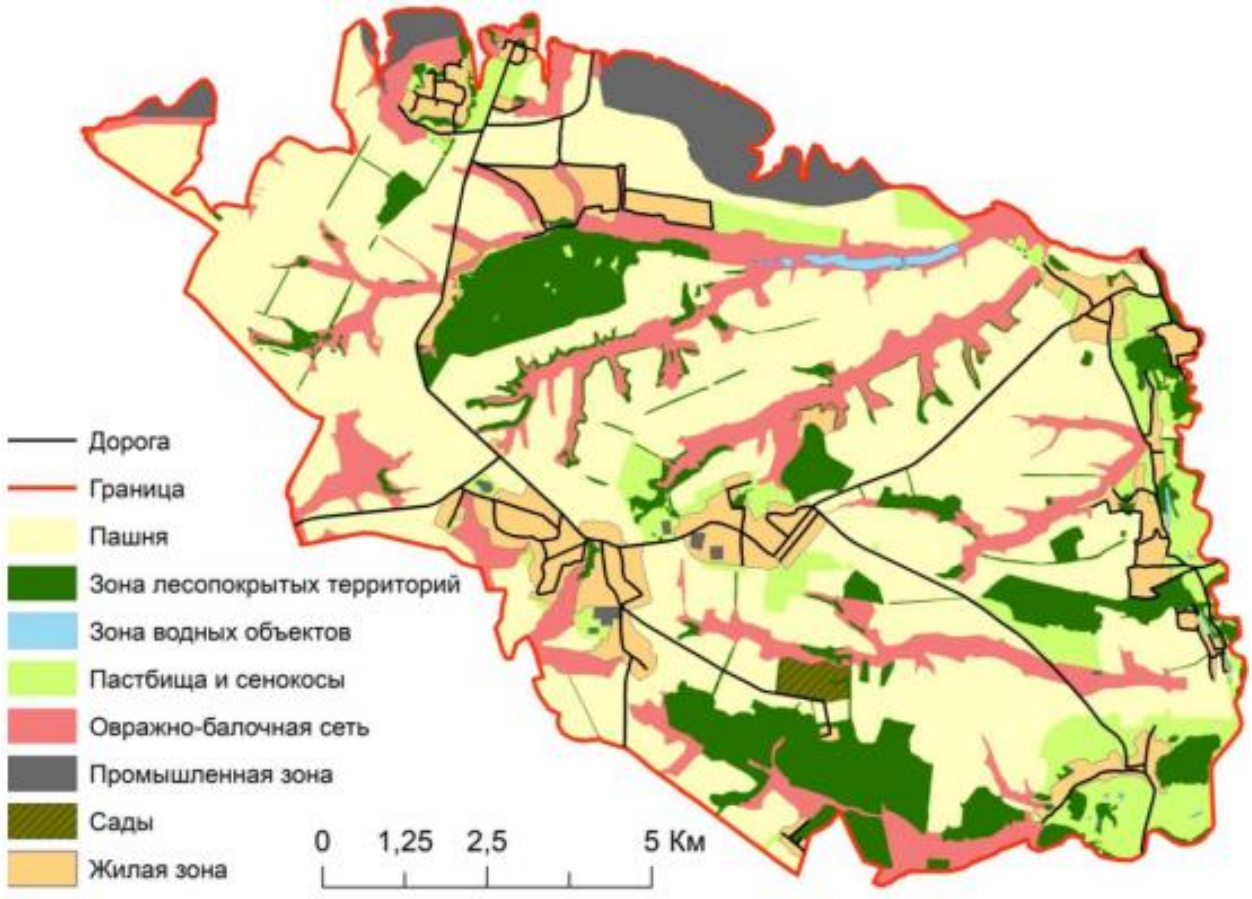


Рис. 1. Функционально-ландшафтное зонирование Долгополянской сельской территории Старооскольского района Белгородской области 2020 г.

Для Обуховского поселения, на рисунке 2, приведена карта зонирования. По данным площадного анализа можно говорить о том, что высокую долю занимает промышленная зона (около 15 % площади поселения) – располагается Оскольский электрометаллургический комбинат. Овражно-балочные комплексы представлены, по большей части в виде

эрозионных врезов, где через 30 лет образуются балочные комплексы. Центральная часть поселения занята облесенными участками (32 % площади), это, преимущественно заросшие бедленды, высока доля пустырей, неудобий. Пастбища и сенокосы, то есть луговые сообщества занимают более 35 %, не типично низкая площадь пашни – 10 %.

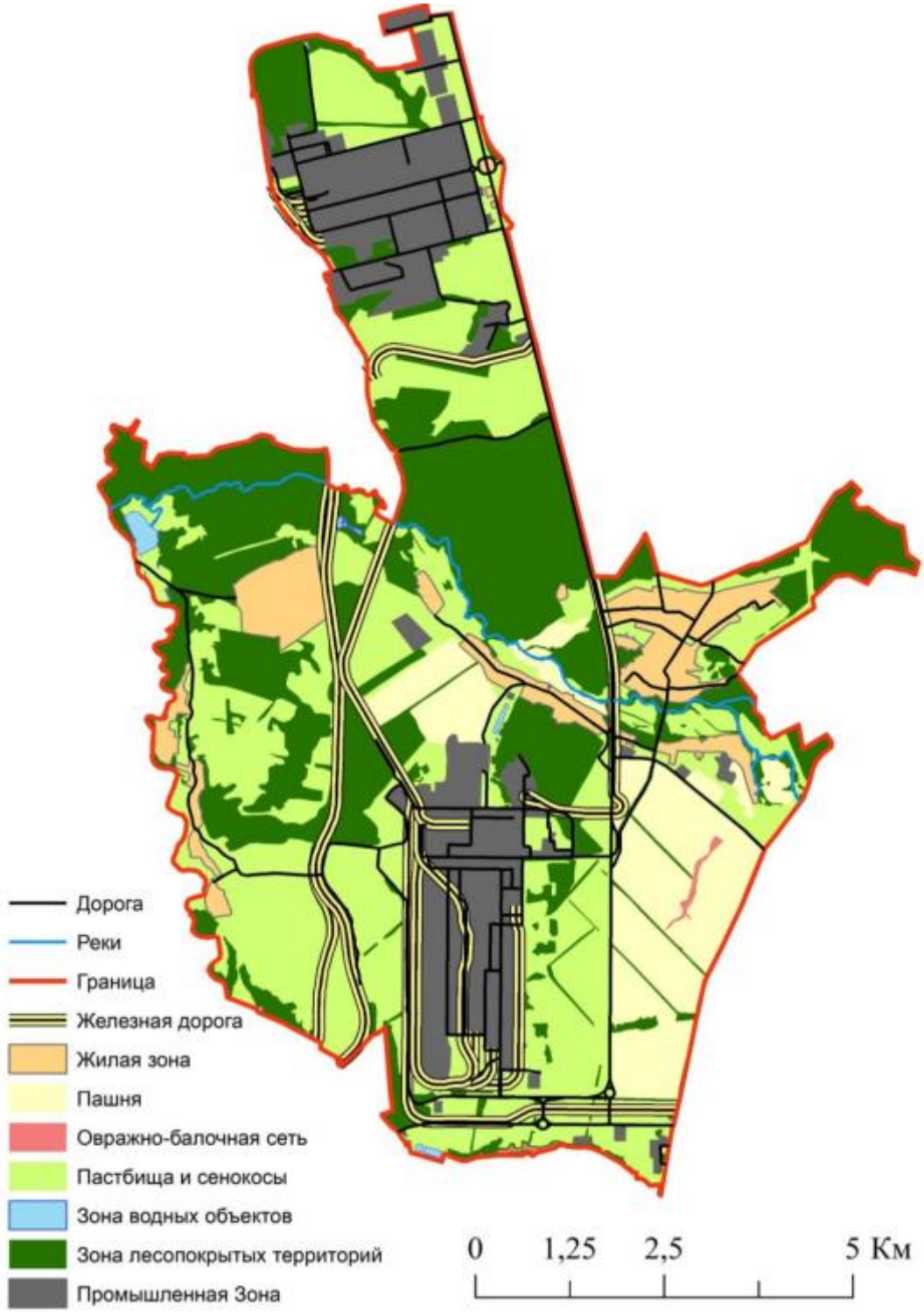


Рис. 2. Функционально-ландшафтное зонирование Обуховской сельской территории Старооскольского района Белгородской области 2020 г.

Таким образом, изменение функционально-ландшафтной структуры земельных ресурсов сельских поселений Белгородской области связано с активным развитием горнодобывающей промышленности. За последние 60 лет произошли значительные изменения в структуре землепользования, вызванные деятельностью Стойленского и Лебединского ГОКов и других предприятий горнодобывающего сектора. Эти изменения привели к возникновению обширных зон отчуждения, смене ландшафтных комплексов и миграции населения из некоторых сельских населённых пунктов.

Дальнейшее развитие сельских поселений в Белгородской области должно учитывать экологические ограничения и риски, связанные с воздействием горнодобывающей деятельности.

Прогнозируя дальнейшее развитие структуры землепользования сельских поселений в районах интенсивной горнодобывающей деятельности, важно учитывать ряд факторов. Дальнейшая интенсификация горнодобывающей деятельности приведет к увеличению площадей, отведённых под отвалы, санитарно-защитную зону и инфраструктурные объекты. Необходимо создание механизмов компенсации негативных последствий и стимулирование инновационного подхода к использованию агроландшафтов. Включая разработку стратегий адаптации ландшафтов к новым условиям и внедрение экологически ориентированных технологий ведения сельского хозяйства.

Таким образом, изменения в структуре землепользования сельских поселений Белгородской области демонстрируют сложную взаимосвязь между экономическими интересами и необходимостью защиты окружающей среды и социальных условий проживания местного населения.

Литература

1. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство / Всероссийская общественная организация «Русское географическое общество», Белгородский государственный национальный исследовательский университет; отв. ред. А.Г. Корнилов – Белгород: КОНСТАНТА, 2018. – 200 с.

2. Жуйко Ю.В. Использование материалов дистанционного зондирования в геоэкологических исследованиях // Лицейские чтения: Шаг в будущее: современное студенчество как творческий, научный и профессиональный потенциал России: материалы IX междунар. науч. студ. конф. – СПб.: ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2018. – С.19-21.

3. Корнилов А.Г. Сравнительное изучение параметров устойчивого развития села в районах размещения горнодобывающих предприятий КМА и периферийных районах Белгородской области // Проблемы региональной экологии.– 2012. – № 2. – С. 193–195.

4. Титов Б.О. Особенности изменения функциональной структуры сельских поселений-спутников крупных городов за последние 60 лет // Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию НИЛ экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики БГУ. – Минск: Белорусский государственный университет, 2022. – С. 231-235.

ФОРМИРОВАНИЕ ШУМОВОЙ ТРЕВОЖНОСТИ У СОВРЕМЕННОГО ПОКОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ

Думанский Д.В.

E-mail: denekdoom@gmail.com
Научный руководитель: Бурлака С.Д., преподаватель, кандидат технических наук, доцент
Кубанский государственный технологический университет, город Краснодар, Россия

В данной работе рассматривается проблема формирования шумовой тревожности у современного поколения в условиях интенсивной урбанизации территорий. Шум выступает не только экологическим загрязнителем, но и мощным психоэмоциональным стрессором, формирующим хроническое беспокойство, снижение когнитивных способностей, нарушения сна и социальную раздражительность. На основе анализа влияния акустической нагрузки на физиологическое и психологическое здоровье человека показано, что шумовая тревожность становится важным индикатором неблагополучия городской среды и фактором трансформации общественных коммуникаций. Подчеркивается необходимость системного подхода к проблеме: от совершенствования градостроительных решений и внедрения технологий «умного города» до развития экологического сознания и формирования культуры акустического комфорта. Работа акцентирует внимание на междисциплинарном характере проблемы, объединяющей экологию, медицину, социологию и урбанистику, и указывает на перспективные пути снижения шумовой тревожности среди населения.

Ключевые слова: шумовая тревожность, урбанизация, акустическое загрязнение, экологический стресс, психическое здоровье, качество городской среды, акустический комфорт.

Современные мегаполисы становятся не только центрами экономической активности, но и пространством, где формируется особая среда жизнедеятельности человека. Одним из наиболее значимых факторов, определяющих качество этой среды, выступает шумовое воздействие, интенсивность и вариативность которого стремительно возрастают в условиях урбанизации. Шум перестает быть лишь фоном человеческого существования: он проникает в повседневные практики, искажает восприятие пространства, формирует психоэмоциональные реакции, вплоть до возникновения так называемой шумовой тревожности. Последняя проявляется в виде устойчивого ощущения дискомфорта, напряженности и беспокойства, вызванного постоянным акустическим давлением. В условиях урбанизации шумовая тревожность становится значимым фактором, определяющим здоровье и поведенческие стратегии современных поколений.

Истоки проблемы кроются в технологическом и транспортном развитии городов. Рост автомобильного трафика, функционирование промышленных предприятий, интенсивное строительство и даже бытовая активность горожан создают акустическую нагрузку, превышающую допустимые санитарные нормы. Всемирная организация здравоохранения фиксирует, что уровни шума в крупных городах мира зачастую превышают 70–80 дБА, тогда как предельно допустимый уровень для комфортного существования человека составляет около 55 дБА в дневное время и 40 дБА ночью [1]. Таким образом, шумовая среда современных городов не только хронически перегружена, но и не соответствует физиологическим возможностям организма адаптироваться к постоянному акустическому стрессу. Это и является предпосылкой для возникновения шумовой тревожности, которая не ограничивается физиологическими реакциями, а распространяется на социальные и культурные сферы.

Особое внимание заслуживает тот факт, что современные поколения, родившиеся и выросшие в условиях урбанизации, сталкиваются с шумовой нагрузкой с раннего возраста. Детская нервная система более чувствительна к акустическим раздражителям, и постоянное пребывание в среде повышенного уровня шума формирует у ребенка устойчивые стрессовые реакции, затрудняет обучение и снижает способность к концентрации внимания. Уже в подростковом возрасте такие люди испытывают хроническое беспокойство, снижение когнитивной продуктивности и даже нарушение сна. Взрослея, они становятся носителями феномена шумовой тревожности, которая закрепляется как неотъемлемая черта их психоэмоционального состояния. Таким образом, можно говорить о трансгенерационной передаче повышенной чувствительности к шуму в рамках городской культуры.

Немаловажно и то, что шум воздействует не только на психику, но и на физиологическое здоровье человека. Хроническое воздействие акустического загрязнения провоцирует сердечно-сосудистые заболевания, гипертонию, расстройства эндокринной системы, а также снижает иммунную реактивность организма. В совокупности это ведет к росту заболеваемости среди городского населения и формирует феномен «усталого города», где жители хронически утомлены, тревожны и раздражительны [2]. При этом именно тревожность, возникающая как реакция на шум, становится катализатором психосоматических заболеваний. Современные исследования подтверждают, что люди, живущие в районах с высоким уровнем транспортного шума, чаще страдают от депрессий и тревожных расстройств по сравнению с жителями более тихих кварталов.

Формирование шумовой тревожности в условиях урбанизации тесно связано с понятием «качественной городской среды». Город – это не только совокупность зданий, дорог и коммуникаций, но и система акустических взаимодействий. Чем интенсивнее транспортные потоки, чем выше

плотность застройки и чем меньше зеленых зон, тем более неблагоприятным оказывается акустический климат. В результате шум начинает восприниматься как неотъемлемый атрибут города, что создает парадоксальную ситуацию: с одной стороны, жители адаптируются к нему, но с другой – на подсознательном уровне сохраняется хроническое напряжение, перерастающее в тревожность. Это означает, что шум становится невидимым, но ощутимым загрязнителем, нарушающим экологический баланс урбанизированных территорий.

Особое внимание следует уделить культурному аспекту проблемы. В условиях современного общества шум становится своеобразным маркером социального статуса: престижные районы стремятся подчеркнуть свою «тишину и уединенность», в то время как районы с низким уровнем дохода погружаются в акустический хаос. Таким образом, шумовая тревожность приобретает не только медицинский, но и социальный характер, закрепляя неравенство между различными слоями населения. Для молодежи, формирующейся в этих условиях, шум становится повседневным раздражителем, усиливающим чувство социальной несправедливости и отчуждения.

Необходимо отметить, что цифровая среда также усиливает проблему шумовой тревожности. Современное поколение постоянно взаимодействует с гаджетами, наушниками, аудиоконтентом, что приводит к формированию дополнительной нагрузки на слуховой аппарат. В сочетании с городским шумовым фоном это создает эффект «двойного акустического давления». Молодежь нередко использует наушники как способ «защититься» от городского шума, но в действительности это лишь усугубляет проблему, повышая уровень общей акустической нагрузки. Возникает своеобразный замкнутый круг: попытка уйти от внешнего шума порождает новые источники раздражителей, формируя более устойчивое чувство тревожности.

С точки зрения промышленной экологии шум можно рассматривать как особую форму антропогенного загрязнения. Если традиционно экологическая наука изучает загрязнение воздуха, воды и почвы, то шум представляет собой менее осязаемый, но не менее разрушительный фактор. Он не оставляет материальных следов, но влияет на психоэмоциональное состояние населения, снижает продуктивность труда и даже изменяет социальные практики [3]. В этом контексте шумовая тревожность является индикатором неблагополучия городской экологической системы, указывая на то, что городская среда перестает быть гармоничной для человека.

Проблема усугубляется еще и тем, что урбанизация носит глобальный и практически необратимый характер. К 2050 году, по прогнозам ООН, более 70 % населения планеты будет проживать в городах, а значит, масштаб акустической нагрузки возрастет многократно [4]. Уже сегодня мегаполисы конкурируют за право называться «городами для жизни», и одним из

ключевых критериев становится качество акустической среды. Однако на практике борьба с шумовым загрязнением пока носит фрагментарный характер: строительство шумозащитных экранов, использование более тихих технологий транспорта или озеленение территорий решают проблему лишь частично.

Формирование шумовой тревожности у современного поколения – это также следствие психологической неготовности человека к постоянной акустической стимуляции. Эволюционно человек приспособлен к жизни в условиях тишины или естественных звуков природы. Урбанизация же создает искусственный акустический ландшафт, насыщенный сигналами, которые не несут полезной информации для человека, но требуют от нервной системы постоянной обработки. В результате возникает перегрузка когнитивных ресурсов, что и формирует чувство тревожности. Особенно ярко это проявляется у молодежи, чья психика еще находится в стадии становления.

Современные исследования показывают, что шумовая тревожность может влиять и на социальное поведение. Люди, испытывающие постоянный акустический стресс, становятся менее терпимыми, более раздражительными и склонными к агрессивным реакциям. Это снижает общий уровень социальной сплоченности в городских сообществах, увеличивает риск конфликтов и усиливает отчуждение между людьми. Таким образом, шум выступает не только физиологическим, но и социокультурным раздражителем, способным изменять структуру городской коммуникации.

В условиях урбанизации проблема шумовой тревожности требует системного подхода. Необходимо учитывать не только санитарно-гигиенические нормы, но и социальные, культурные и психологические аспекты. Это предполагает внедрение концепции «акустического комфорта», которая должна стать важной частью экологической политики городов. Сюда входят архитектурные решения, направленные на снижение уровня шума, создание «островков тишины» в городской среде, развитие зеленых зон и парков, а также популяризация культуры бережного отношения к звуковому пространству.

Не менее важной является образовательная составляющая. Современное поколение должно осознавать, что шум – это не естественный фон, а фактор, влияющий на их здоровье и психологическое состояние. Введение курсов экологического просвещения, популяризация информации о последствиях шумового загрязнения и формирование навыков «акустической гигиены» могут снизить риски развития шумовой тревожности [5]. В конечном счете это приведет к формированию нового типа экологического сознания, ориентированного не только на сохранение природы, но и на заботу о собственном психическом благополучии.

Перспективным направлением также является использование современных технологий для мониторинга и регулирования уровня шума. Уже сегодня разрабатываются системы «умных городов», которые позволяют контролировать акустическую среду в режиме реального времени. Интеграция датчиков шума в городскую инфраструктуру, использование искусственного интеллекта для прогнозирования и предотвращения акустических перегрузок, а также разработка «тихих технологий» в транспорте и строительстве – все это открывает новые возможности для борьбы с шумовой тревожностью.

Тем не менее ключевым фактором остается человеческий выбор. Пока горожане будут воспринимать шум как неизбежный атрибут жизни, проблема будет сохраняться. Только изменение культурных установок, направленных на ценность тишины и акустического комфорта, способно в долгосрочной перспективе снизить уровень шумовой тревожности. В этом смысле современное поколение находится на переломном этапе: оно уже осознает негативное воздействие шумовой среды, но еще не выработало устойчивых стратегий защиты.

Таким образом, шумовая тревожность в условиях урбанизации является комплексной проблемой, объединяющей экологические, медицинские, социальные и культурные аспекты. Она формируется под влиянием постоянного акустического давления, сопровождающего жизнь современного человека, и проявляется в виде устойчивого чувства тревоги, снижения качества жизни и ухудшения здоровья. Решение этой проблемы требует системных мер на уровне городской политики, образования и культуры. Только в этом случае возможно создание городов будущего, где акустическая среда будет способствовать, а не препятствовать гармоничному развитию человека.

Литература

1. Зиненко А. Н., др. «Анализ отдельных перспективных направлений развития оценки риска для здоровья населения в Российской Федерации» / М. Ю. Мозганов, Н. И. Николаева, А. С. Филин и др. – 2024. – Вестник Российской академии наук. Том 94, № 11, стр. 76-80. – URL: https://new.ras.ru/upload/iblock/640/2x4gd5vbk51p1r5rc9rnyil5j7ia5j8s.pdf.

2. Лучина В. Н. «Влияние урбанизации на психофизиологическое здоровье жителей» / В. Н. Лучина. – 2022. – URL: https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/286646/1/4-11.pdf.

3. Ревич Б. А. «Значение зелёных пространств для защиты здоровья населения городов» / Б. А. Ревич. – 2023. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/znachenie-zelenyh-prostranstv-dlya-zaschity-zdorovya-naseleniya-gorodov.

4. Сафонова Е. Р. «Влияние урбанизации на психосоматическое здоровье человека» / Е.Р. Сафонова. – 2022. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48049357.

5. Синева И. М. «Гигиенические детерминанты психического здоровья городского населения: обзор литературы» / И. М. Синева. – 2021. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gigienicheskie-determinanty-psihicheskogo-zdorovya-gorodskogo-naseleniya-obzor-literatury.

УДК 528.94:502

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЙМЫ РЕКИ КОК-АРТ В ЧЕРТАХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Калдыбаев Н.А., Панфиленко Т.Г.,
Жунусалиева А.К., Токтомуратова Г.Ш.

E-mail: nurlan67@mail.ru
Ошский технологический университет, г. Ош, Кыргызская республика

В работе изложены результаты картографических работ, выполненные с целью оценки геоэкологического состояния бассейна реки Кок-Арт. Исследования проводились с использованием ГИС-технологий и платформы АрхГИС. Составлена карта-схема участка реки, где происходят интенсивные эрозионные процессы из-за высокой техногенной нагрузки. Полученные результаты способствуют к принятию превентивных управленческих решений по предотвращению чрезвычайных ситуаций в бассейне реки.

Ключевые слова: гидрология, геоинформационные системы, картирование, речной бассейн, геоэкология

Картография еще с древних времен служила важным инструментом ориентирования в местности, позволяя передавать большой объем данных на маленьком листе. Основоположниками экологического картирования считаются французские геоботаники. В конце 70-х годов XX-века в тогдашнем СССР выполнялись ряд картографических исследований, отражающие важнейшие аспекты природопользования и охраны окружающей среды. С появлением и бурным развитием ГИС-технологий открылись широкие возможности для проведения прикладных исследований в различных отраслях. Современные ГИС-технологии одновременно с картированием позволяют провести анализ территорий на основе полноценной визуализации и географического (пространственного) моделирования, что позволяет оперативно принимать управленческие решения. В картографировании объектов природопользования в основном используется платформа ArcGIS, отображающая тематическими слоями особенности ландшафта. К числу важнейших географических объектов, требующего регулярного экологического изучения можно отнести реки, которые подвергаются интенсивным антропогенным и техногенным нагрузкам. В настоящей работе рассматриваются вопросы геокартирования бассейна реки Кок-Арт, расположенного на территории Жалал-Абадской области Кыргызской республики.

Основной целью картографических исследований является оценка негативных последствий техногенного воздействия на русло реки Кок-Арт для предотвращения чрезвычайных ситуаций и совершенствования механизмов управления природопользованием.

Вопросы экологического картирования подробно освщены в работах [1, 2]. Общие методологические принципы оценки негативных факторов техногенного

воздействия на реку Кок-Арт отражены в работе [3]. Методика использования ГИС-технологий для экологических исследований приведена в работах [4, 5].

Река Кок-Арт является правым притоком р. Кара-Дарыя и расположено на территории Сузакского района Жалал-Абадской области. Длина 105 км, площадь водосборного бассейна – 1370 км². Среднегодовой расход 18,3 м³/с. Питание снего-дождевое. Истоки р. Кок-Арт находятся на юго-западном склоне Ферганского хребта на высоте 3200-3500 м. В горной части бассейна река течет с востока на запад. Здесь в нее впадают реки Кызылсу, Урумбаши, Караалма. При выходе из горной части бассейна река меняет свое направление на юго-западное, долина расширяется до 10 км, уклоны реки выполаживаются до 10 % и менее, течение становится более спокойным, русло местами дробится на несколько рукавов. По выходу из гор сток реки в вегетационный период разбирается на орошение, часть стока теряется на инфильтрацию, в связи с чем на участке реки от водозаборной плотины у с.Гавриловки, что в 38 км от устья до райцентра Сузак, находящегося в 10 км от устья, в летние месяцы (с июля по сентябрь) русло реки в средние и маловодные годы, в основном, сухое. Ниже райцентра сток реки частично восстанавливается за счет выклинивания подземных вод и впадения многочисленных дрен. В 0,3 км от устья р. Кугарт принимает свой последний приток – р.Чангет, сток которой в летние месяцы также разбирается на орошение.

Площадь бассейна р. Кок-Арт в створе гидропоста Михайловское, где она фактически заканчивает формирование стока, равна 1010 км^2, в устье примерно 2000 км^2. Для геологического строения бассейна характерно полное отсутствие известняков. Верхняя часть водосбора, составляющая две трети всей его площади, сложена сланцами, мергелями, остальная треть – конгломератами, песчаниками, глинами. Бассейн почти полностью покрыт мягким почвенным слоем и растительностью. Орехово-плодовые леса и кустарники занимают 270 км^2. Для бассейна характерно широкое распространение оползней, оплывин и селей на временных водотоках, оплывин и селей на временных водотоках, создающих угрозу населенным пунктам и полям в среднем и нижнем течении Кугарта. Берега реки, сложенные рыхлыми четвертичными отложениями (суглинки, валунно-галечник), подвержены размыву и обрушению. В настоящее время большая часть берегов в среднем и нижнем течении реки укреплена дамбами. Карта бассейна реки кок-Арт представлена на рис. 1.

Ниже гидропоста Михайловское Кугарт до устья р. Чангет принимает 4 притока: Уртак, Карамарт, Уймасай и Ачи, сток которых доходит до русла Кугарта только во время больших паводков. Воды их полностью разбираются на орошение или теряются на инфильтрацию. Суммарный годовой расход воды не превышает 0.2-0.3 м^3/с.

Анализ специальной литературы по рассматриваемому вопросу и результаты предварительных исследований позволили выявить, что на экосистему реку Кок-Арт оказывают воздействие три основные группы факторов негативного влияния: активизация опасных геодинамических процессов, геохимическое загрязнение, высокая техногенная нагрузка.

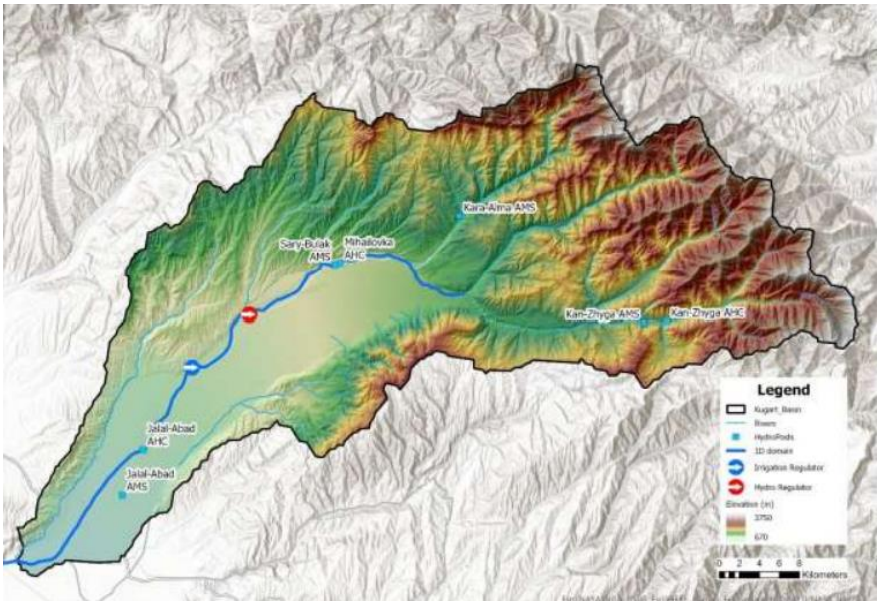


Рис. 1. Карта бассейна реки кок-Арт с указанием мест расположения гидрометеорологических постов (из отчёта по системе раннего оповещения о наводнениях в бассейне реки Кугарт, 2023, автор Тэренс Ван Калкен)

Существенное влияние к окружающей среде оказывает неконтролируемая добыча полезных ископаемых в руслах и поймах рек, создавая риск возникновения чрезвычайных ситуаций, таких как затопление, подтопление, разрушение берегов водных сооружений. Для составления карты геоэкологического состояния бассейна реки Кок-Арт проведен анализ спутниковых снимков с помощью сервиса Google Earth, проведена аэрофотосъемка с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Карта-схема, отражающая места расположения каръеров по добыче строительных материалов и опасные зоны, где усилились русловые деформации представлена на рис. 2.

Выбор данного участка был обусловлен тем, что именно в этом участке ведется интенсивный забор песчано-гравийной смеси (ПГС) и наблюдается разрушение защитных гидротехнических сооружений. На карте заметно, что вдоль берега реки построены несколько перерабатывающих заводов и функционируют каръеры. Добывающие компании выбрали это место из-за близости к городской инфраструктуре, что удешевляет строительную продукции за счет сокращения расстояния транспортировки. Однако проживание поблизости большого количества населения увеличивает ожидаемый масштаб и объемы риска, связанной с образованием чрезвычайной ситуации.

Разработанная картографическая электронная база данных позволяет провести анализ геоэкологической ситуации в речном бассейне и выработать оперативные управленческие решения по стабилизации нарушенного русла реки Кок-Арт. В дальнейших этапах исследований предусматривается составление цифровой модели местности (ЦМР).

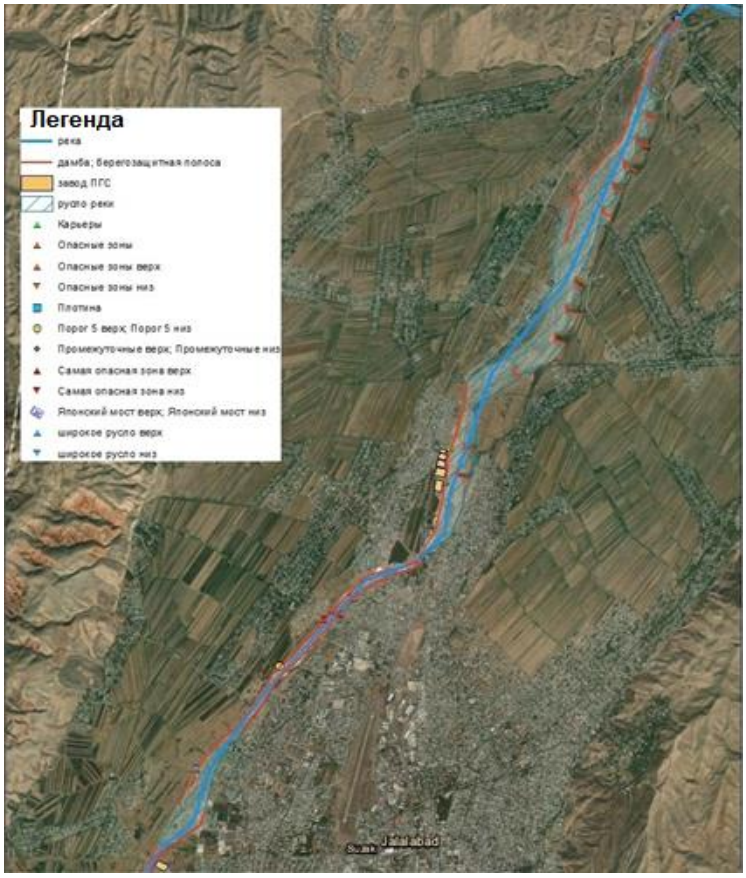


Рис. 2. Геоинформационная карта бассейна реки Кок-Арт

Литература

1. Экологическое картографирование : учебное пособие / В.А. Боков, Р.В. Горбунов, И.Г. Черванёв**.** – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2016. – 238 с.

2. Толепбаева, А. «Составление экологических карт с использованием ГИС-технологий для оценки экологического состояния территории (на примере долины р. Сырдария)». /Толепбаева А., Ошанова Г. //Eurasian Union Scientists, 2021. – URL: https://archive.euroasia-science.ru/index.php/Euroasia/article/view/715.

3. Kaldybaev, N.A. “Methodological Basis for Assessing Negative Factors of Mineral Extraction on Beds of Rivers and Watercourses”/ Kaldybaev N.A., Sopubekov N.A., Mamatkasymova A.T., Ramankulova G., Toktomuratova G. // Advances in Science, 2024 In book: Sustainable Development of the Agrarian Economy Based on Digital Technologies and Smart Innovations (pp.287-293). – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-51272-8_47.

4. Калдыбаев, Н.А. Методические основы использования ГИС-технологий для гидрологического мониторинга и оценки русловых деформаций в горных реках/ Калдыбаев Н.А., Маткасымова А.Т., Панфиленко Т.Г., Жунусалиева А.К.// Актуальные проблемы проведения геолого-геофизических исследований. Материалы II Международной научно-практической конференции. Краснодар, 2024. С. 146-151.

5. Абрамов, Н.Д. Использование ГИС-технологий при проведении экологической оценки территории / Н.Д.Абрамов, О.Ю. Тарасова // Современные проблемы территориального развития. 2019. № 2. С. 1-8. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-gis-tehnologiy-pri-provedenii-ekologicheskoy-otsenki-territorii.

6. Калдыбаев, Н.А., Цифровизация и картография процесса добычи песчано-гравийной смеси на поймах рек Южного Кыргызстана. / Калдыбаев Н.А., Панфиленко, Жунусалиева А.К. // Известия ОшТУ, №3,2024. № 3. -С. 70-77. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80297190

УДК 551.583.3:634.8

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Крымская А.А.

E-mail: Krymskaya_a@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В условиях глобального потепления и изменения климатических режимов в Европейской России наблюдается существенное смещение агроклиматических границ. На основании анализа метеорологических данных за период 1970–2020 гг. и данных по морозостойкости сортов винограда, представленных в официальных справочниках, в статье демонстрируется, что рост суммы активных температур (САТ) в Белгородской области открыл новые возможности для виноградарства. Полученные результаты подтверждают актуальность адаптации сельскохозяйственных стратегий к новым климатическим реалиям и могут быть использованы при разработке региональных программ устойчивого развития, рекреационного туризма и агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: климатические изменения, сумма активных температур, виноградарство, морозостойкость, Белгородская область, агроклиматический потенциал, адаптация, глобальное потепление.

Изменение климата является одним из наиболее значимых глобальных вызовов XXI века, оказывающих прямое влияние на природные системы и хозяйственную деятельность человека. В Европейской России, включая Центрально-Черноземный регион, наблюдается выраженный тренд на потепление, особенно в холодный период года. Белгородская область, расположенная на южном периферийном участке этого региона, является одной из территорий, где климатические изменения проявляются наиболее ярко и системно [3].

Как показывают данные исследований Института наук о Земле НИУ «БелГУ», за период 1970–2020 гг. среднегодовая температура воздуха в области повысилась на 1,6 °С, а в январе и феврале – на 2–3 °С. При этом продолжительность зимы сократилась на три недели, а летний сезон удлинился на 10–14 дней [2]. За этот же период сумма активных температур (САТ) возросла в среднем на 13 %, что свидетельствует о структурной трансформации климатического режима, а не о краткосрочных колебаниях [1]. Эти изменения создают благоприятные условия для расширения зон возделывания теплолюбивых культур, в частности – винограда.

Виноградарство в Белгородской области традиционно считалось технически сложным и ограничено требованием обязательного укрытия лоз на зиму. Однако современные климатические условия позволяют переосмыслить эту парадигму.

Целью данной работы является анализ влияния климатических изменений на агроклиматический потенциал Белгородской области с акцентом на возможность расширения спектра выращиваемых сортов винограда за счёт долгосрочного роста САТ и повышения зимостойкости, на основе совместных данных за 50-летний период (1970–2020 гг.).

Для проведения исследования использовались:

1. Открытые данные суточной размерности по температуре и осадкам по метеостанциям Белгородской области (Белгород, Богородицкое-Фенино, Валуйки, Новый Оскол, Готня) и фондовые материалы Росгидромета за период 1970 – 2022 гг. [5].

2. Сведения о сумме активных температур (САТ), необходимых для вызревания и критерии зимостойкости для различных групп сортов винограда [4].

Объектом исследования служила территория Белгородской области, представляющая собой переходную зону между лесостепью и степью с умеренно-континентальным климатом. Предметом – изменение агроклиматического потенциала для виноградарства в условиях устойчивого потепления и роста САТ.

За период 1970–2020 гг. среднегодовая сумма активных температур (САТ) в Белгородской области увеличилась в среднем на 13 % – с 2500–2600 °С до 2800–2950 °С в зависимости от метеостанции. Наиболее значительный рост зафиксирован на юге области:

- Валуйки: с 2732 °С (1971–1990 гг.) до 3102 °С (2001–2020 гг.);
- Белгород: с 2611 °С до 2979 °С;
- Новый Оскол: с 2626 °С до 2982 °С.

Это соответствует сдвигу агроклиматических зон на 1,5–2 балла по шкале теплоты и указывает на устойчивый, ускоряющийся тренд, а не на случайное колебание.

За период 1991–2020 гг. (30 лет) САТ увеличилась на 110–130 °С, что соответствует сдвигу на одну климатическую зону в сторону более тёплых условий. Если в 1990-х гг. большинство районов области имело САТ в пределах 2300–2500 °С, то к 2020 г. этот показатель достиг 2400–2600 °С в центральной части и 2500–2700 °С на юге и юго-востоке (Валуйки, Новый Оскол).

Таблица 1

Изменение агроклиматических зон виноградарства в Белгородской области

Группа спелости	Сумма активных температур, ºС			Возможность возделывания в 1990-е	Возможность возделывания в 2020-е
	Необходимо	Период 1970-1990 гг.	Период 2016-2020 гг.		
Сверхранние	1900–2200	2100–2200	2200–2300	Широко распространена	Расширена на всю область
Очень ранние	2200–2400	2200–2300	2300–2500	В южной части	По всей области, без укрытия
Ранние	2400–2600	2300–2400	2500–2650	Южная часть (Валуйки)	Большая часть области
Раннесредние	2500–2700	2400–2500	2600–2800	Только юг	Почти вся область
Средние	2700–2900	2600–2700	2800–2950	Невозможно	Юг области
Среднепоздние	2900–3100	2700–2800	2900–3100	Невозможно	Юг, юго-восток области
Поздние	3100–3200	2900–3000	3000–3200+	Невозможно	Локально, в самых тёплых микрозонах

Ключевым фактором, ограничивающим виноградарство в умеренном климате, является морозостойкость древесины лозы. Как показывает анализ, ранее в регионе выращивались лишь сорта с критической температурой вымерзания выше –20 °C (например, «Алтайская роза», «Русский ранний», «Изабелла»). За последние 50 лет произошло существенное изменение зимнего температурного режима:

- Частота дней с температурой ниже –25 °C снизилась на 60–70 %;
- Минимальные температуры в январе в Белгороде поднялись с –22,2 °C (1970–1990) до –17,4 °C (2016–2020);

Это позволяет рассматривать как новые для региона следующие сорта, ранее считавшиеся непригодными:

- «Пино Нуар» (САТ 2500–2700 °C, критическим будет понижение температуры до –18 °C): ранее требовал укрытия; сегодня в южных районах может выживать без укрытия;
- «Мерло» (САТ 2500–2700 °C, критическим будет понижение температуры до –18 °C): аналогично, теперь возможно успешное выращивание в южной части области;
- «Каберне Совиньон» (САТ 2600–2800 °C, критическим будет понижение температуры до –20 °C): ранее считался слишком требовательным. Сегодня его можно пробовать на южных склонах Валуек и Нового Оскола;

– «Каберне Фран» (САТ 2700–2900 °С, критическим будет понижение температуры до –23 °С): ранее его выращивание в области считалось невозможным. Сейчас его выращивание становится реальным в микроклиматах юго-востока;

– «Антей Магарачский» (САТ 2700–2900 °С, критическим будет понижение температуры до –22 °С): в 2020-х годах зафиксированы успешные опыты в садах Белгорода и Богородицкого-Фенино;

– «Кишмиш Согдиана» (САТ ~3100 °С, критическим будет понижение температуры до –18 °С): ранее исключался как слишком поздний. Сегодня его можно выращивать в южных микрозонах, где САТ превышает 3000 °С.

Таким образом, зоны с минимальной САТ >2500 °С и критическими температурами выше –22 °С, которые составляли менее 10 % территории области в 1990-е годы, сейчас занимают более 45–50 %. Это открывает путь для создания регионального винодельческого кластера с выходом на рынок качественного красного вина.

Несмотря на рост САТ, вегетационный период стал более засушливым. Анализ показывает статистически значимый ($p<0.05$) рост продолжительности бездождных периодов (более 10 дней) с мая по сентябрь – на 15–20 дней за 40 лет. Коэффициент увлажнения по Сапожниковой снизился на 12–18 % в западной части области.

Только комплексный подход – с учётом и тепло- и влагообеспеченности, необходимой для этой культуры, позволит устойчиво развивать виноградарство. Необходимы: капельное орошение, выбор засухоустойчивых сортов, агротехнологии сохранения влаги в почве.

Расширение зоны виноградарства в Белгородской области имеет многоплановое значение:

– Агропромышленный: возможность создания новых винодельческих хозяйств, фермерских хозяйств, производств по переработке винограда;

– Рекреационный: развитие винного туризма, винодельческих маршрутов, как это уже практикуется в соседних регионах (Ростовская, Воронежская области);

– Экологический: виноградники способствуют укреплению почв, снижают эрозию, создают биологическое разнообразие;

При сохранении наблюдаемых тенденций изменения основных климатических характеристик к 2040 году САТ в южной части области может достичь 3000–3100 °С, что позволит выращивать даже такие поздние сорта, как «Кардинал» и «Королева виноградников».

Климатические изменения, происходящие в Белгородской области, привели к фундаментальному расширению агроклиматического потенциала для виноградарства. Анализ данных за 50-летний период (1970–2020 гг.)

показывает, что рост суммы активных температур составил 13 %, а за последние 30 лет – 110–130 °С. Это свидетельствует не о краткосрочном колебании, а о структурной, устойчивой и ускоряющейся трансформации климатического режима, проявляющейся в увеличении продолжительности периода активной вегетации, летнего периода и росте температур с июня по сентябрь.

На сегодняшний день:

- Свыше 80 % территории области пригодны для выращивания сортов с САТ до 2600 °С;
- Более 50 % территории (юг и юго-восток) могут поддерживать сорта с САТ 2700–2800 °С;
- Юго-восточные микрозоны (Валуйки, Новый Оскол) становятся перспективными для производства винограда с САТ до 3000 °С.

Это свидетельствует о качественном переходе Белгородской области из зоны экспериментального виноградарства в зону устойчивого виноделия. Необходимо внедрение государственной программы поддержки виноградарства, включающей:

- Создание сортовых питомников;
- Разработку региональной карты агроклиматических зон;
- Обучение агрономов и фермеров;
- Продвижение винного туризма.

Полученные данные свидетельствуют, что климатические изменения не только усиливают экологические риски, но и создают новые возможности для устойчивого развития.

Литература

1. Буряк Ж.А., Крымская О.В., Крымская А.А., Терехин Э.А. Пространственно-временная изменчивость биоклиматического потенциала Центрального Черноземья // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. Казань. – 2024. Том 166. Кн. 1. – С.126-144.

2. Крымская О.В., Крымский И.А., Крымская А.А., Буряк Ж.А. Изменения агроклиматических показателей в XXI веке на территории Белгородской области // Вестник Удмуртского университета. Серия: География. Ижевск. – 2024. – Т. 34, № 1. – С. 54–64.

3. Лебедева М.Г., Крымская О.В., Чендев Ю.Г. Изменения условий атмосферной циркуляции и региональные климатические характеристики на рубеже XX–XXI вв. (на примере Белгородской области) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2017. –№ 40. – С. 157–163.

4. Справочник по амелинографии СССР / Под ред. В.А. Козлова. – М.: Пищевая промышленность, 1986. – 416 с.

5. Фондовые материалы Росгидромета за 1970 – 2022 гг.– Режим доступа: http//meteoinfo.ru/

УДК 551.48+556

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РЕЖИМ СТОКА Р. СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ

Крымская О.В.

E-mail: krymskaya@bsuedu.ru;
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

Проведен комплексный анализ трансформации гидрологического режима реки Северский Донец под влиянием современных климатических изменений.

Исследование основано на данных многолетних наблюдений на гидрологическом посту с. Киселево и метеостанции Белгород за период 1961–2020 гг. Методами математической статистики и анализа временных рядов выявлены статистически значимые тренды роста среднегодовых и сезонных температур воздуха, наиболее выраженные в зимний и весенний сезоны. Установлено перераспределение атмосферных осадков: сокращение их сумм в теплый период года при росте в холодный. Основными гидрологическими последствиями являются существенное сокращение объемов и доли весеннего половодья (смещение пика на более ранние сроки, снижение максимальных расходов на 77 %), увеличение доли зимнего стока в годовом объеме на 6 % и тенденция к снижению меженных расходов летне-осеннего периода.

Режим реки трансформируется в сторону большей роли подземного питания, что обусловлено увеличением инфильтрации в связи с учащением зимних оттепелей, сокращением глубины промерзания почвы и изменением структуры осадков. Результаты свидетельствуют о глубокой перестройке внутригодового распределения стока, что требует адаптации систем управления водными ресурсами бассейна.

Ключевые слова: изменение климата, речной сток, внутригодовое распределение, Северский Донец, весеннее половодье, зимняя межень, климатические тренды.

Исследование трансформации речного стока под влиянием климатических факторов является одной из наиболее актуальных задач современной гидрологии [1, 5]. Особую значимость эта проблема приобретает в бассейнах рек южной половины Европейской территории России (ЕТР), которые наиболее уязвимы к наблюдаемым климатическим изменениям, отмечающимся с середины 1970-х годов [3, 4]. Водные ресурсы бассейна р. Северский Донец испытывают значительную нагрузку, усугубляемую естественным дефицитом увлажнения. Малые реки, такие как Северский Донец в верхнем течении, являются чуткими индикаторами изменений условий

стокообразования. Целью работы является оценка тенденций изменений внутригодового распределения стока реки под влиянием климатических факторов.

В основу работы легли данные гидрологического поста 1-го разряда ГП-1 с. Киселево за период 1961–2020 гг. и метеорологические данные АМСГ Белгород [6]. Выбор створа обоснован репрезентативностью для малых рек региона с высокой долей пахотных земель [2]. Для анализа применялись:

- Метод разностных интегральных кривых для выявления периодов повышенной и пониженной водности.
- Линейный регрессионный анализ и непараметрический критерий Манна-Кендалла для оценки трендов (статистическая значимость $p < 0,05$).
- Корреляционный анализ для оценки связей между гидрологическими и метеорологическими параметрами.
- Построение обобщенных гидрографов за различные периоды.

Сравнение периодов 1961–1990 и 1991–2020 гг. выявило значимый рост температур, особенно в зимне-весенний сезон [2]. На фоне общего незначительного сокращения годовых сумм осадков произошло их перераспределение: увеличение зимних (на 37 % в декабре, 29 % в январе) и сокращение летних (на 50 % в сентябре, 20-21 % в апреле и августе). Ключевым фактором стало увеличение доли жидких осадков зимой с 8 % до 22 % в XXI веке.

Наблюдается устойчивое снижение водности. Среднегодовые расходы воды за последнее десятилетие (2011–2020 гг.) снизились на 30 % по сравнению с 1991–2000 гг. Наиболее драматические изменения затронули весеннее половодье:

- Максимальные расходы сократились на 77 %.
- Пик половодья сместился на 15 дней в более ранние сроки.
- Доля весеннего стока в годовом объеме уменьшилась на 6,4 %.

При этом доля зимнего стока возросла на 6,0 %. Статистически значимые отрицательные тренды меженных расходов выявлены для июня, августа и сентября.

Корреляционный анализ подтвердил ведущую роль температурного фактора: годовой сток имеет умеренную отрицательную связь со среднегодовой ($r = -0,64$), средневесенней ($r = -0,62$) и среднелетней ($r = -0,51$) температурами. Связь с годовыми осадками слабее ($r = 0,37$).

Основной механизм выявленных изменений – перераспределение стока с поверхностной составляющей на подземную. Повышение зимних температур, учащение оттепелей и рост инфильтрации талых вод привели к сокращению поверхностного стока в половодье и увеличению подземного питания в межень. Анализ разностной интегральной кривой подтвердил смену фаз водности: период многоводья (1991–2000 гг.) сменился устойчивой маловодной фазой в последнее десятилетие.

Полученные результаты свидетельствуют о глубокой трансформации гидрологического режима, что требует пересмотра принципов управления водными ресурсами бассейна.

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2025-0006.

Литература

1. Гельфан А.Н., Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Григорьев В.Ю., Мотовилов Ю.Г., Гусев Е.М. Влияние изменения климата на годовой и максимальный сток рек России: оценка и прогноз // Фундаментальная и прикладная климатология. 2021. Т. 7. № 1. С. 36–79.

2. Корнилов А.Г., Лебедева М.Г. Решетников В.С. Тренды изменения годового и сезонного стока р. Северский Донец за период инструментальных гидрологических наблюдений (на территории Белгородской области) //Научные ведомости БелГУ. Естественные науки. 2017 № 4 (253): 133–140.

3. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Изменения приземной температуры воздуха Северного полушария за период 1850–2014 гг. // Учён. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2015. – Т. 157, кн. 3. – С. 8–19.

4. Petin A.N., Lebedeva M.G., Krymskaya O.V., Chendev Y.G., Kornilov A.G., Lupo A.R. 2014. Regional manifestation of changes in atmospheric circulation in the central black earth region (by the example of Belgorod region). Advances in Environmental Biology, 8 (10): 544–547.

5. Сафина Г.Р., Голосов В.Н. Влияние изменений климата на внутригодовое распределение стока малых рек южной половины Европейской территории России// Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. – 2018. – том 160, №1, с.111-125.

6. Фондовые материалы Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 1961–2020 гг.

УДК 551.583

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Крымская О.В., Колесникова Д.С., Скрит Е.С.

E-mail: Krymskaya@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

Исследование посвящено анализу агроклиматических показателей, характеризующих термический режим и увлажнение территории Белгородской области и выявлению временных тенденций их изменчивости с 1971 по 2022 гг. За последние пятьдесят лет установлен повсеместный рост сумм активных температур – на 13 %, продолжительности периода активной вегетации – на 6 %. Преобладающей тенденцией является сокращение осадков теплого периода в большинстве пунктов и рост количества осадков в холодный период года на востоке области. По условиям увлажнения большая часть области перешла из зоны недостаточного увлажнения в статус засушливой зоны.

Ключевые слова: термические ресурсы, показатели увлажненности, изменение климата, Белгородская область.

Для повышения эффективности сельскохозяйственного производства, включающего получение высоких урожаев и развитие высокопродуктивного животноводства, настоятельной необходимостью становится оценка климата для наиболее рационального использования природных ресурсов территории.

Начало глобального потепления обычно соотносят с серединой 70-х годов прошлого века. Согласно оценкам Росгидромета, средние темпы потепления приземного воздуха над сушей за период 1976–2020 гг. составили 0,295 °С/10 лет в глобальном масштабе, а на территории Белгородской области потепление климата происходило примерно в 2 раза интенсивнее, составив 0,7 °С за 10 лет [6–7].

Первые десятилетия этого периода преобладало так называемое «потепление по зимнему типу», поскольку рост температур отмечался преимущественно в холодном полугодии, чаще всего с января по март. Сравнение климатических норм для среднемесячных температур воздуха за два периода (1961–1990 гг. и 1991–2020 гг.) показало увеличение температур этих месяцев на всех метеостанциях Белгородской области в среднем на 2–2,5 °С. Но с конца XX века наметилось увеличение температур теплого времени года, при этом наиболее существенно выросли среднемесячные температуры воздуха с июня по август – в среднем на 1–1,5 °С [2; 3].

За исследуемый период изменения в суммах осадков метеостанций области были не столь однозначны: значительное увеличение (на 57 %) по сравнению с периодом 1961–1990 гг. зафиксировано в суммах осадков холодного полугодия (с октября по март) на востоке области (Новый Оскол),

уменьшение осадков теплого полугодия зафиксировано в Валуйках (на 11 %), Белгороде (на 18 %) и Готне (на 25 %) [6].

Изменения в режиме осадков во многом определяются особенностями атмосферной циркуляции. В соответствии с исследованиями института географии РАН в 1981–1997 гг. наблюдался рост продолжительности выходов южных циклонов на Европейскую территорию России, что привело к росту осадков. В конце XX века был отмечен рост блокирующих антициклональных процессов, что определило нестабильность внутригодового режима осадков с тенденцией их дефицита в летний период и участившейся повторяемостью метеорологических экстремумов [4].

Целью данного исследования является анализ агроклиматических показателей территории Белгородской области и выявление пространственно-временных тенденций их изменчивости поскольку продуктивность агроэкосистем в значительной мере определяется компонентами климатической системы, среди которых важнейшие – поток солнечной радиации, температура и влажность воздуха и почвы, режим осадков.

Информационной основой исследования являются открытые данные суточных наблюдений за температурой воздуха и атмосферными осадками за 1980–2022 гг. пяти метеорологических станций, расположенных на территории Белгородской области, а также фондовые материалы Росгидромета за период 1970–2022 гг. [6; 8].

К числу агроклиматических показателей, характеризующих термические условия, относят: продолжительность вегетационного периода и периода активной вегетации, суммы активных температур, даты ранних осенних и поздних весенних заморозков, средние температуры воздуха наиболее теплого месяца, средние из абсолютных максимумов температуры воздуха.

Обеспеченность влагой в период вегетации оценивают по: суммам осадков по месяцам вегетационного периода, суммам активных температур, продолжительности и вероятности периодов без осадков, вероятности суховеев.

Анализ изменений, произошедших в увлажнении вегетационного периода за период с 1980 по 2020 гг. был проведен с использованием двух показателей: гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) и коэффициента увлажнения Сапожниковой (КУ). Формулы для расчетов указанных показателей увлажнения:

$$КУ = \frac{0{,}5 \cdot P_х + P_т}{0{,}18 \cdot \sum T_{10}} \quad (1)$$

$$ГТК = \frac{P_{VI\text{-}VIII}}{0{,}1 \cdot \sum T_{VI\text{-}VIII}} \quad (2)$$

где P – сумма годовых осадков; $P_{VI\text{-}VIII}$ – сумма осадков за период с июня по август; $P_х$ и $P_т$ – сумма осадков холодного и теплого периодов года; $0{,}18 \cdot \sum T_{10}$ – испаряемость за год; $0{,}1 \cdot \sum T_{VI\text{-}VIII}$ –испаряемость за июнь–август [5].

За период 1981–2020 гг. были отмечены положительные статистически значимые тренды в изменении температур месяцев теплого полугодия – с июня по сентябрь от 0,7 до 0,9 ºС/10 лет. В холодном полугодии такая тенденция отмечена для октября (0,6–0,7 ºС/10 лет) и для марта (0,8–0,9 ºС/10 лет). Положительные тренды в изменении температур остальных месяцев года оказались статистически не значимы.

Рост как январских, так и июльских температур был наибольшим между периодами 1981–2000 гг. и 1990–2010 гг., но затем рост июльских температур продолжился, хоть и с меньшей скоростью, а январских практически прекратился. На наш взгляд – это следствие преобладания меридиональной атмосферной циркуляции, приводящей к росту повторяемости блокирующих антициклонов, с которыми связаны как положительные (летом), так и отрицательные (зимой) аномалии температуры.

Наряду с этим на погоду в регионе оказывают влияние выходы на территорию южных циклонов, несущих обильные осадки. Особую тревогу вызывает тенденция увеличения в лесостепной зоне повторяемости сильных ливней, перемежающихся с длительными бездождными периодами. Такие изменения в режиме осадков способствуют развитию водной эрозии почв, что резко снижает их потенциальную продуктивность.

В последнем десятилетнем периоде зафиксировано учащение сильных снегопадов в Новом Осколе, при этом месячные суммы осадков более чем в 2 раза превышали норму (из 8 таких случаев 7 пришлось на период 2010–2020 гг.). В XXI веке в Белгороде, Валуйках и Б.-Фенино таких обильных снегопадов не зафиксировано, в Готне был лишь один такой случай.

Произошли изменения в продолжительности сезонов года. Наиболее значительные изменения коснулись основных сезонов – зимы и лета. Если в XX веке максимальной продолжительностью отличался зимний сезон, то в последние 20 лет из-за увеличения на 1,5–2 недели летнего сезона и одновременно сокращения зимы на 20–25 дней, теперь именно лето – наиболее длинный сезон в Белгородской области. В продолжительности весны значительных изменений не обнаружено, но ее наступление сместилось на более ранние сроки. Осенний сезон увеличился более чем на 10 дней на севере и западе области и на 3–6 дней в центре и на востоке области.

За последние пятьдесят лет продолжительность вегетационного периода на территории области увеличилась в среднем на две недели (от 13 до 16 дней). Следует отметить, что с 80-х годов прошлого века увеличилась и изменчивость этой характеристики, что свидетельствует о неустойчивости установления новых границ вегетационного периода, когда раннее весеннее потепление прерывается вторжениями арктического воздуха.

Продолжительность периода активной вегетации за исследуемый период также увеличилась, на севере области (Б.-Фенино) – на 4 дня, в остальных пунктах увеличение составило от 8 до 11 дней. Наименьшая

изменчивость этой характеристики отмечена в Б.-Фенино, наибольшая – на юге (Валуйки) и востоке (Новый Оскол) области.

Сумма активных температур за последние 50 лет увеличилась в среднем на 13 % [1]. При этом уменьшилась и изменчивость этой характеристики, что косвенно свидетельствует об устойчивости выявленной тенденции (табл.1).

Таблица 1

Изменения сумм активных температур скользящих двадцатилетних периодов гидрометеостанций Белгородской области

Последний год периода	Суммы среднесуточных температур, превышающих 10 °С									
	Б.-Фенино		Белгород		Валуйки		Готня		Н. Оскол	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
1990	**2461**	**314**	**2611**	**320**	**2732**	**293**	**2493**	**308**	**2626**	**316**
1995	2412	259	2568	272	2687	255	2456	266	2580	274
2000	2482	219	2643	222	2759	215	2541	221	2673	218
2005	2494	216	2663	235	2792	224	2571	238	2693	257
2010	2584	228	2755	266	2889	255	2659	246	2798	278
2015	2709	237	2882	280	3004	250	2772	247	2912	270
2020	2767	198	2979	246	3102	210	2845	208	2982	238
2022	**2760**	**202**	**2979**	**247**	**3094**	**218**	**2826**	**223**	**2975**	**240**

Примечание: M – оценка математического ожидания случайной величины; σ – оценка среднеквадратического отклонения.

Учитывая рост теплообеспеченности вегетационного периода, актуальной задачей является оценка происходящих изменений в увлажненности территории Белгородской области, поскольку большая часть региона относится к зоне лесостепи, т.е. недостаточного увлажнения.

Разделив период исследования на две части (1981–2000 гг. и 2001–2020 гг.), определили повторяемость формирования условий засушливости в каждом из них. Значение ГТК<1, характеризующее условия как засушливые и очень засушливые во втором периоде отмечались в 1,5 (Белгород, Б.-Фенино, Валуйки, Новый Оскол) и в 2,5 (Готня) раза чаще, чем в первом периоде. Максимальная повторяемость засушливых условий (71 %) характерна для Белгорода, в остальных пунктах она составляла 50–60 %.

Осреднение среднегодовых значений ГТК методом скользящих средних подтвердило рост засушливости вегетационных периодов, наиболее значительно проявившийся в Белгороде и Готне в конце XX века, а в Валуйках – в последнем десятилетнем периоде XXI века (табл. 2).

Оценка временной изменчивости КУ, осредненного по десятилетиям, позволила сделать следующие выводы: оптимальное увлажнение вегетационного периода в конце XX века в Б.-Фенино и Готне сменилось в XXI веке слабой засушливостью; в Белгороде оптимальное увлажнение фиксировалось до 90-х годов XX века, а в XXI веке условия

характеризовались как засушливые; в Валуйках последние 10 лет условия вегетационного периода отмечаются как засушливые, а до этого – как слабо засушливые; в Новом Осколе на протяжении всего периода условия отличались слабой засушливостью (табл. 2).

Таблица 2

Изменение показателей увлажнения скользящих десятилетних периодов по данным метеостанций Белгородской области

Гидротермический коэффициент (ГТК)										
Последний год периода	Б.-Фенино		Белгород		Валуйки		Готня		Н. Оскол	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
1990	1,22	0,35	1,21	0,28	1,10	0,33	1,36	0,41	1,07	0,35
2000	1,12	0,27	0,89	0,26	1,03	0,26	1,07	0,35	0,98	0,28
2010	0,99	0,30	0,89	0,46	1,01	0,38	1,00	0,43	0,95	0,27
2020	1,17	0,38	0,75	0,25	0,82	0,21	0,90	0,28	0,95	0,43
Коэффициент увлажнения (КУ)										
Последний год периода	Б.-Фенино		Белгород		Валуйки		Готня		Н. Оскол	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
1990	1,09	0,31	1,07	0,14	0,92	0,18	1,13	0,29	0,90	0,19
2000	1,08	0,21	0,93	0,18	0,93	0,15	1,10	0,26	0,93	0,21
2010	0,96	0,26	0,76	0,16	0,85	0,17	1,00	0,30	0,86	0,27
2020	0,93	0,19	0,67	0,15	0,73	0,11	0,80	0,13	0,84	0,20

Примечание: M – оценка математического ожидания случайной величины; σ – оценка среднеквадратического отклонения.

Статистически значимые линейные тренды (с достоверностью 95 %) получены в изменении всех исследуемых показателей увлажнения для трех пунктов: Белгород, Готня и Валуйки. Оценив скорости изменения каждого показателя, можно сделать вывод, что наиболее интенсивно засушливость увеличивается в Белгороде и Готне (на 0,1/10 лет в среднем), в Валуйках примерно в два раза медленнее. Изначально засушливость вегетационного периода в Валуйках была выше, чем в Готне и Белгороде, но в последние годы значения показателей увлажнения исследуемых пунктов выровнялись.

В конце XX–начале XXI века на территории Белгородской области отмечены значительные климатические изменения, проявившиеся в росте температур воздуха всех месяцев года, режиме осадков, продолжительности основных сезонов года.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. За последние 20 лет летний сезон увеличился на 1,5–2 недели, одновременно зима сократилась на 20–25 дней, теперь именно лето – наиболее длинный сезон в Белгородской области.

2. За последние пятьдесят лет продолжительность вегетационного периода на территории области выросла на 13–16 дней, а период активной вегетации увеличился примерно на 10 дней (на севере области – вдвое меньше).

3. Сумма активных температур за последние 50 лет увеличилась в среднем на 13 %.

4. Преобладающей тенденцией является сокращение осадков теплого периода в большинстве пунктов (исключение – Новый Оскол) и рост количества осадков в холодный период года на востоке области.

5. Значение ГТК<1, характеризующие условия как засушливые и очень засушливые в XXI веке отмечались в 1,5 (Белгород, Б.-Фенино, Валуйки, Новый Оскол) и в 2,5 (Готня) раза чаще, чем в конце XX века. Максимальная повторяемость засушливых условий (71 %) характерна для Белгорода, в остальных пунктах она составляла 50–60 %.

6. Судя по значению КУ за сорок лет произошло усиление засушливости в Б.-Фенино и Готне (с оптимального до слабо засушливого); в Белгороде (с оптимального до засушливого); в Валуйках (со слабо засушливого до засушливого); в Новом Осколе на протяжении всего периода условия отличались слабой засушливостью.

7. По условиям увлажнения большая часть Белгородской области перешла из зоны недостаточного увлажнения (1,3 ≥ ГТК > 1) в статус засушливой зоны (1 ≥ ГТК > 0,7).

9. Рост теплообеспеченности, при дефиците увлажнения, который отмечается для исследуемой территории, увеличивает климатические риски, связанные с недостатком увлажнения почвы.

Литература

1. Буряк Ж.А., Крымская О.В., Крымская А.А., Терехин Э.А. Пространственно-временная изменчивость биоклиматического потенциала Центрального Черноземья // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2024. Том 166. Кн. 1. С. 126-144.

2. Крымская О.В., Крымский И.А. Изменение термического режима на территории Белгородской области за последние 30 лет // Климатические изменения и сезонная динамика ландшафтов. Екатеринбург, 2021. С. 53–57.

3. Лебедева М.Г., Крымская О.В., Чендев Ю.Г. Изменения условий атмосферной циркуляции и региональные климатические характеристики на рубеже XX–XXI вв. (на примере Белгородской области) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 40. С. 157–163.

4. Petin A.N., Lebedeva M.G., Krymskaya O.V., Chendev Y.G., Kornilov, A. G., Lupo A.R. Regional manifestations of changes in atmospheric circulation in the Central Black Earth Region (by the example of Belgorod Region) // Adv. Environ. Biol. 2014. Vol. 8. №10. P. 544–547.

5. Сиротенко О.Д. Методы оценки изменений климата для сельского хозяйства и землепользования: Методическое пособие. М.: Росгидромет, 2007. 77 с.

6. Специализированные массивы для климатических исследований / ВНИИГМИ-МЦД, 2000. URL: http://aisori-m.meteo.ru/waisori/ .

7. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Наукоемкие технологии, 2022. 124 с.

8. Фондовые материалы Росгидромета за 1970-2022 гг.. Режим доступа: http//meteoinfo.ru/

УДК 504.6(470.324)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ РИСКАМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Куролап С.А., Боева А.С., Нестеров Ю.А.

E-mail: skurolap@mail.ru, nastya.boeva.82@mail.ru, nland58@mail.ru
Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

В статье приведены результаты экологической диагностики системы децентрализованного водопользования на территории Воронежской области. Выявлены приоритетные факторы водных экологических рисков для населения региона, причем установлено, что повышенная минерализация и общая жесткость воды, формируемые природным фоном территории, способствуют развитию мочекаменной болезни, а повышенное содержание железа и нитратов, формируемое антропогенным загрязнением вод – болезней крови и кожи среди взрослого населения. С применением технологий геоинформационного картографирования проведено территориальное зонирование региона по экологическим рискам водопользования. Территориальный анализ удельного веса сельского населения, подверженного повышенному риску заболеваний от употребления питьевой воды из источников децентрализованного водопользования, показывает увеличение риска в северном и северо-восточном секторах области и достоверное снижение риска в южном, а также северо-западном секторах региона вблизи городов Воронеж и Лиски.

Ключевые слова: качество вод, здоровье населения, водопользование, экологические риски, геоинформационное картографирование, Воронежская область.

Региональные исследования экологических рисков водопользования имеют высокую актуальность в современных условиях интенсивного антропогенного воздействия на водные ресурсы. Эти исследования весьма значимы для крупного региона интенсивного агропромышленного освоения – Воронежской области.

Целью исследования является экологическая диагностика и картографирование территории Воронежской области по экологическим рискам водопользования на основании сопряженной оценки зависимости ряда заболеваний населения от качества вод и обобщения данных на основе применения методов корреляционного анализа и геоинформационного картографирования.

В качестве исходных материалов использованы результаты собственных эколого-гидрологических исследований источников водопользования и статистических данных заболеваемости населения, предоставленные Центром гигиены и эпидемиологии в Воронежской области (2020-2024 гг.). Объектом исследования качества вод выбраны источники децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения (*ДХПВ) – индивидуальные скважины, колодцы, одиночные колонки, родники*, которыми

пользуется преимущественно сельское население региона, численность которого – около 900 тыс. человек [1]. При этом систематический мониторинг децентрализованных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения не предусмотрен санитарно-эпидемиологической службой, а именно в сельской местности значимость децентрализованного водопользования определяет качество жизни и экологические риски для здоровья населения.

Потенциальная опасность использования для питьевых нужд воды ненормативного качества связана с отмечающейся тенденцией ухудшения качества вод в регионе. Так, по данным регионального управления Роспотребнадзора в 2024 году зарегистрированы превышения гигиенических нормативов по *санитарно-химическим* показателям в пробах питьевой воды децентрализованного водоснабжения, отобранных на территории 23 муниципальных районов (около 70 % территории области) [2]. Приоритетными загрязнителями являются нитраты, а также определенную проблему составляет повышенная общая жесткость воды – результат природных особенностей региона [3].

Экспериментальная часть работы выполнена авторами на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета в теплые периоды 2022-2024 гг. Отобрано более 300 проб воды в населенных пунктах массового использования источников ДХПВ. В отобранных пробах воды определяли основные гидрохимические показатели: органолептические (интенсивность вкуса и запаха, цветность, прозрачность, наличие осадка); химические (pH, минерализация, общая жесткость, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, SO_4^{-2}, Cl^-, $Fe_{общ}$, $Mn_{общ}$, $B_{общ}$, NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-). Всего выполнено более 8000 анализов.

Алгоритмами корреляционного анализа провели оценку зависимости заболеваний населения за указанный период времени от качества воды источников ДХПВ. Расчеты корреляционной связи между уровнем заболеваемости, обусловленной водным фактором, и концентрацией приоритетных загрязнителей в питьевой воде показали присутствие двух типов закономерностей (табл.1):

а) ***комплекс 1:*** положительные корреляции между минерализацией и общей жесткостью воды (коэффициент корреляции r = 0,63), а также между минерализацией, общей жесткостью, в меньшей степени – содержанием железа и мочекаменной болезнью (особенно существенны корреляции по подросткам); данный комплекс характеризует, прежде всего, природный фактор, определяющий жесткость воды и, соответственно, провоцирующий рост мочекаменной патологии в районах с высокой минерализацией и жесткостью вод;

б) ***комплекс 2:*** положительные корреляции между железом и нитратами (r = 0,50), также между болезнями крови, кожи и нитратами, причем наиболее устойчивы связи по взрослому и детскому населению; это проявление техногенного фактора снижения качества вод, формирующего риски совсем другой патологии среди населения.

Таблица 1

Результаты расчета корреляционных связей между уровнем заболеваемости населения и качеством питьевой воды

Заболевания и возрастные группы	Показатели качества воды *(комплекс 1)** /средние концентрации/	
	минерализация	жесткость
Мочекаменная болезнь: - взрослое население	-	**0,35**
- подростки	**0,58**	**0,41**
Заболевания и возрастные группы	Показатели качества воды (комплекс 2)* /средние концентрации/	
	железо	нитраты
Болезни крови : - взрослое население	**0,27**	**0,47**
- дети	**0,29**	**0,38**
Болезни кожи : - взрослое население	-	**0,42**
- дети	-	**0,37**

**) прочерк означает, что достоверной корреляции не установлено.*

Класс болезней мочеполовой системы и общая заболеваемость не показали достоверных устойчивых корреляций. Однако отмечается положительная статистически достоверная корреляция средней степени между заболеваемостью взрослого населения мочекаменной болезнью и общей жесткостью (около 12 % взаимообусловленности), а также между заболеваемостью взрослого населения болезнями крови, кожи и загрязненностью вод нитратами (соответственно 22 % и 18 % взаимообусловленности). Причем, два выявленных комплекса факторов риска и экологически обусловленных болезней достоверно не коррелируют между собой, что указывает на дифференцированное воздействие природного и техногенного факторов, формирующих качество питьевых вод децентрализованных водоисточников и по-разному влияющих на здоровье жителей, употребляющих воду ненормативного качества. Наиболее «полярны» *общая жесткость* и *нитраты*, а повышенное содержание *железа*, отражающего проявления как природного, так и техногенного факторов, в большей мере служит индикатором все же техногенного фактора риска для здоровья населения.

Отдельного внимания заслуживают также положительные корреляции на уровне средней достоверной связи и положительной тенденции, хотя и не достигающей порога достоверности, между концентрациями *аммонийного азота (NH_4^+) и мочекаменной болезнью* среди детей (r = 0,37), *болезнями крови* среди взрослого населения (r = 0,24) и среди детей (r = 0,22), а также *общей детской заболеваемостью* (r = 0,17), свидетельствующие о потенциальном техногенном факторе риска болезней крови и мочекаменной патологии в районах повышенного загрязнения подземных вод отходами животноводческих комплексов, стоками с сельскохозяйственных полей, характеризующимися общим высоким азотистым загрязнением помимо нитратов. Наиболее

информативными показателями качества питьевых вод систем ДХПВ являются в конечном итоге *общая жесткость и нитраты*. Более слабые корреляции детской заболеваемости и данных факторов риска отражают, видимо, закономерность, что для проявления заболеваний от употребления некачественной воды нужен аккумулятивный эффект, усиливающийся с возрастом человека.

По результатам исследований создана итоговая картографическая модель в среде MapInfo, иллюстрирующая комплексную оценку качества воды источников ДХПВ и связанных с этим рисков для здоровья населения области (рис. 1). Городские округа (ГО) г. Воронеж и г. Нововоронеж исключены как статистические артефакты, несопоставимые с аграрными территориями других муниципальных подразделений. Картографическая модель позволила не только наглядно показать качественные и количественные превышения приоритетных загрязнителей питьевой воды, но и отобразить численность населения по всем административным территориям региона, подверженных потенциальному риску заболевания от употребления воды ненадлежащего качества.

Предварительно на основе корреляционного анализа между показателями качества воды и заболеваемости населения классами болезней, а также отдельно – мочекаменной болезнью среди взрослого, детского населения и подростков – выявлены два относительно независимых комплекса риска – природного и техногенного. Природный риск характеризуется повышенной общей жесткостью вод, с которой достоверно коррелирует уровень мочекаменной болезни среди взрослого населения ($r = 0{,}35$), а техногенный риск – загрязнением нитратами, с которыми достоверно коррелирует уровень заболеваний крови и кроветворных органов среди взрослого населения ($r = 0{,}47$). Для оценки эффекта суммарного воздействия показателей качества воды на здоровье населения сначала для исключения отличий единиц измерений различных по сущности явлений (качество воды, заболевания населения) провели предварительную статистическую нормализацию значений, а затем рассчитали коэффициент линейной корреляции между интегральными показателями: качество воды (сумма нормализованных значений общей жесткости и концентраций нитратов) и болезни, обусловленные водным фактором (мочекаменная болезнь и болезни крови): $r = 0{,}55$.

Проведенное нами ранжирование с использованием метода нормализации значений и их суммации по 2-м комплексам /а) «качество воды»; б) «заболеваемость населения»/ и применение технологий геоинформационного моделирования, позволило дифференцировать территорию области на 5 типов территорий по соотношению показателей качества воды и уровням заболеваний, реагирующих на качество вод (рис. 1).

Территории высокого и повышенного риска – 8 муниципальных территорий высокой сельскохозяйственной освоенности центрального и восточного секторов области (Борисоглебский ГО, Новохоперский район),

северного (Каширский, Аннинский, Таловский, Бутурлиновский районы), а также фрагментарно – западного (Каменский район) и южного секторов области (Богучарский район), характеризующиеся, прежде всего, повышенным риском развития мочекаменной болезни у населения и болезней крови на фоне высокого нитратного загрязнения, либо общей жесткости воды, и расположенные на территории распространения преимущественно неоген-четвертичных водоносных комплексов, питающих источники ДХПВ.

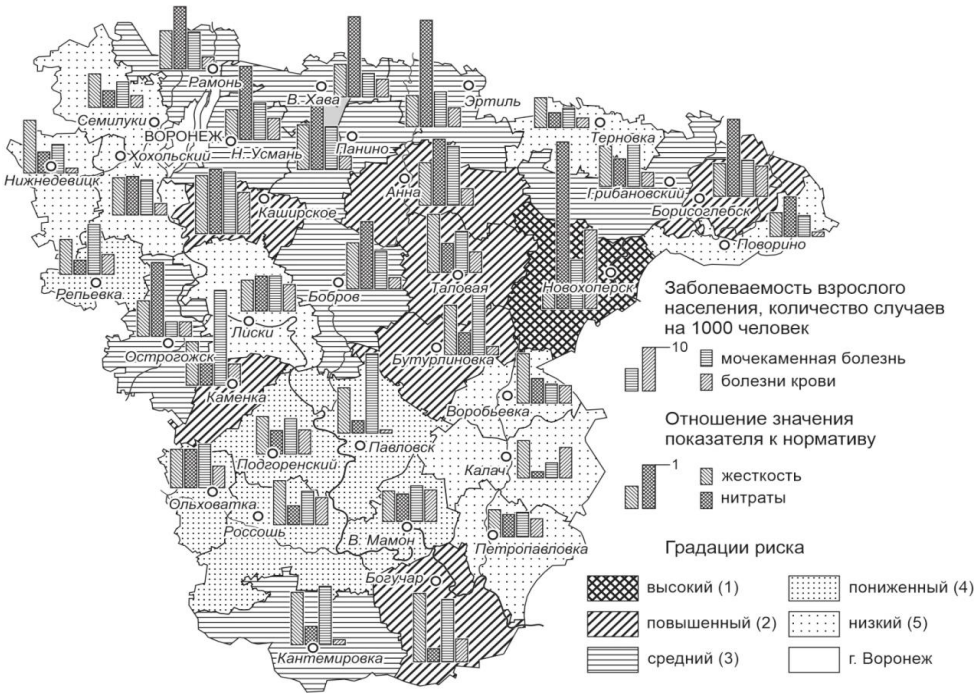


Рис. 1. Карта типизации территории Воронежской области по риску заболеваний от употребления питьевой воды из источников ДХПВП

Таблица 1

Шкала градаций риска /степень опасности/*

Риск	Значения показателей качества воды	Заболеваемость взрослого населения
Высокий	высокие (+1,85)	высокая (+4,28)
Повышенный	повышенные (+0,15... +2,35)	повышенная (+0,01...+1,53)
Средний	повышенные (+0,05... +1,46)	пониженная (-0,12... -1,13)
Пониженный	средние и пониженные (-0,01... -1,23)	средняя и повышенная (+0,01...+0,12)
Низкий	низкие (-0,25... -2,78)	низкая (-0,16... -1,56)

**) в скобках – диапазон варьирования нормализованных значений качества воды (сумма значений по общей жесткости и нитратам; сумма значений заболеваемости взрослого населения мочекаменной болезнью и болезнями крови)*

Наиболее благополучная территория («вне зоны риска») рассредоточена по трем секторам области: северо-западному (Семилукский, Нижнедевицкий, Хохольский, Лискинский районы), юго-восточному (Воробьёвский,

Калачеевский, Петропавловский районы) и фрагментарно – восточному (Поворинский, Терновский районы). Это районы преимущественно умеренного уровня сельскохозяйственного освоения, распашки и соответствуют более экологически благополучным территориям распространения верхне-девонских водоносных комплексов, питающих источники ДХПВ.

Средние значения показателей качества воды и реагирующих на них заболеваний взрослого населения приведены в таблице 2.

Таблица 2

Средние значения показателей водно-экологического риска и болезней, связанных с водным фактором

Группа районов с риском /см. шкалу к рис. 1/	Кол-во районов	Качество воды		Болезни взрослого населения /случаев на 1000 населения/	
		жесткость (ммоль/л)	нитраты (мг/л)	мочекаменная	крови
Высоким	1	4,81	165,97	11,1	17,51
Повышенным	7	11,06	45,13	13,65	4,5
Средним	9	8,78	64,62	8,14	3,36
Пониженным	6	8,75	23,04	11,07	5,84
Низким	9	7,21	22,91	6,51	3,42

Территориальный анализ доли населения, подверженного риску заболевания от употребления питьевой воды из источников децентрализованного водопользования, показывает тенденцию увеличения риска в северном и северо-восточном секторах области и очевидное снижение риска в южном секторе, а также местами – в северо-западном секторе в близи Воронежской городской агломерации и в Лискинском высокоурбанизированном районе.

Проведенный территориальный анализ с применением вероятностно-статистического и геоинформационного анализов может служить основой дифференцированной экологической политики, направленной на оптимизацию качества источников водоснабжения и снижение экологических рисков водопользования.

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 // Вестник Воронежского гос. университета. Серия: География. Геоэкология. – 2023. – № 3. – С. 90-97.

2. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2024 году» – Воронеж: Управление Роспотребнадзора по Воронежской области, 2025. – 207 с.

3. Механтьев И.И. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2020. – № 4(325). – С. 37-42.

УДК 614.771

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ КРИОКОНИТОВ И ПОЧВ РЕКРЕАЦИОННО-НАГРУЖЕННЫХ УЧАСТКОВ ПРИЭЛЬБРУСЬЯ И ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Кушнов И. Д.[1], Темботов Р. Х.[1, 2], Нехаев И. О.[1, 3]

E-mail: st084838@student.spbu.ru
Научный руководитель: Абакумов Е. В., и. о. заведующего кафедрой прикладной экологии СПбГУ, д. б. н., профессор, профессор РАН
[1]Санкт-Петербургский государственный университет, Россия,
[2]Институт экологии горных территорий им. А. К. Темботова, Нальчик, Россия,
[3]Институт зоологии РК, Алматы, Казахстан

Горные территории являются зонами с высоким уровнем биоразнообразия и предоставляют множество экосистемных услуг, но в то же время крайне чувствительны к антропогенному вмешательству. Отложения на поверхности ледников – криоконит – и почвы перигляциальной зоны в последние годы подвергаются дополнительной антропогенной нагрузке из-за активного развития туризма в высокогорных областях как в России, так и в Казахстане. Это обуславливает строительство инфраструктуры, увеличение туристических потоков и автомобильного транспорта, что приводит к дополнительному загрязнению ледниковой поверхности и прилегающих почв, в частности, тяжелыми металлами. В данной работе было исследовано загрязнение криоконитов и почв г. Эльбрус (ледник Малый Азау, ледник Гарабаши) и Заилийского Алатау (ледник Богдановича) тяжелыми металлами (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Результаты показывают более высокий уровень загрязнения Заилийского Алатау всеми тяжелыми металлами, в особенности кадмием, что в первую очередь связано с близостью промышленного центра Алматы. Негативное влияние туризма проявляется преимущественно в повышении концентраций меди и цинка, а криоконит способны накапливать поллютанты на уровне локальных почв, что может привести к дополнительной нагрузке на экосистемы. Рекомендуется развитие эко-туризма в данных регионах, а также контроль пастбищной деятельности и качества водных ресурсов.

Ключевые слова: Эльбрус, Тянь-Шань, туризм, ледники, перигляциальная зона, загрязнение, экотоксиканты

В связи с ростом внутреннего туризма количество людей, желающих посетить высокогорные территории с их живописными горными ущельями и ледниками, увеличивается ежегодно. Только национальный парк «Приэльбрусье» посещают более 300 тыс. человек в году и это число постоянно увеличивается [Тамахина, 2023]. В Казахстане горные территории также являются популярным местом отдыха. Крупнейшими высокогорными курортами являются Медеу и Шымбулак, на которые приходятся около 20 %

всего туристического потока Казахстана (вместе с Алматинской агломерацией), что составляет более миллиона человек ежегодно [Issakov et al., 2025]. Растущий туристический поток обуславливает присутствие и развитие соответствующей инфраструктуры: автодороги, канатные дороги, рестораны и гостиницы, а также строительные работы, что усиливает негативное воздействие на местные экосистемы, особенно загрязнение почв и супрагляциальных отложений (криоконитов) тяжелыми металлами. Решение этой проблемы требует комплексного подхода для предотвращения загрязнения опасными веществами, что критически важно, как для сохранения качества экосистем и оздоровительного туризма, так и для перспективного развития сельского хозяйства в условиях отступающих ледников и глобального изменения климата. Важную роль в распространении загрязнения играют криокониты – темноокрашенные отложения на поверхности ледников, содержащие минеральные и органические частицы, а также черный углерод [Cook et al., 2016]. Они накапливают поллютанты, включая тяжелые металлы, и в период таяния ледников (абляции) разносятся флювиогляциальными и эоловыми потоками, осаждаясь на поверхности прилегающих почв. Кроме того, в Приэльбрусье и Заилийском Алатау находится множество ледников, покрытых криоконитами, которые являются основным источником пресной воды для миллионов людей, качество которой тесно связано с состоянием криоконитов и почв. Таким образом, целью исследования является изучение особенностей загрязнения криоконитов и перигляциальных почв двух антропогенно-нагруженных горных территорий, находящихся в различных горных системах.

Исследование было направлено на оценку загрязнения тяжелыми металлами криоконитов и горных почв на Центральном Кавказе (Приэльбрусье) и Северном Тянь-Шане (Заилийский Алатау). В Приэльбрусье отбор проб криоконитов проводился с поверхности ледника Гарабаши на различных высотах. Почвы были отобраны в ущелье Терскол, непосредственно примыкающего к г. Эльбрус, и определены следующим образом: темно-гумусовая органо-аккумулятивная на моренных отложениях, торфяные эутрофные, органо-аккумулятивная темногумусовая на пролювиальных отложениях [Классификация…, 2004]. В Заилийском Алатау (окрестности горнолыжного курорта «Шымбулак») пробы криоконитов были взяты с поверхности ледника Богдановича, а почвы (органо-аккумулятивная серогумусовая аллювиальная) – в Левом Талгарском ущелье. Содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) определялось методом атомно-абсорбционной спектрометрии, статистическая обработка данных проводилась с использованием U-теста Манна-Уитни для выявления значимых различий. Для определения степени загрязнения использовались следующие индексы: индекс загрязнения (PI), комплексный индекс загрязнения (PLI), комплексный индекс экологического риска (RI). Расчет индексов проводился согласно общепринятым формулам [Kowalska et al.,

2018], за фоновые значения брались результаты предыдущих исследований ненарушенных почв в данных регионах вдали от антропогенной деятельности [Sefrna et al., 2008; Degtyareva et al., 2020].

Проведенное исследование показывает значительно более высокий уровень загрязнения всеми исследуемыми тяжелыми металлами на участке в Заилийском Алатау, чем в Приэльбрусье (рис. 1).

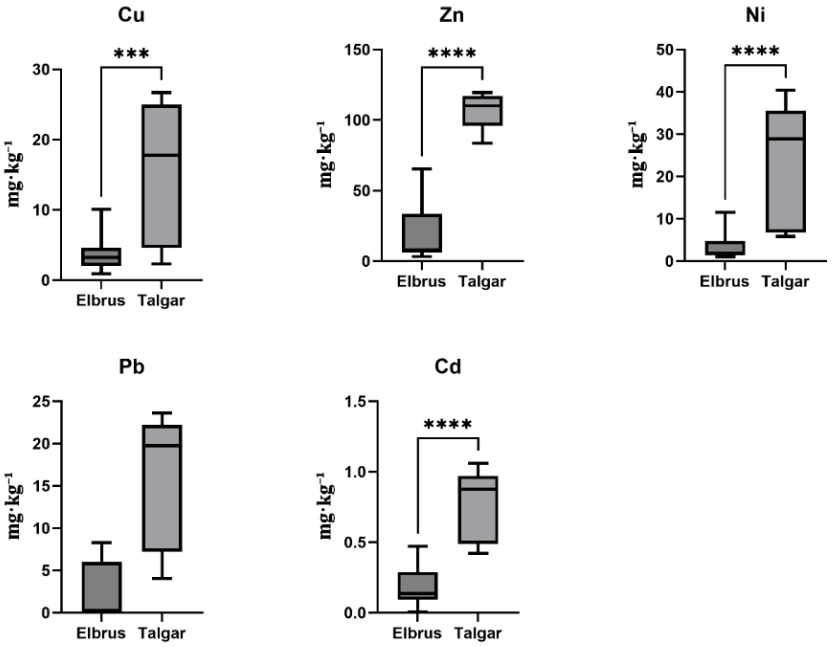


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в криоконитах и почвах Приэльбрусья (слева) и Заилийского Алатау (справа)

Наибольшее накопление отмечено для цинка (более 100 мг/кг) и никеля (около 40 мг/кг), при этом, в Приэльбрусье концентрации этих тяжелых металлов в разы ниже. Это может быть связано с близостью Заилийского Алатау к крупному городу Алматы, который является крупным промышленным центром и источником поллютантов, которые с атмосферным переносом попадают в горные районы и осаждаются в высокогорьях. Влияние естественного геологического фактора неспособно обеспечить такую существенную разницу, так как состав почвообразующих горных пород схож между участками исследования и состоит преимущественно из гранитов и гнейсов [Богоявленская и др., 1991].

Для учета локальных особенностей и понимания загрязнения конкретных участков был рассчитан индекс PI (рис. 2, рис. 3).

Отмечается, что криокониты на поверхности ледника Богдановича загрязнены каждым из исследуемых тяжелых металлов существенно меньше, чем почвы Левого Талгарского ущелья, которое находится в непосредственной близости от курорта «Шымбулак». Это, помимо более высокой сорбционной емкости почв, указывает на негативное влияние локального туризма, так как горные хребты являются естественной

преградой для переноса поллютантов, которые в первую очередь осаждаются на поверхность прилегающих почв.

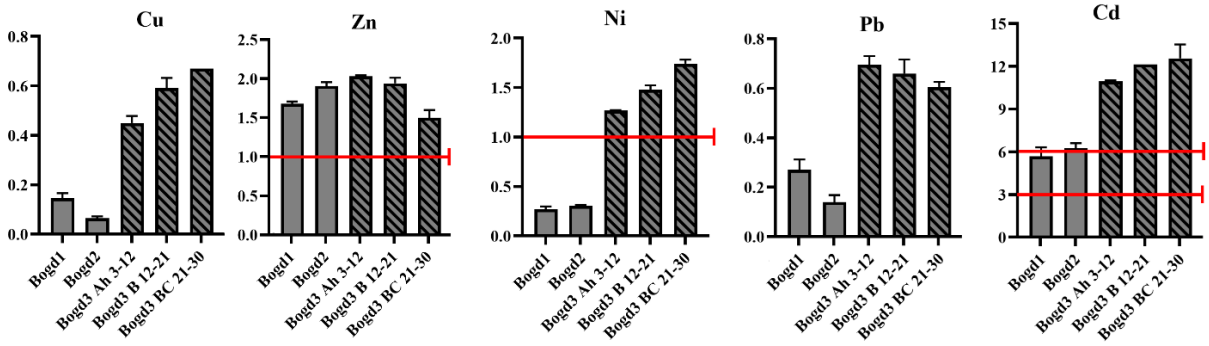


Рис. 2. Индекс PI для криоконитов (серая заливка, слева) и почвы (черная штриховка, справа) Заилийского Алатау

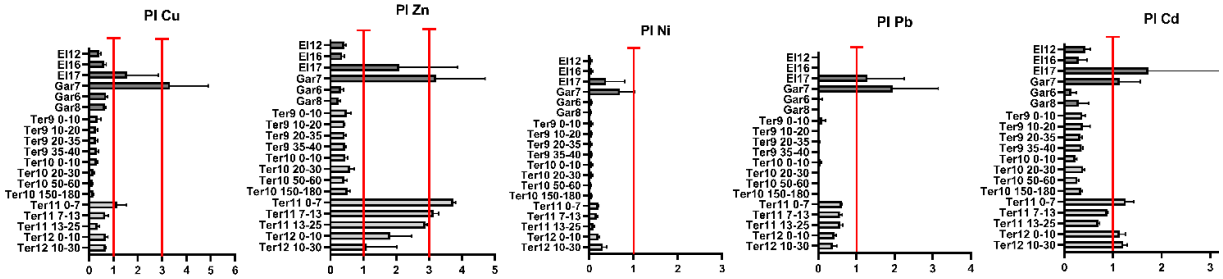


Рис. 3. Индекс PI для криоконитов (сверху, темно-серая заливка) и почв (снизу, светло-серая заливка) Приэльбрусья

При этом, наибольшие значения PI характерны для кадмия (до уровня высокого загрязнения) и цинка (на уровне слабого загрязнения). Ранее проведенное исследование [Baubekova et al., 2021] показало сильное загрязнение почв Алматинской агломерации кадмием, связанное с промышленной деятельностью, что может влиять на концентрации данного элемента в ледниковой и перигляциальной зоне из-за атмосферного переноса. Повышенные концентрации цинка могут быть связаны непосредственно с локальной туристической деятельностью, в частности, локальным источником цинка часто выступают автомобильные шины, лакокрасочные и строительные материалы, сжигание ископаемого топлива, а также почвенная эрозия, связанная с движением больших групп людей [Gilardoni et al., 2022]. При этом, относительно высокие концентрации цинка в криоконитах объясняются большим количеством Zn-содержащих минералов, не подвергшихся выветриванию или переносу, то есть естественным фактором.

В Приэльбрусье большее загрязнение характерно для криоконитов, в особенности медью и цинком, что преимущественно связано с непосредственной близостью ледника Гарабаши к объектам туристической инфраструктуры. Почвы были умеренно загрязнены только цинком, особенно в верхних горизонтах, что, вероятно, также связано с влиянием автотранспорта и строительства, что указывалось ранее.

Загрязнение всеми тяжелыми металлами (индекс PLI) различается между исследуемыми участками: для Приэльбрусья большее загрязнение характерно для криоконитов, а в Заилийском Алатау – для почв (рис. 4, сверху). При этом, риск для экосистем (индекс RI), связанный с загрязнением, в Приэльбрусье характерен только для отдельных криоконитов и верхнего горизонта одной почвы, и оценивается как низкий, в то время как для криоконитов и почв Заилийского Алатау характерны высокий и очень высокий уровни риска, соответственно (рис. 4, снизу). Это связано как с более высокими общими концентрациями тяжелых металлов в образцах, так и с высоким содержанием кадмия, который обладает высокой экотоксичностью.

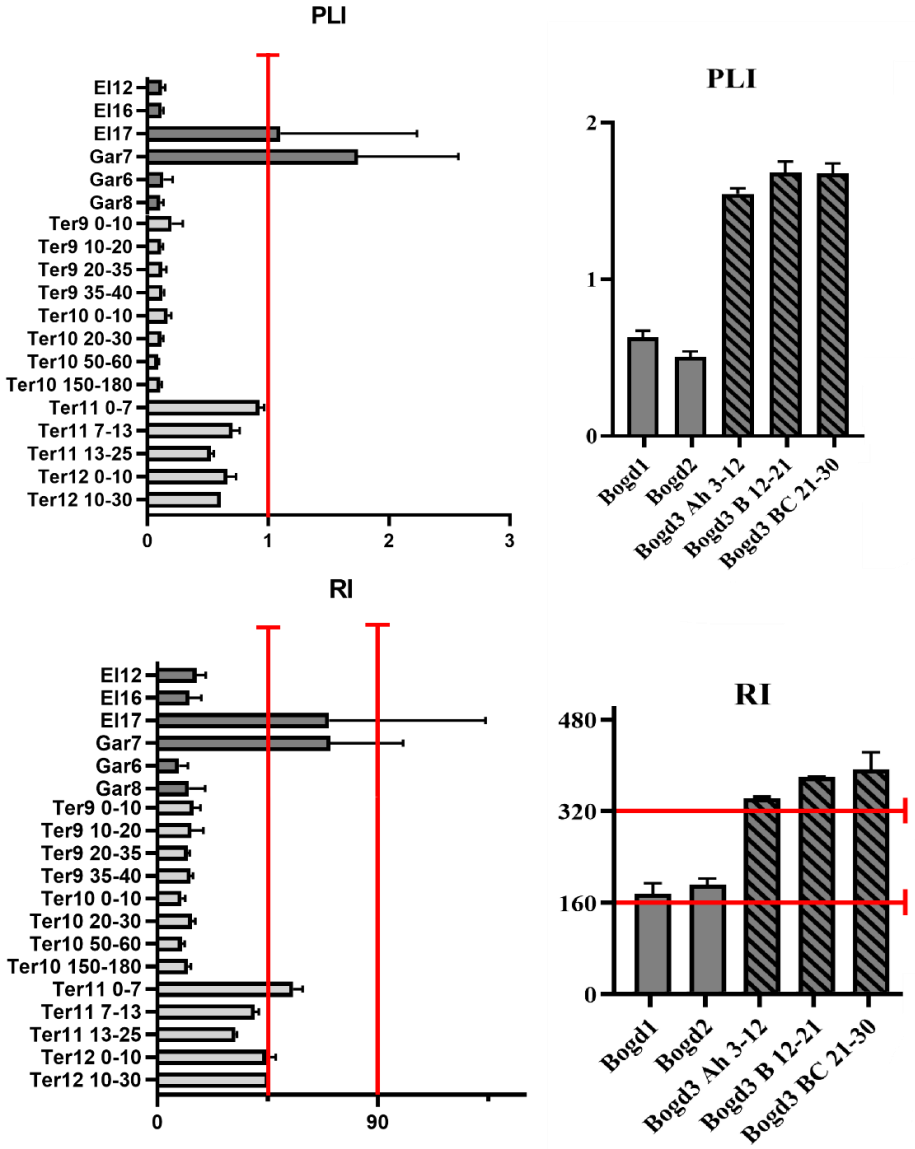


Рис. 4. Значения индексов PLI и RI в исследуемых криоконитах и почвах

Таким образом, было установлено, что значительно более высокий уровень загрязнения характерен для высокогорных экосистем Заилийского

Алатау, чем для Приэльбрусья, что преимущественно связано с близостью крупного промышленного центра Алматы. Туристическая деятельность оказывает равное негативное воздействие на почвы и криокониты, и преимущественно связано с близостью инфраструктуры и дополнительным поступлением меди и цинка. При этом показано, что криокониты способны эффективно аккумулировать тяжелые металлы, перенос которых может усилить загрязнение перигляциальных почв. Несмотря на отсутствие прямой опасности таких концентраций для здоровья человека, следует принимать во внимание риски, связанные с пастбищной деятельностью и возможной биоаккумуляцией поллютантов, а также их перенос в водные объекты. Для уменьшения негативного влияния рекомендуется развитие эко-туризма, связанного с регуляцией численности туристов, их перемещение по организованным тропам и уменьшение локального сжигания ископаемого топлива.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 24-44-00006 «Сравнительное метагеномное исследование микробиома углеродного цикла в регионах вечной мерзлоты на полуострове Ямал и Цинхай-Тибетском нагорье».

Литература

1. Богоявленская О. В., Пучков В. Н., Федоров М. В. Геология СССР. – М.: Недра, 1991. – 240 с.

2. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов. И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

3. Тамахина А. Я. Мониторинг биоразнообразия флоры горы Чегет (Приэльбрусье) //Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. ВМ Кокова. – 2023. – №. 3 (41). – С. 7-20.

4. Baubekova A. et al. Evaluation of environmental contamination by toxic trace elements in Kazakhstan based on reviews of available scientific data //Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – Т. 28. – №. 32. – С. 43315-43328.

5. Cook J. et al. Cryoconite: the dark biological secret of the cryosphere //Progress in Physical Geography. – 2016. – Т. 40. – №. 1. – С. 66-111.

6. Degtyareva T. V., Melnichuk V. V., Karavaev Y. Regularities of formation of mountain-forest soils' microelement composition of western Caucasus //Sustain Dev Mt Territ. – 2020. – Т. 44. – С. 211-220.

7. Gilardoni S., Di Mauro B., Bonasoni P. Black carbon, organic carbon, and mineral dust in South American tropical glaciers: A review //Global and Planetary Change. – 2022. – Т. 213. – С. 103837.

8. Issakov Y. et al. Opportunities and perspectives of formation of the mountain tourism cluster in Almaty agglomeration //Geo Journal of Tourism and Geosites. – 2025. – Т. 58. – №. 1. – С. 105-118.

9. Kowalska J. B. et al. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination–A review //Environmental geochemistry and health. – 2018. – Т. 40. – №. 6. – С. 2395-2420.

10. Sefrna L. et al. Trace elements in soils in the northern and the central Tian-Shan (Kazakhstan-Kyrgyzstan) //Geografie. Sbornik Ceské geografické spolecnosti. – 2008. – Т. 113. – №. 3. – С. 253-268.

УДК 631.487+903

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗНОВРЕМЕННЫХ ПОЧВ В ГОРНОРУДНЫХ ЛАНДШАФТАХ БАССЕЙНА РЕКИ СРЕДНЯЯ КАРГАЛКА (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Лисецкий Ф.Н.[1, 2], Ткачев В.В.[1]

Email: liset@bsuedu.ru, vit-tkachev@yandex.ru
[1]Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Оренбург, Россия
[2]ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

Представлены результаты изучения геохимических особенностей горных пород и сформированных на них почв в горно-перерабатывающих меднорудных комплексах Каргалинского района Приуральского горно-металлургического центра эпохи бронзы. Используя данные концентраций 24 металлов, а также 12 тяжелых металлов и металлоидов, проведено разделение почвообразующих пород на две обобщенные группы в каждой выборке методом кластерного анализа и установлены причины их различий. Наиболее значимыми диагностическими критериями в иерархической классификации пород выступает содержание меди, кобальта и бария. Региональные особенности почв обусловлены высокими концентрациями литогенных элементов, включая такие тяжелые металлы и металлоиды, как Cu, Ba, Cr, Pb, Co и As.

Ключевые слова: меднорудные районы, эпоха бронзы, посттехногенные ландшафты, биогеохимия почв, геохимия материнских пород

В пределах Общесыртовско-Предуральской возвышенной провинции ландшафтам северной степи присуща территориальная приуроченность археологических памятников срубной культуры поздней бронзы и обнаруженных меднорудных полей. Новые представления о границах Приуральского горно-металлургического центра эпохи бронзы, как крупного историко-металлургического образования [8], позволили выделить круг горно-металлургических районов (ГМР), с которыми связаны геохимические группы меднорудных источников, связанных с залеганием медистых песчаников верхнепермского периода. Сравнительно недавно открытый, но уже показавший свою исключительную научную значимость Каргалинский ГМР [1, 8], имеет перспективы расширения спектра мультидисциплинарных исследований посттехногенных ландшафтов.

Полевой этап исследований Каргалинского ГМР в июне 2025 г. определялся планом работ по гранту Российского научного фонда «Технологии горно-металлургического производства бронзового века в эволюции культурно-исторического ландшафта Уральского региона». Всего было заложено 20 основных разрезов (прикопок) и отобрано 84 образца почв

и пород на двух горно-перерабатывающих комплексах (ГПК) Белоусовского и Михайловского рудников (рис. 1). Отборы проб горных пород проводили на разных глубинах (в диапазоне от 20 до 95 см), а в длинных шурфах с учетом литологической разнородности. Поэтому с одним полевым номером разреза могут соотносится несколько объектов анализа.

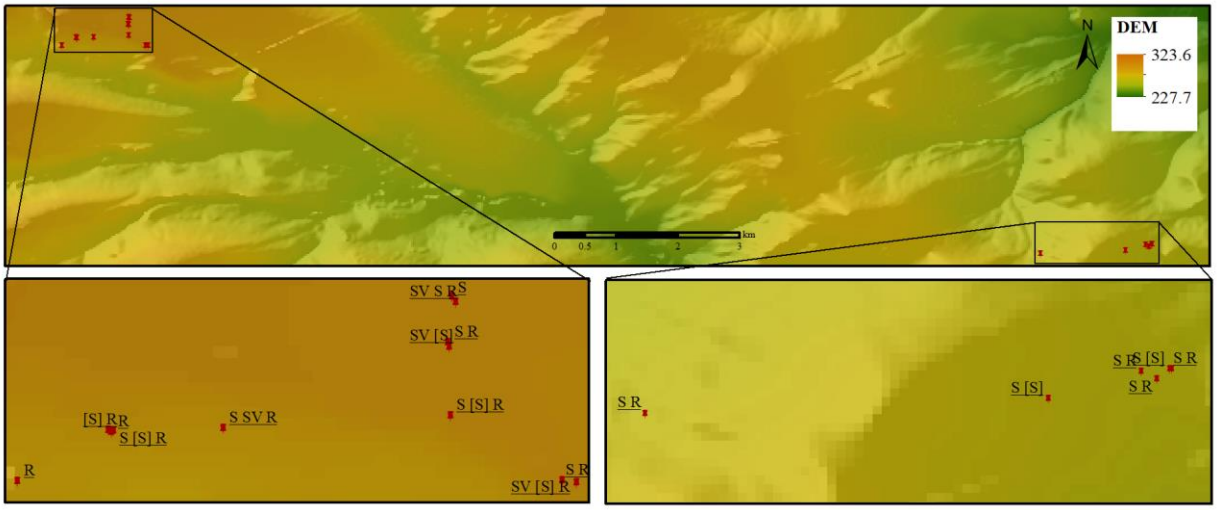


Рис. 1. Местоположение ключевых изученных объектов в 2025 году (в подложке ЦМР *FABDEM*). Обозначения: S – разновременные почвы на горнорудных отвалах, включая погребенные почвы [S]; SV – целинные аналоги почв; R – материнские породы

Геохимические особенности почв и почвообразующих пород были охарактеризованы по концентрациям 24 металлов и оксидов, полученных методом рентгенофлуоресцентного анализа на волнодисперсионном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV». С целью сравнения фактических концентраций валовых форм 12 тяжелых металлов и металлоидов (ТММ) с экологическими нормативами использовали значения ПДК в почвах для 10 элементов, установленные ГОСТ, а по железу и барию, ранее обоснованные нормативы [5]. Классификационное сходство объектов определяли с помощью кластерного анализа (метод Уорда, Евклидова дистанция, значения нормированы по среднеквадратическому отклонению). Окраску почв и пород определяли по шкале «Munsell color» [9] в лабораторных условиях во влажном и сухом состоянии, с учетом того обстоятельства, что усиление или ослабление интенсивности окраски зависит от степени увлажнения почвы [10].

Датировки ключевых объектов были получены ранее как по находкам керамики срубной культуры позднего бронзового века, так и методом радиоуглеродного датирования по костям животных, что исключает резервуарный эффект. В ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» ИГ РАН и Центре прикладных изотопных исследований Университета Джорджии (США) для Белоусовского ГПК-1 получена дата 3430±20 BP (IGAN AMS – 8130), для карьера

№ 1 Белоусовского рудника – 3370±20 BP (IGAN AMS – 8132), что в калиброванных значениях соответствует XVIII-XVII вв. до н. э. Согласно современным представлениям о радиоуглеродной хронологии срубной культуры Оренбургского Предуралья, обсуждаемые памятники горной археологии относятся к ее развитому этапу [3].

Материнские породы, формируя исходную матрицу новообразованной почвы, по своему литологическому, минералогическому, гранулометрическому и валовому химическому составу, во многом определяют особенности физико-химических свойств конкретных почв. В полевых условиях отчётливо проявляется пестрота окраски материнских пород, что нередко наследуется и образованными на них почвами. Используя в лабораторных условиях шкалу Манселла для сухих образцов, обобщенно можно выделить две большие группы пород: 1) с диапазоном окраски от красного (2.5 YR 5/6), желтовато-красного (5 YR 5/6) и до вариаций красновато-желтого и красновато-коричневого цветов; 2) более широко распространенная группа серых и серовато-коричневых пород (10 YR 5/1 и 10 YR 5/2) с шестью различными вариациями серого и коричневого цвета. Очевидное предположение о минералогических и геохимических предпосылках различий окраски пород в наиболее контрастных группах подтверждается химико-аналитическими данными. Красноцветные материнские породы имеют геохимическое сходство по 17 основным металлам и оксидам с породами серого и коричневого цвета, за исключением более высоких концентраций Pb (в 1,5 раза), Cr (в 1,2 раза), Rb (в 1,1 раза), а также более низких концентраций P и S (в 0,8 раза), Ba (в 0,7 раза), но особенно Cu (в 0,4 раза (81±7 мг/кг со значительной вариацией (V=26 %) против 191±45 мг/кг (V=85 %)).

Геохимические особенности различных типов материнских пород в горнорудных ландшафтах района исследований характеризует ранжированный убывающий ряд частоты превышений (в %) концентраций ТММ относительно темно-коричневого (7.5YR 3/2) суглинка с глубины 42-45 см в горно-перерабатывающем комплексе Белоусовского рудника (ГПК-1), выбранного для пород в качестве регионального геохимического фона (РГФ): As, Sr (100) > Cr, V (93) > Ba (80) > Cu (60) > Pb, Fe (53) > Ni (47) > Co, Zn (33). Концентрации в породах марганца в среднем соответствуют параметру РГФ.

Распределение 12 ТММ относительно норм ПДК (ОДК), принятых для почв, имеет определённые региональные особенности, что отражается в ранжированном ряду частоты превышений (в %) концентраций ТММ: Cu, Cr, Ni (100) > Fe (73) > As (33) > V, Ba (7). Не выделяются превышениями над ПДК (ОДК) такие ТМ, как Co, Mn, Zn, Pb, Sr. Таким образом, почвы, которые сформированы на материнских породах в горнорудных ландшафтах района исследований (рис. 2), из-за унаследованной высокой концентрации металлов первого (хром, мышьяк) и второго (медь и никель) классов опасности, обладают предпосылками

фитотоксичности, что может ограничивать продуктивность растительных сообществ и скорость педогенеза. Особенно ярко фитотоксичность пород проявляется на практически безжизненных (лишенных почвенно-растительного покрова, за исключением редких экземпляров кохии шерстистоцветковой (*Bassia laniflora*)) полях, которые определяются как древние обогатительные (шламовые) площадки, сформировавшиеся при пожоге руды, содержащей халькозин (CuS_2), как это демонстрируют данные из разр. 3, где содержание Cu достигает величины 1324 мг/кг. Медь это опасный фитотоксикант, который занимает одно из лидирующих мест в ряду самых токсичных тяжелых металлов (Лукин, 2023).



А Б В

Рис. 2. Породы из Каргалинских рудников поздней бронзы: верхнепермские конгломераты (А), ископаемая древесина (Б), халькозин (В)

В чернозёмных почвах по мере увеличения доли органического вещества и при высоком содержании в материнских породах глинистых минералов (особенно монтмориллонита) медь, обладая высокой комплексообразующей способностью, накапливается в наиболее гумусированных слоях. Из-за геохимической специфики района исследования с широким распространением медьсодержащих минералов приведем сравнение с другими регионами. Если кларк меди в литосфере составляет 47 мг/кг, а содержание в материнских породах варьирует от 2 до 34 мг/кг при среднем значении 22 мг/кг [2], то в почвах мира кларк меди составляет 39 мг/кг при диапазоне фоновых концентраций 6-100 мг/кг [6]. Привлечение более конкретных данных по фоновым почвам района исследования – черноземам обыкновенным, показывает, что в центральном секторе Восточно-Европейской равнины концентрация меди в их гумусовом горизонте составляет 23 (10÷37) мг/кг [7], но в западном секторе в почвах агроландшафтов, в том числе при выращивании винограда, где используются медьсодержащие препараты, концентрация меди в слое 0-50 см больше – 54 (11÷182) мг/кг, а в пределе может достигать 500 мг/кг [2]. При этом следует отметить, что для валовых форм меди установлены нормативы ПДК/ОДК 55/132 мг/кг. То есть содержание меди на шламовых площадках выше

экологических нормативов на порядок, а помимо этого здесь отмечается превышение содержания Ni, Cr и Ba (2,6, 2,2 и 1,6 ПДК соответственно).

Анализ данных по 25 пробам горных пород, выступающих материнскими породами почв, показал, что по группе из 12 ТММ наибольшей ассоциативностью, определяемой по величине парной тесноты связи ($r > 0,60$), характеризуется ванадий, концентрации которого наиболее тесно ($r = 0,89$-$0,67$) сопряжены с Zn, Ni, Cu, Ba, Fe. Медь и барий ассоциированы с тремя элементами: Cu с (Ba, Zn, Pb), Ba с (Cu, Zn, V). У хрома и железа ассоциативные элементы идентичны (Co, Ni). У шести элементов обнаруживается связь концентраций только с одним из 12 элементов: Mn + Co, Co + Ni, Ni + Zn, Zn + Ba, As + Fe, Pb + Cu. Стронций имеет отрицательную корреляцию со всеми элементами, но наиболее значимо с Mn и Ni.

По всему перечню из 24 металлов и оксидов на высоком уровне величины объединения (D) (рис. 3, А) обособляется кластер №1 (из 13 видов пород), который отличается от кластера №2 (из 10 видов пород) по более высокой концентрации Cl (в 1,4 раза) и CaO (в 1,3 раза), но, прежде всего, характеризуется пониженным содержанием Cu (на 50 %), Co (на 40 %) и группы из Ni, Zn, Ba, Pb, Cr (на 20 %). Примечательно, что все объекты кластера №1 относятся к красноцветным материнским породам (их окраска во влажном состоянии характеризуется желто-красным тоном (2.5 YR, 5 YR и 7.5 YR)), а также к коричневым породам (разр. 5). У остальных объектов (кластер №2) цвет характеризуется оттенками серого и коричневого цвета. Особняком по геохимическому составу классифицируются темно-серый тонкий прослой (на глубине 41,5-45 см) над почвой, погребенной в срубное время (разр. 1 (ГПК-1), и шламовая площадка древних рудокопов (разр. 3). Эти два объекта, относительно близкие кластеру №2, характеризуются абсолютной самобытностью породы из разр. 3 по более высокой концентрации 11 элементов ранжированного списка (Cu, Ca, Ba, Pb, V, Zn, Cr, Ti, S, Al, Ni), чем в породе разр. 1. Это, по всей видимости, древняя дневная поверхность, где 36 веков назад был создан отвал из верхнепермских пластинчато-щебнистых пород смешанного типа. Она отличается от средних величин концентраций по объектам из кластера №2 по восьми элементам, представленных ранжированным списком: Ca, Pb, Cu, Sr, P, S, Cr, Mn. Следует отметить, что при иерархической классификации по совокупности геохимических данных наиболее сильным фактором выступает местоположение объекта (его позиция в горнорудном ландшафте).

Второй вариант иерархической классификации пород ограничивался набором из 12 ТММ, и в нем были исключены указанные выше особые объекты ГПК-1 (разр. 1 и 3). Как и на рис. 3, А, породы на рис. 3, В группируются в два кластера, которые имеют большее сходство, чем по совокупности 24 элементов. Анализ данных по объектам рис. 3, В, показал, что при сравнении средних величин по 12 ТММ кластер №2 отличается от кластера №1 более высоким содержанием 10 ТММ, кроме Pb и Sr. Наиболее

существенные различия отражает ранжированный ряд концентраций: Cu (1,8)> Co (1,5) > Ba (1,35) > Ni, Zn, As (1,2).

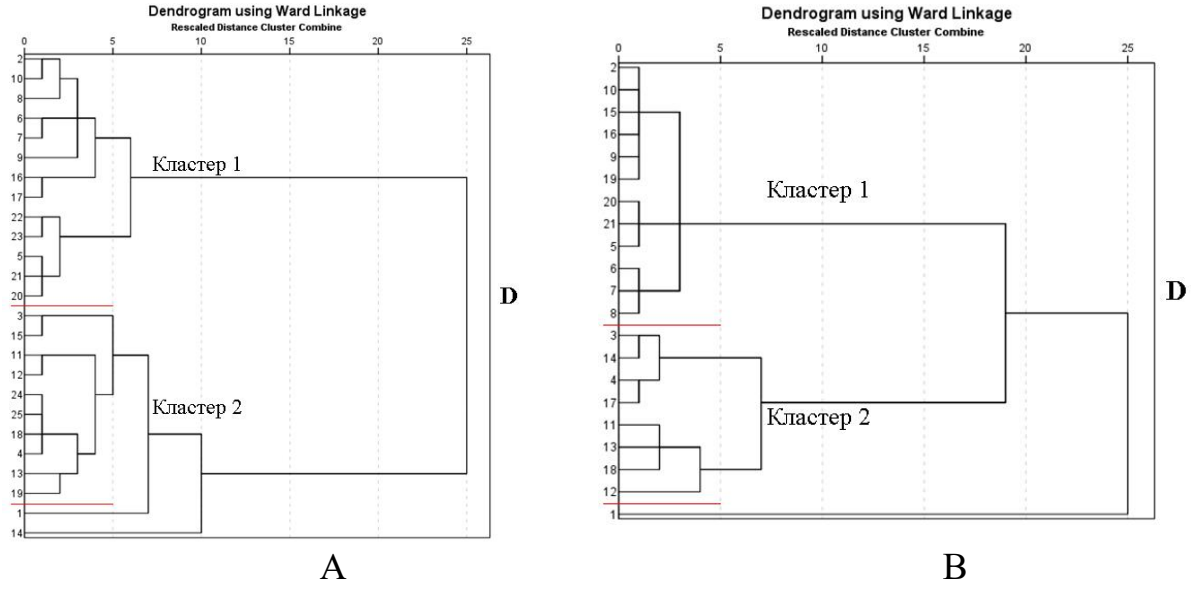


Рис. 3. Диаграмма кластерного анализа основных почвообразующих пород Каргалинского горнорудного района (по концентрации 24 металлов и оксидов (А) и по концентрации 12 ТММ (В)). D – пороговое расстояние

Номера объектов на шкале Y(A): 1, 9 – (разр. 1); 2, 10, 11, 12 – (разр. 2); 3, 15 – (разр. 4); 4 – (разр. 7); 5 – (разр. 8); 6, 7 – (разр. 12); 8 – (разр. 14); 13 – (разр. 13); 14 – (разр. 3); 16, 17 – (разр. 5);18 – (разр. 10); 19 – (разр. 11); 20 – (разр. 20); 21, 22, 23 – (разр. 16); 24, 25 – (разр. 18)

Номера объектов на шкале Y (B): 8 – (разр. 1); 1, 9, 10, 11 – (разр. 2); 2, 13 – (разр. 4); 3 – (разр. 7); 4 – (разр. 8); 5, 6 – (разр. 12); 7 – (разр. 14); 12 – (разр. 13); 14, 15 – (разр. 5); 16 – (разр. 10); 17 – (разр. 11); 18 – (разр. 20); 19, 20, 21 – (разр. 16)

Особым геохимическим составом отличается красный (2.5 YR 5/6) суглинок под погребённой почвой разр. 2 (в 1 м от края обжиговой ямы ГПК-1), который выделяется, как от средних величин объектов кластера 2 пониженным содержанием 7 ТММ (от 19 до 65 %), так и от средних величин объектов кластера 1 пониженным содержанием 4 ТММ (от 23 до 78 %). Погребенные в эпоху бронзы почвы, сформированные на красновато-коричневых суглинках, при неглубоком залегании от дневной поверхности не были исключены от последующих педогенных трансформаций, они характеризуются богатым геохимическим составом, что их отличает даже от голоценовых целинных почв. При этом примечательны очень высокие величины коэффициента концентрации Co, Pb, Cu в гумусовых горизонтах, относительно пород (от 2,3 до 6,6) (у чернозема обыкновенного целинного максимальная степень обогащения почвы в сравнении с породой не превышает 1,5). Указанные особенности сближают погребенные почвы с разновременными дневными почвами, у которых высокие концентрации в гумусовых горизонтах отмечены по следующим элементам: Ca, Cu, Mn, P, Cu, As, Ba, Sr.

В анализируемых вариантах из семи почв района исследования по рядам аккумуляций биогенных химических элементов в гумусовом горизонте можно сформировать обобщенный ранжированный убывающий ряд по частоте встречаемости: P (6) > K (4) > Mn, Zn, Ni, Al (3) > Fe (2). Такие биогеохимические признаки местных почв можно считать особенными с учётом того, что не менее часто в их наиболее плодородном слое представлены и литогенные элементы, в частности ТММ первого класса опасности: Cr (4) > Pb, Co (3) > As (2), а также медь (элемент 2-го класса опасности) – Cu (5), с которой, видимо, как и у пород, ассоциативно связан барий – Ba (4).

Полученные результаты литологических и геохимических предпосылок формирования разновременных почв послужат основой для корректного применения педохронологического метода изучения эволюции почв, ранее апробированного для поселений эпохи поздней бронзы [4].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-78-20015-П, https://rscf.ru/project/21-78-20015/

Литература

1. Богданов С. В. и др. Геоархеологическая система исторических медных рудников Приуральского (Каргалинского) степного горно-металлургического центра // Геоархеология и археологическая минералогия-2018. – Миасс: Институт минералогии УрО РАН, 2018. – С. 121–133.

2. Кирилюк В. П. Микроэлементы в компонентах биосферы Молдовы. – Chisinau: Pontos, 2006. – 156 с.

3. Купцова Л. В., Моргунова Н. Л., Салугина Н. П., Хохлова О. С. Периодизация срубной культуры Западного Оренбуржья по археологическим и естественно-научным данным // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2018. – Т. 46, № 1. – С. 100-107.

4. Лисецкий Ф. Н., Черниенко Ю. А., Горбов В. Н. К вопросу о возможности педохронологического анализа поселений эпохи поздней бронзы Северо-Восточного Приазовья // История и археология Слободской Украины : Тезисы докладов и сообщений Всеукраинской конференции, посвященной 90-летию XII Археологического съезда, Харьков-Старый Салтов, 19–21 октября 1992 года. – Харьков: Харьковский государственный университет, 1992. – С. 143-145.

5. Лисецкий Ф. Н., Зеленская Е. Я. Различия в содержании тяжелых металлов в почвах Южного берега Крыма (пространственно-временной анализ) // Экосистемы. – 2023. – № 34. – С. 81-91.

6. Лукин С. В. Агроэкологическое состояние почв Центрально-Черноземного района. – Белгород : Константа-принт, 2023. – 372 с.

7. Протасова Н. А., Щербаков А. П. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2003. – 368 с.

8. Ткачев В. В. Трансграничная зона срубной и алакульской культур в степном Приуралье: физико-географический и горно-металлургический аспекты // Поволжская Археология. – 2020. – № 3(33). – С. 116-128.

9. Munsell A. H. Munsell soil color charts. – Gretag Macbeth : New Windsor, N.Y., 2000.

10. Sánchez-Marañón M., Huertas R., Melgosa M. Colour variation in standard soil-colour charts // Soil Research. – 2005. – V. 43. – No. 7. – P. 827-837.

УДК 504.4.054, 504.064.3

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ С СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ВОДОСБОРОМ НА ЛЕВОБЕРЕЖЬЕ НИЖНЕГО ДОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНТРОЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Манжина С.А., Власов М.В., Красовская Н.Н.

E-mail: manz.svetlana@yandex.ru, m_vlasov@bk.ru, panya-86@mail.ru.
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

В работе представлены исследования полугодовой динамики химического состава донных отложений природного и искусственного водотоков, гидравлически связанных между собой. В качестве природного объекта принята река Подпольная, русло которой расположено в водосборе, представленном землями сельскохозяйственного назначения, в том числе для сельских поселений. Искусственным водотоком является коллекторный канал в открытом земляном русле, впадающий в эту реку.

Ключевые слова: малые водотоки, сельскохозяйственный водосбор, донные отложения, коллектор, солевой состав, тяжелые металлы

Донные отложения в земляном русле водных объектов формируются за счет абразии берегов и эрозионного процесса на территории водосбора в результате которого происходит вынос грунта и других взвешенных и растворенных соединений в водные объекты, где они, распределяясь по руслу водотока, осаждаются. В зависимости от типа материнской породы, состава грунтов и антропогенной нагрузки на водосбор формируется гранулометрический и химический состав донных отложений [1–3]. Для оценки и сравнения характеристик донных отложений малых водотоков с сельскохозяйственным водосбором в Ростовской области, нами были выбраны два объекта: река Подпольная и коллектор – искусственный водоток в земляном русле, отводящий излишки поливной воды с орошаемых полей, находящихся в зоне его водосборной площади. Коллектор имеет свой исток в зоне орошаемых полей и впадает в реку Подпольная. В водосборном бассейне коллектора расположены пахотные орошаемые и неорошаемые земли и три сельских поселения: хутор Кудинов (Ёлкинское сельское поселение) – место впадения коллектора в реку Подпольная, с населением 922 человека, поселок Привольный и хутор Калинин (Ажиновское сельское поселение) с населением 1103 и 404 человека соответственно (по данным Росстата на 01.01.2025).

В рамках проведенных исследований были выделены три пункта наблюдений по руслу коллектора с нумерацией от истока в сторону устья и один – в истоке реки Подпольной.

Пункт наблюдения 1 находился ниже по течению хутора Калинин и поселка Привольный, практически сразу за поселком на расстоянии 10,14 км от места впадения коллектора в реку. С обеих сторон от коллектора в пункте наблюдения водосборный бассейн представлен неорошаемыми пахотными землями Ажиновского сельского поселения. В период исследований на них возделывалась озимая пшеница.

Солевой состав донных отложений в пункте наблюдения 1 по датам отбора приведен на рисунке 1.

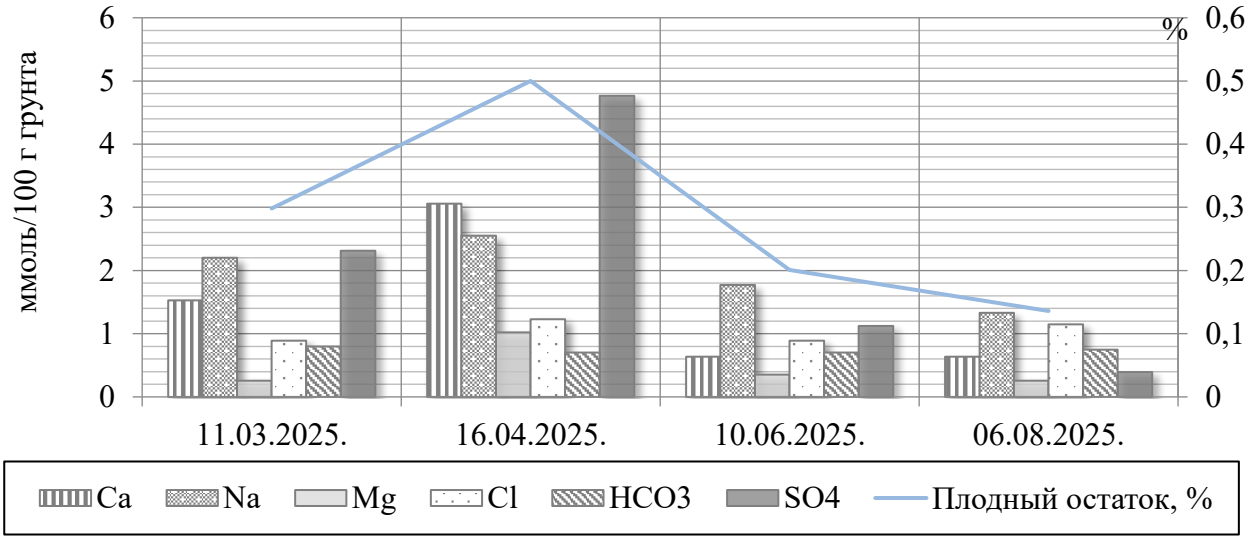


Рис. 1. Содержание солеобразующих ионов в донных отложениях коллектора БГ-МС-6 в пункте наблюдения 1

Пункт наблюдения 2 расположен на расстоянии 5,5 км от устья коллектора. С обеих сторон русло коллектора окружено орошаемыми землями Ёлкинского сельского поселения. Данные химического состава донного грунта коллектора в пункте наблюдения 2 приведены на рисунке 2.

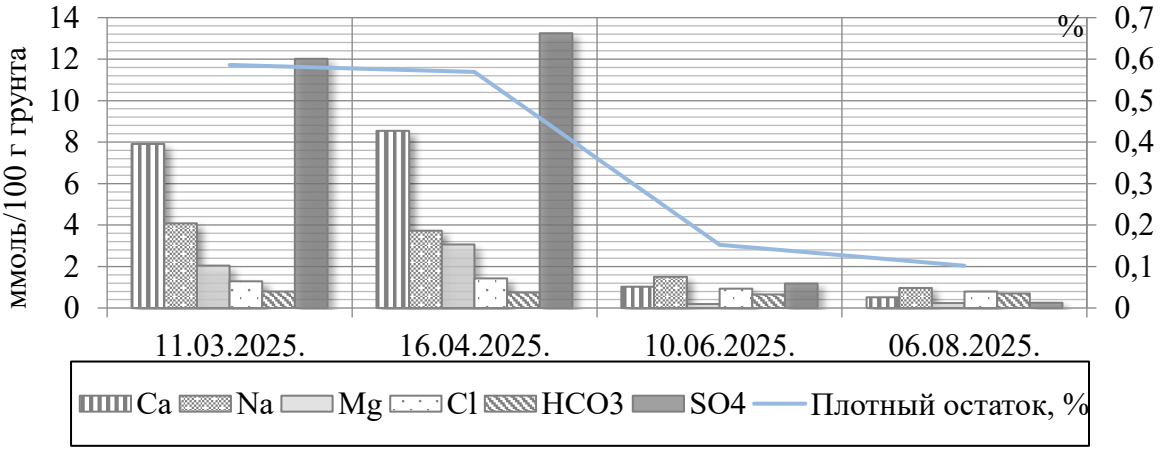


Рис. 2. Содержание солеобразующих ионов в донных отложениях коллектора БГ-МС-6 в пункте наблюдения 2

Пункт наблюдения 3 расположен на расстоянии ~ 1 км, в районе улицы Школьной в хуторе Кудинов, Ёлкинского сельского поселения. На правом берегу расположен комплекс действующих частных теплиц, который может оказывать влияние на водоток при осуществлении технологических процессов, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур в закрытом грунте. Солевой состав донных отложений в пункте 3 приведен на рисунке 3.

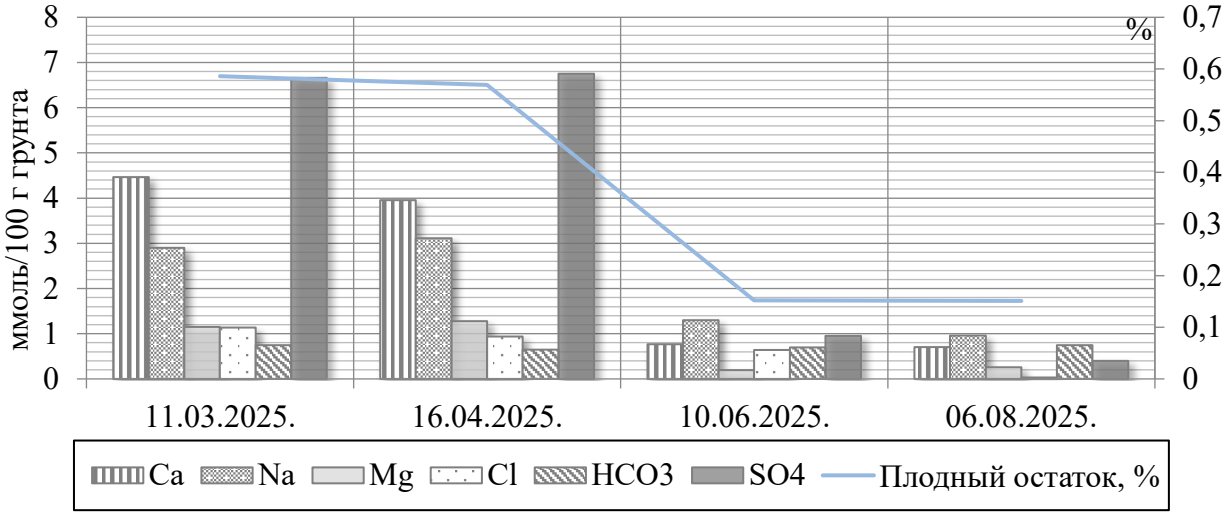


Рис. 3. Содержание солеобразующих ионов в донных отложениях коллектора БГ-МС-6 в пункте наблюдения 3

В донных отложениях пунктов наблюдения максимум солевого состава приходился на начало поливного периода. По мере заполнения коллектора водой наблюдалось значительное понижение содержания ионов кальция, натрия, магния и сульфат-иона, что указывает на присутствие их в составе легкорастворимых форм.

Выщелачивание солеобразующих ионов из донных отложений происходило неравномерно. За время наблюдений содержание кальция уменьшилось в ~15 раз, магния – почти в 9 раз, а натрия – более, чем в 4 раза, в результате чего процентное содержание последнего повысилось в сумме катионов по сравнению с началом поливного периода, что указывает на опасность развития осолонцевания в донных отложениях.

В истоке реки Подпольной солевой состав донных отложений оценивался дважды за период исследований (рисунок 4).

Учитывая, что истоком р. Подпольная является р. Сусат, которая, в свою очередь, проистекает из р. Сал, являясь протокой между нею и р. Дон [4], изменение солевого состава донных отложений в истоке русла приурочено в большей степени к динамике состава вод р. Сусат, в том числе стоку с водосборной площади р. Сал. В апреле, в речных иловых осадках наблюдалось гораздо меньшее содержание кальция, натрия, магния и сульфатов по сравнению с донными отложениями коллектора, а содержание гидрокарбонатов и хлоридов было практически одинаково.

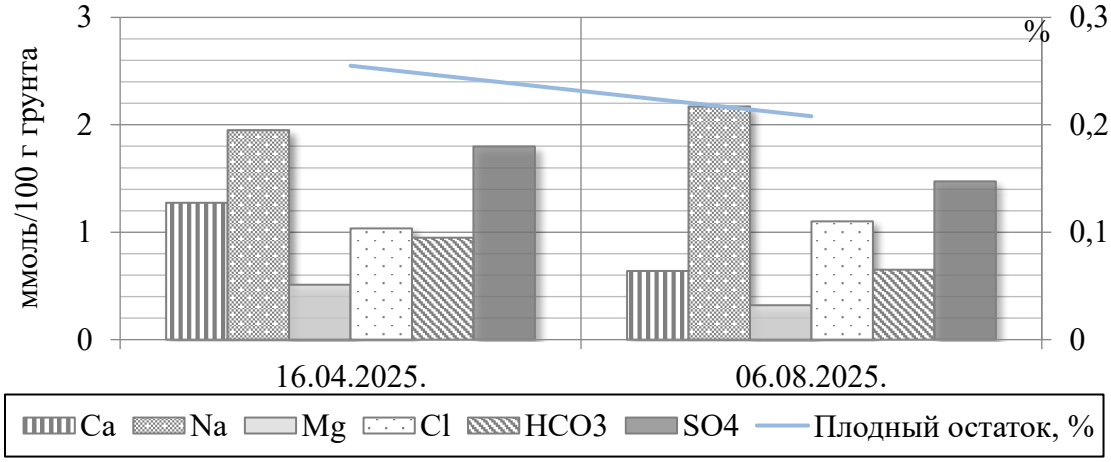


Рис. 4. Содержание солеобразующих ионов в донных отложениях в истоке р. Подпольная

В августе же содержание кальция в речных иловых осадках и в донных отложениях коллектора почти сравнялось. Картина выщелачивания солей из донных отложений реки схожа с ситуацией в коллекторе, однако, следует отметить, что количество натрия и хлоридов увеличилось на фоне общего понижения содержания солей. Возможно, это связано с образованием галита на поверхности грунта высохшего в межень истока реки.

Содержание тяжелых металлов в донных грунтах в истоке реки значительно ниже, чем в коллекторе (рисунки 5–7), что, по нашему мнению, обусловлено условиями ведения растениеводства на фоне внесения минеральных удобрений, что подтверждалось составом питательных веществ в почвах – NPK, отобранных нами в разные периоды наблюдения с сельскохозяйственных полей, находящихся в водосборе коллектора.

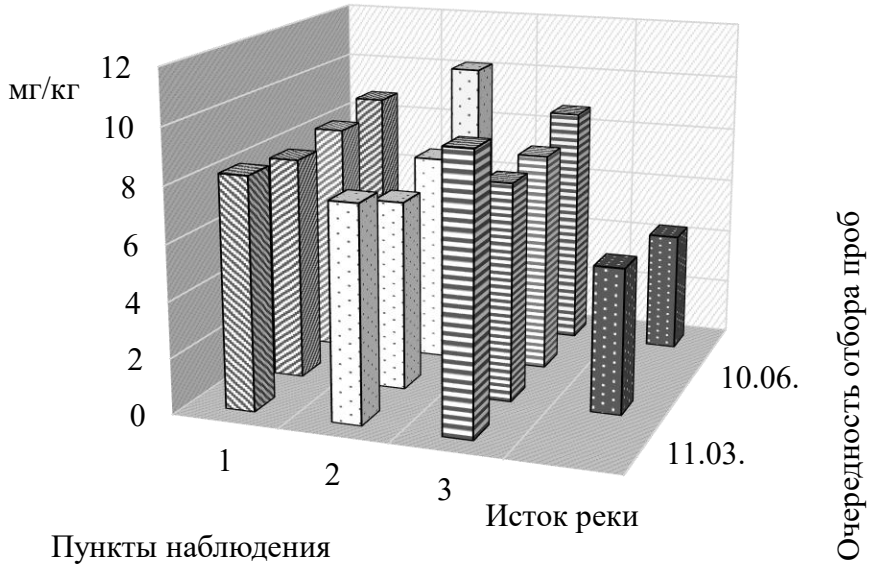


Рис. 5. Изменение содержания кислоторастворимых форм меди в пробах донных грунтов в пунктах наблюдения

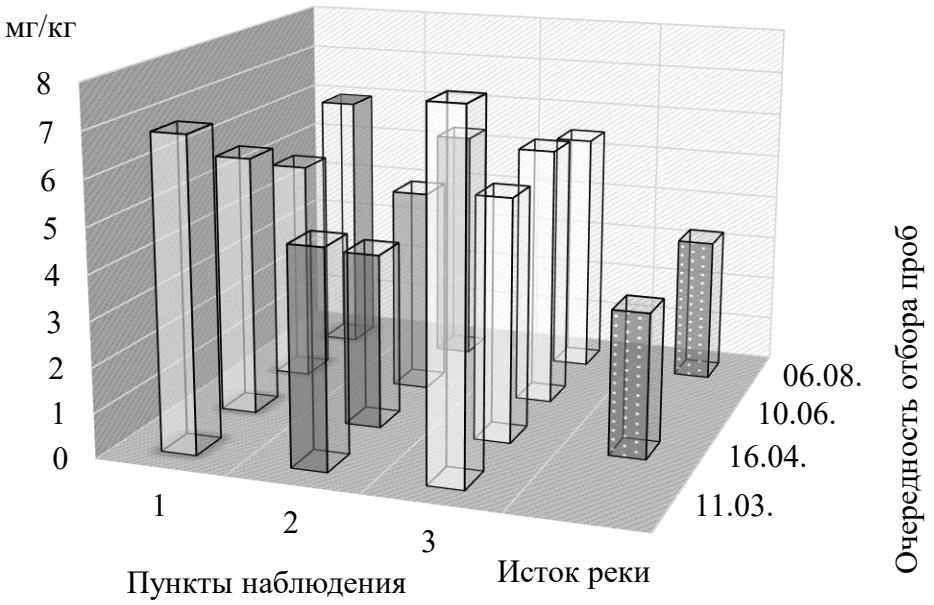


Рис. 6. Изменение содержания кислоторастворимых форм свинца в пробах донных грунтов в пунктах наблюдения

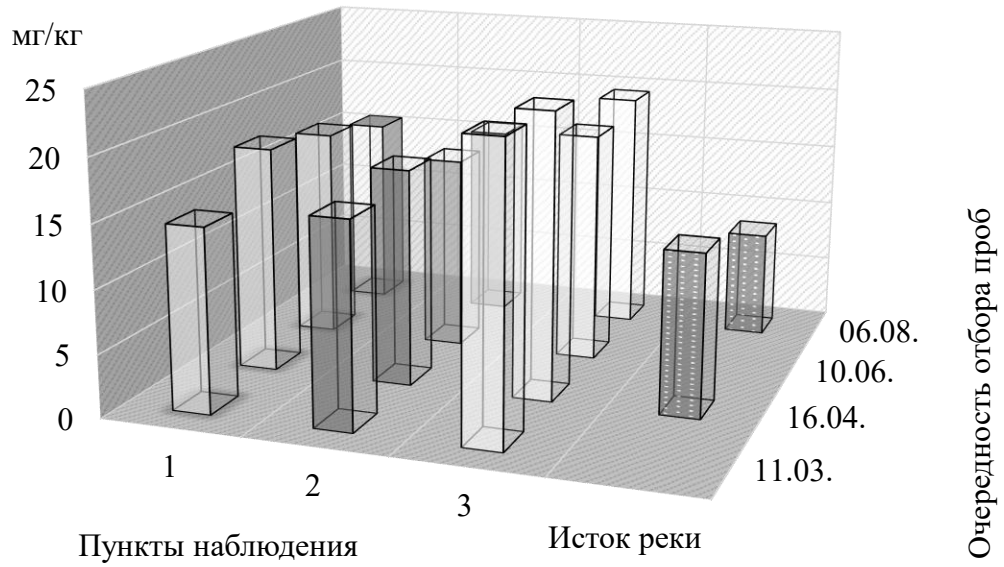


Рис. 7. Изменение содержания кислоторастворимых форм цинка в пробах донных грунтов в пунктах наблюдения

Наибольшее содержание цинка в донных отложениях коллектора отмечается в пункте наблюдения 3, что может указывать на влияние тепличного хозяйства. При этом наивысшее содержание тяжелых металлов в донных отложениях пункта 3 отмечено в весенний период, что дает возможность с достаточной достоверностью утверждать о влиянии на этот факт внесения азотно-фосфорных удобрений при выращивании растений в закрытом грунте [5].

Изменение содержания органического вещества в донных отложениях, а его количество за период наблюдения уменьшилось более чем в два раза

(рисунок 8), указывает на интенсивное вымывание гуминовых соединений, что также может сказываться и на сорбционной емкости грунтов [6].

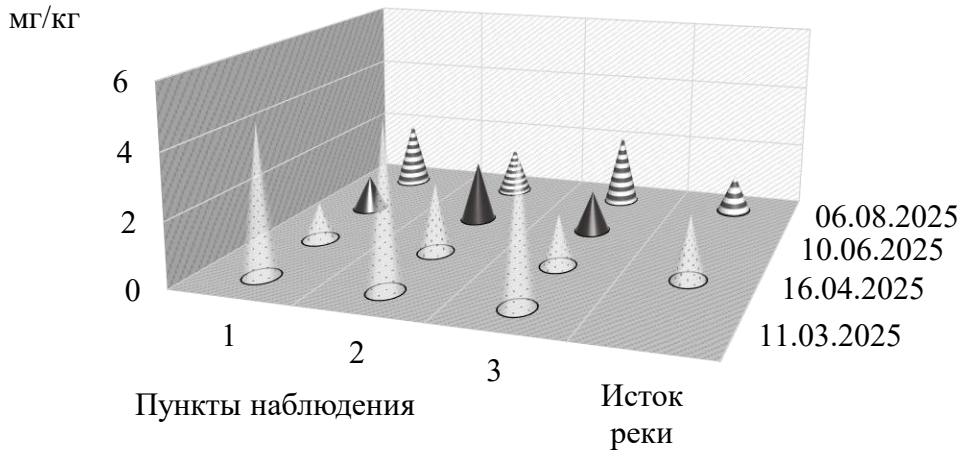


Рис. 8. Изменение содержания органического вещества (гумуса) в донных отложениях (%)

Полученные данные иллюстрируют активное влияние водосбора с сельскохозяйственных полей на состав донных отложений. Следует отметить, что накопление в межполивной период в них загрязняющих веществ может являться впоследствии источником вторичного загрязнения водных объектов.

Литература

1. Линник П. Н. Донные отложения водоемов как потенциальный источник вторичного загрязнения водной среды соединениями тяжелых металлов // Гидробиол. журнал. 1999. Т. 35, № 2. С. 97-109.

2. Диффузное загрязнение водных объектов: проблемы и решения / науч. рук-ль В.И. Данилов-Данильян. М.: РАН, Ин-т водных проблем РАН, 2020. 512 с.

3. Никаноров А. М., Страдомская А. Г. Химический состав органических и минеральных веществ иловых донных отложений незагрязненных водных объектов // Водные ресурсы, 2006, Том 33, № 1, С. 71-77.

4. Манжина С.А. Оценка факторов формирования экологического состояния рек, расположенных в зоне орошаемого земледелия (на примере р. Подпольной) // Орошаемое земледелие. 2025. №2(49). С. 68-76. DOI: 10.35809/2618-8279-2025-2-10.

5. Оценка диффузного загрязнения биогенными веществами с сельскохозяйственных угодий в бассейне реки Яхромы (Московская область) / Л. В. Кирейчева, В. М. Яшин, Е. А. Лентяева, А. Д. Тимошкин // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения: Сборник научных трудов, Нижний Новгород, 08–14 сентября 2019 года. – Нижний Новгород: Студия Ф1, 2019. С. 379-384.

6. Исмагилов З. Р., Смирнов В. Г., Малышенко Н. В., Жеребцов С. И. Сорбция гуминовыми веществами ионов металлов из водных растворов // Химия твердого топлива, № 5, 2023. С. 5–14. DOI: 10.31857/S0023117723050109.

УДК 504.3.054

АНАЛИЗ ПЫЛЕВОЙ БУРИ НА ЮГЕ РОССИИ В 2024 ГОДУ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛИ WRF-CHEM

Матешева А.В., Лысова О.В.

E-mail: lov1998@yandex.ru
Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова, Москва, Россия
ФГАОУ ВО Российский университет транспорта, Москва, Россия

В статье приводится анализ пылевой бури на юге России в сентябре–октябре 2024 года, с использованием региональной химико-транспортной модели WRF-Chem. Получено пространственно-временное распределение минеральной пыли по размерным фракциям, оценены метеорологические условия, способствующие формированию и переносу пыли. Проведено сопоставление результатов моделирования с данными станционного мониторинга и сделаны выводы о достоверности и применимости модели в условиях южных субъектов РФ.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, выбросы, юг России, минеральная пыль.

Пылевые бури привлекают внимание, как климатологов, так и специалистов в области охраны окружающей среды, поскольку они способны существенно изменить структуру приземного слоя атмосферы, влиять на здоровье человека и нарушать транспортные и логистические процессы. В этих условиях, актуальность задач, связанных с численным моделированием поведения загрязняющих веществ в атмосфере, многократно возрастает.

В частности, особую роль начинают играть комплексные химико-транспортные модели, такие как WRF-Chem [1], позволяющие учитывать как метеорологические параметры, так и химическое преобразование, и перенос загрязняющих веществ. WRF-Chem представляет собой комплекс для экологического моделирования атмосферных процессов.

Разработка, адаптация и применение моделей типа WRF-Chem позволяет не только повысить качество научных исследований, направленных на понимание механизмов загрязнения воздуха, но и обеспечить поддержание устойчивой системы принятия решений в области экологической безопасности. В рамках применения данной модели можно выполнять прогностические расчёты, оценивать риски для здоровья населения, прогнозировать развитие и распространение загрязнённых

воздушных масс, а также визуализировать пространственно-временное распределение концентраций загрязняющих веществ с высокой степенью детализации.

В данной работе проведен анализ природно-климатического явления – пылевой бури, произошедшей в сентябре–октябре 2024 г. на юге России. Подобные пыльные бури нехарактерны для территории РФ, особенно для регионов севернее полупустынных зон Средней Азии, что подчёркивает актуальность и научную новизну работы.

Ранее модель WRF-Chem активно применялась для смежных регионов Центральной Евразии – в пустынях Средней Азии, Ирана, Китая [2, 3], однако до настоящего времени не было публикаций об использовании WRF-Chem именно для южных субъектов РФ. Южнороссийские регионы имеют свои особенности ландшафта и климата (степи, агроландшафты, увлажнение со стороны Чёрного и Каспийского морей, частые антициклоны в тёплый период года и пр.), которые влияют на процессы пылеобразования и переноса.

Актуальность исследования обусловлена ещё и тем, что в условиях изменения климата уменьшение степени увлажнения территорий может привести к учащению нетипичных пылевых бурь в будущие десятилетия, и заблаговременное понимание их последствий необходимо для разработки адаптационных мер.

В модели WRF-Chem для описания минеральной пыли используется подход по размерам частиц. Аэрозоль разбит на пять размерных фракций (бинов) с радиусом частиц от порядка 0,1 мкм до более 10 мкм. Например, стандартная конфигурация схемы GOCART подразумевает эффективный радиус частиц 0,5 мкм в самом мелком бине DUST_1 и 8 мкм в крупнейшем бине DUST_5, что охватывает диапазон диаметров частиц от порядка <1 мкм до 16 мкм [1]. Выходные переменные WRF-Chem DUST_1…DUST_5 соответствуют именно таким массовым концентрациям пыли по бинам. Для интерпретации результатов моделирования в привычных санитарно-гигиенических показателях эти удельные концентрации переводятся в объёмные концентрации (мг/м^3) посредством умножения на плотность воздуха.

Горизонтальное разрешение составляет порядка 10 км, размер расчетной сетки: 350 × 300 точек. В качестве метеорологических начальных и граничных условий использованы данные реанализа Европейского центра среднесрочных прогнозов (ECMWF) [4] с временным разрешением 6 ч (00:00, 06:00, 12:00, 18:00 UTC).

Всё содержание минеральной пыли в атмосфере в рамках симуляции формировалось на основе заданных полей выбросов из базы данных MERRA-2 [5].

Ниже представлен анализ динамики приземной концентрации пыли (на высоте 2 м) по результатам численного эксперимента, с разделением аэрозоля по размерным фракциям DUST_1–DUST_5.

27 сентября в 00:00–12:00 выбросы пыли только начинаются, локальные пылевые потоки отмечаются в Прикаспийской низменности и на граничных территориях Казахстана и Туркменистана (рисунок 1).

29 сентября характеризуется дальнейшим усилением загрязнения. Над югом России наблюдались сильные приземные ветры восточных направлений, транспортирующие пыль на запад. На рисунке 1 показан рост концентраций DUST_2–DUST_5 в восточной части облака (граница Ростовской области и востока Украины): отдельные значения концентрации пыли составляли 300–400 мг/м³. Такой рост связан с переносом ранее пыли и одновременным поступлением новой пыли из очагов в Калмыкии и на Волге.

По результатам моделирования (рисунок 1) 30 сентября 2024 г. произошло максимальное увеличение пылевой бури. В этот день пылевое облако достигло наибольших размеров. В центре шлейфа продолжаются максимальные значения крупнодисперсных концентраций, однако усиливается роль мелкодисперсных фракций. После полудня перенос пылевого шлейфа начинает смещаться к северо-западу. Область загрязнения по-прежнему большая, но концентрации постепенно снижаются из-за сохраняющийся ветра (юго-восточного направления), который продолжает перемещать пыль и его скорость начинает немного ослабевать к вечеру. Крупнодисперсные частицы по-прежнему вносят основной вклад, однако, их доля постепенно падает.

На рисунке 1 отображено постепенное рассеивание и осаждение пыли, начиная с 1 октября. Это объясняется двумя факторами: (1) истощение источников – сильные ветры стихли, и новая пыль почти не поступает; (2) физическое осаждение пыли – тяжелые частицы осаждаются под действием гравитации, мелкие и средние – постепенно разносятся с более чистым воздухом, часть вымывается выпадающими осадками. Модель показывает, что 1 октября остаточное пылевое облако все еще прослеживается, но оно перестало быть плотным.

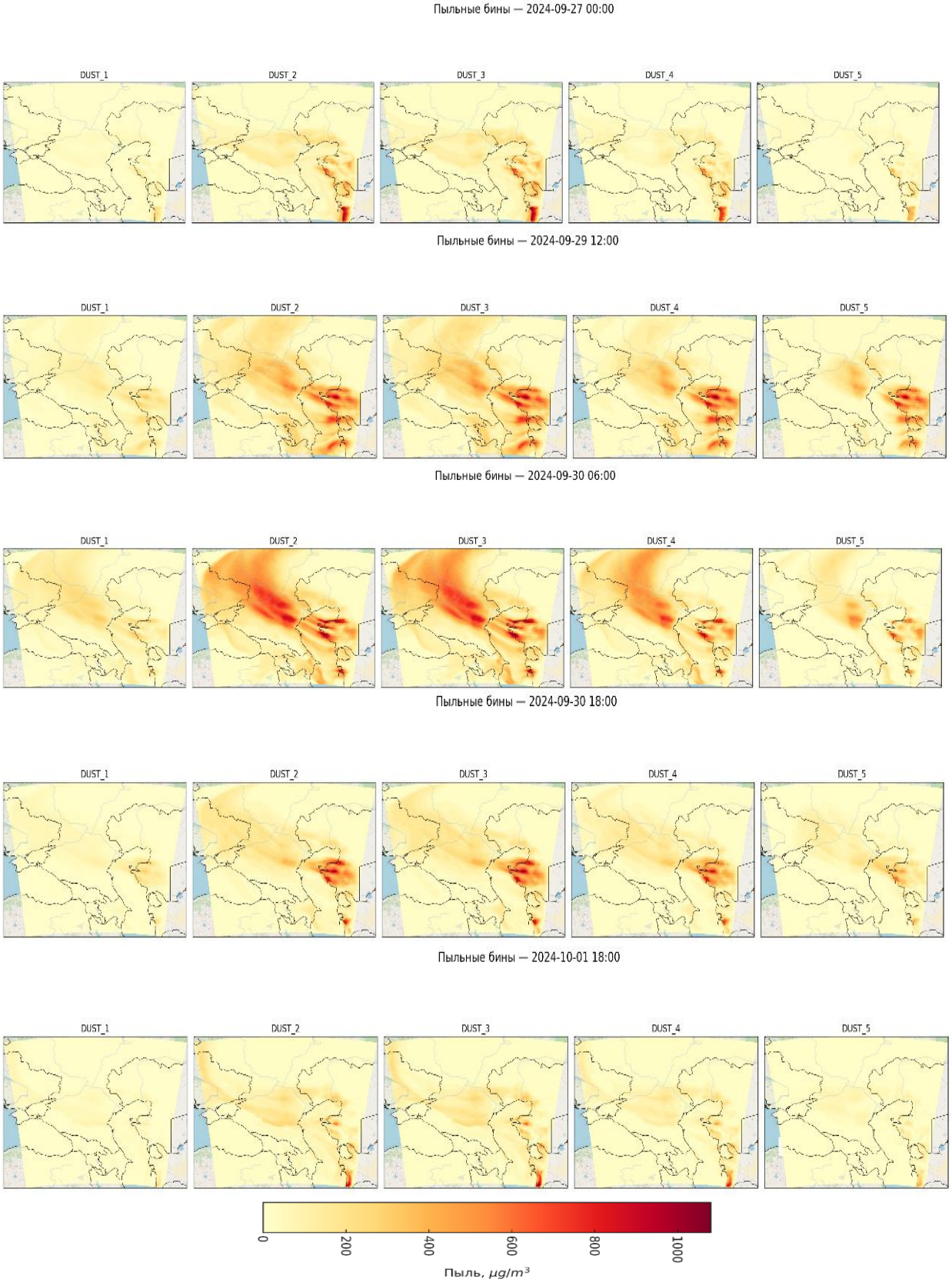


Рис. 1. Пространственно-временная динамика концентраций пылевых частиц различных размерных фракций (DUST_1–DUST_5) по данным модели WRF-Chem с 27 сентября по 1 октября 2024

Таким образом, длительность эпизода составила около 5 суток, из которых сутки (27 сентября) пришлось на фазу формирования пылевой бури, 3 суток пришлись на фазу активного загрязнения (28–30 сентября) и сутки – на спад (1 октября).

Полученные данные были сопоставлены с результатами наблюдений на региональных постах мониторинга [6]. Определены уровни расхождений, выявлены ключевые причины отклонений результатов – как методологические, так и связанные с неопределённостью станционных данных. На основании анализа сделаны выводы о применимости модели WRF-Chem в условиях пылевой бури.

Результаты исследования подтверждают перспективность использования модели WRF-Chem для оценки пространственно-временного распределения загрязняющих веществ в атмосфере при экстремальных метеорологических условиях. Проведённое моделирование может быть положено в основу для последующих исследований в области экологического мониторинга, оценки риска и разработки сценариев адаптации к климатическим и техногенным вызовам.

Литература

1. WRF Physics Reference Guide. WRF Users Page: [Электронный ресурс]. – https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/phys_references.html (дата обращения: 10.04.2025).

2. Kumar R., Barth M. C., Pfister G. G., Naja M., Brasseur G. P. WRF-Chem simulations of a typical pre-monsoon dust storm in northern India: influences on aerosol optical properties and radiation budget // Atmospheric Chemistry and Physics. – 2014. – Vol. 14. – № 5. – Pp. 2431-2446.

3. Yuan T., Chen S., Huang J., Zhang X., Luo Y., Ma X., Zhang G. Sensitivity of simulating a dust storm over Central Asia to different dust schemes using the WRF-Chem model /// Atmospheric Environment. – 2019. – Vol. 207. – Pages 16-29.

4. Официальный сайт данных реанализа Европейского центра среднесрочных прогнозов (ECMWF): [Электронный ресурс]. – https://www.ecmwf.int/.

5. Официальный сайт данных реанализа NASA GMAO: Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2): [Электронный ресурс]. – https://gmao.gsfc.nasa.gov/gmao-products/merra-2/data-access_merra-2/.

6. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2024 год. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ): [Электронный ресурс]. – https://www.meteorf.gov.ru/upload/iblock/88f/%D0%9E%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80%20%D0%B7%D0%B0%202024%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4_300625.pdf.

УДК 504.064.36

ОЦЕНКА ЗАСОЛЕНИЯ И РН ТРАНЗИТОРНЫХ ДЕПОНИРУЮЩИХ СРЕД УРБОГЕОСИСТЕМЫ БЕЛГОРОДА

Морабандза К-Б., Мбонги Монджо И.А.

E-mail: morabandza@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В статье представлены результаты исследований засоления и pH снежного покрова и городского смёта г. Белгорода, обусловленных выпадением из атмосферы пыли и накоплением водорастворимых веществ в связи с широким применением в зимний период противогололедных реагентов. Было установлено, что максимальная величина pH в смёте Белгорода 10,9 характерна для Центрального района, а в снеге 7,1 – в Западном. Анализ состава растворимых солей позволил выявить 2 типа засоления: сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатное и сульфатно-содовое. Центральной район характеризуется наибольшим засолением Наиболее благополучным можно считать Западный район. Материалы исследований представлены в виде карты-схемы, что позволяет наглядно определить очаги засоления городской среды.

Ключевые слова: транзиторные депонирующие среды, засоление почв, городской смёт, противогололедные снежный покров

Изучение состояния транзиторных (недолго существующих) депонирующих сред дает ответ на вопрос о степени воздействия техногенных объектов на элементы природного комплекса за определенные периоды времени. Негативные воздействия на территории города происходят от выбросов предприятий и транспорта, а также накопления содержания солей при использовании дорожных реагентов в снежном покрове.

Обычно, в крупных городах используют противогололедные реагенты для обработки дорог зимой, что приводит к процессам засоления городских депонирующих сред: снежного покрова, смёта, городских почв. Эти реагенты играют важную роль в обеспечении безопасности движения, одновременно вызывая существенные негативные воздействия на природную среду и инфраструктуру города. В городе Белгороде существует порядок организации работ по поддержанию в надлежащем санитарно-техническом состоянии дорог в зимний период, где предусмотрено использование противогололедных реагентов. По определению, противогололедные реагенты (ПГР) рассматривается как твердые сыпучие, твердые смоченные соли или растворы, которые, взаимодействуя со снежно-ледяными отложениями, обеспечивают их плавление с образованием водных растворов солей, имеющих температуру замерзания ниже 0 °C [2]. После применения ПГР, первая среда, в которую

поступают эти соли – это снежный покров, далее они накапливаются в городской пыли и смёте.

В качестве объектов мониторинга городской среды выбрали снежный покров для определения типов засоления и городской смет – для определения его степени. Отбор проб проводился на территории города Белгорода с учетом функционального деления: промышленные зоны (включая транспортные территории), жилые зоны и зоны зеленых насаждений. С целью изучения типов и степени засоления городской среды отбор проб проводился для снежного покрова – зимой, а городской смёт –весной. Всего было отобрано с территории города 33 снежных образца и 100 образцов смёта.

Методика исследования для снежного покрова включала определение содержания карбонат-иона (CO_3^{2-}), гидрокарбонат-иона (HCO_3^-), сульфата (SO_4^{2-}) и хлорида (Cl^-) комплексонометрическим методом. Сухой остаток водной вытяжки из смёта определяли гравиметрическим методом.

Обработка полученных данных производилась методами описательной статистики. С применяем ГИС-технологии мы разработали карту-схему засоления депонирующих сред г. Белгорода с помощью программного обеспечения MapInfo. Тип засоления по ионному составу определялся в талой воде, а степень засоления оценена по величине сухого остатка городского смёта.

Для того чтобы эффективно проводить мониторинг городской среды Белгорода, мы учитывали его административное деление. С учётом сложившейся сети основных линий железных дорог и долины реки Северский Донец территориальным планированием Белгорода выделено 4 планировочных района: Центральный, Западный, Южный и Восточный. Отметим что, в центральном районе расположена густая дорожная сеть и часть промышленных предприятий – таких, как цементный завод, а в западной и восточной частях города расположены промышленные предприятия и коммунально-складские организации, поэтому их условно назовём Западной и Восточной промышленными зонами.

Статистические результаты исследования представлены в ниже в таблице.

Анализ данных представлен по районам. Центральный район имеет величину pH в снежном покрове с вариацией от 5,14 (северная промышленная зона) до 6,88 (в центре города, ближе к автодороге), это характерно для слабокислой среды. Для городского смета, минимальные значения наблюдаем в жилом районе на улице Николая Чумичова 7,52 (слабощелочная среда) и максимальная величина 10,87 в районе цементного завода, это сильнощелочная среда. Итак, состояние кислотности среды Центрального района характеризуется нейтральной 6,88 в центре ближе к автодороге и сильнощелочной 10,872 в районе цементного завода.

Таблица

Статистические данных величин pH, содержания ионов и сухого остатка (СО) в депонирующих средах

Показатели	Городской смёт		Снежный покров				
	pH	СО, %	pH	CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
				мг/л			
	Центральный район						
мин	7,52	0,08	5,14	0,54	1,24	0,39	0,06
макс	10,87	3,90	6,88	6,12	9,64	1,78	2,16
среднее	8,62	1,03	6,24	2,48	2,08	0,87	0,27
	Западный район						
мин	-	-	4,21	1,68	1,40	0,67	0,10
макс	-	-	7,11	5,86	1,88	1,72	0,22
среднее	-	-	6,03	2,95	1,55	0,99	0,14
	Южный район						
мин	7,60	0,08	6,16	2,96	1,28	0,99	0,07
макс	9,33	1,76	6,98	3,28	1,52	1,07	0,13
среднее	8,35	0,87	6,68	3,1	1,43	1,03	0,11
	Восточный район						
мин	7,61	0,04	-	-	-	-	-
макс	9,40	1,90	-	-	-	-	-
среднее	8,54	1,06	-	-	-	-	-

Результаты анализа данной территории по показателям ионов и сухого остатка свидетельствуют, что максимальные содержания ионов гидрокарбоната (9,12 мг/л) и хлорида (2,16 мг/л), а также наличие сульфатов (1,42 мг/л) наблюдаем в северной промышленной зоне, их ассоциации образуют тип засоления сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатное, а районе аэропорта наблюдаем высокие концентрации карбонат-иона (6,12 мг/л) и сульфатов (1,78 мг/л), это сульфатно-содовое засоление. По результатам анализа содержания сухого остатка, максимальная доля (3,9 %) установлена в районе цементного завода. Это очень высокий уровень засоления. В итоге, мониторинг засоления депонирующих сред в Центральном районе показал, что с сильнощелочной средой на территории наблюдали 2 типы засоления: сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатное и сульфатно-содовое (см. рис.) с высокой степенью засоления.

В Западном районе анализ проб снежного покрова показывает, что максимальная величина pH – 7,11, это нейтральная среда, а минимальная 4,211 на границе с Южным районом, относиться к сильнокислой. По результатам определения ионов, обнаружено 2 типа засоления: содовое и хлоридно-сульфатное.

Южный район: наблюдаем среднее значение кислотности 6,68 с максимальном 6,98 в районе котельной «Южной», это слабокислая, близкая к нейтральной, среда. Уставили по ионам 2 типа засоления: содовое и

хлоридно-сульфатное и сильное засоление (СО 1,76 %), максимальная величина pH 9,33 для городского смёта.

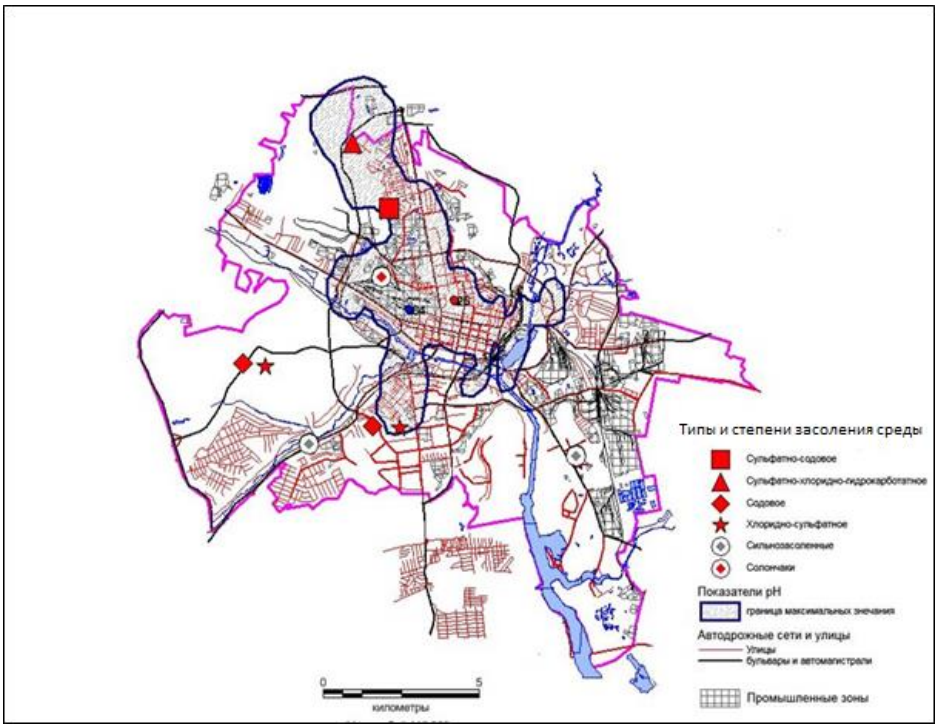


Рис. Карта-схема засоления городского смета и снежного покрова г. Белгорода

Статистические результаты восточной части города показывают, что максимальная величина pH восточного района равна 9,40 при средней 8,54, т.е. представляет щелочную среду. Сухой остаток 1,9 % – это показатель сильного засоления.

Представление материалов исследований в виде карты-схемы позволяет выделить ареал щелочной среды и границы засоления депонирующих сред с его типами и степенью для оценки эколого-геохимических особенностей окружающей среды г. Белгорода. Как видно на карте, щелочная среда представлена в Центральной части города и захватывает южную и западную где расположены котельная «Южная» и ООО «Стройматериалы».

Центральной район характеризуется наибольшим засолением. Юго-западный, Южный и Восточный также сильнозасоленные. Самым благополучным можно считать Западный район.

Литература

1. Уваров Г.И., Голеусов П.В. Практикум по почвоведению с основами бонитировки почв. – Белгород: Изд-во Белгор. гос. ун-та, 2004. –90 с.

2. Хомяков Д.М, Данилов В.П. Инновационные подходы к оценке противогололедных реагентов // Материалы с заданными свойствами на переходе к новому технологическому укладу: химические технологии: сб. материалов I научно-технической конф. – Москва: (НИЦ«Курчатовский институт» - ИРЕА) , 2018. – С. 31.

УДК 572.022+504.75.05(597)

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЖИВОТНОПРОИЗВОДСТВА НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ВЬЕТНАМА КАК АСПЕКТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Нгуен Ч.Х.[1,2], Куролап С.А.[2]

E-mail: hieugeo@mail.ru , skurolap@mail.ru
Научный руководитель: Куролап С.А.
Д.г.н., проф., декан факультета Географии Геоэкологии и Туризма,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
[1]Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, г. Ханой, Вьетнам.
[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия

Статья посвящена анализу динамики животнопроизводства на территории северо-восточного Вьетнама (СВВ) как аспекта оценки рисков зоонозных заболеваний и экологических последствий. Исследование охватывает провинции Куангнинь, Хайфон, Хайзыонг, Бакнинь, Бакжанг и Лангшон. На основе 10-летних данных (2012–2022 гг.) выявлены тенденции в животноводстве, включая рост числа ферм, увеличение поголовья свиней и птицы, а также снижение численности крупного рогатого скота. Интенсификация сельского хозяйства создает риски распространения зоонозов, таких как птичий грипп и африканская чума свиней, а также усиливает экологическое давление. Предложены меры по снижению рисков, включая улучшение биобезопасности, внедрение устойчивых методов ведения сельского хозяйства и создание систем мониторинга заболеваний.

Ключевые слова: северо-восточный Вьетнам, животнопроизводство, зоонозные заболевания, численность крупного рогатого скота, численность свиней, численность птицы.

Сельскохозяйственное производство играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и экономическом развитии, однако его интенсификация и трансформация ландшафтов нередко сопровождаются экологическими рисками и ростом угрозы зоонозных заболеваний [2]. В условиях глобализации и климатических изменений эти проблемы приобретают особую актуальность, требуя комплексного анализа взаимосвязей между сельскохозяйственным производством, экосистемным здоровьем и эпидемиологическими рисками. В рамках данной статьи для анализа динамики животнопроизводства как аспект оценки риска зоонозных заболеваний выбрана территория северо-восточного Вьетнама (СВВ), включающая провинции Куангнинь, Хайфон,

Хайзыонг, Бакнинь, Бакжанг и Лангшон (рис. 1). Выбор этих провинций обусловлен их географической, экономической и экологической неоднородностью [1].

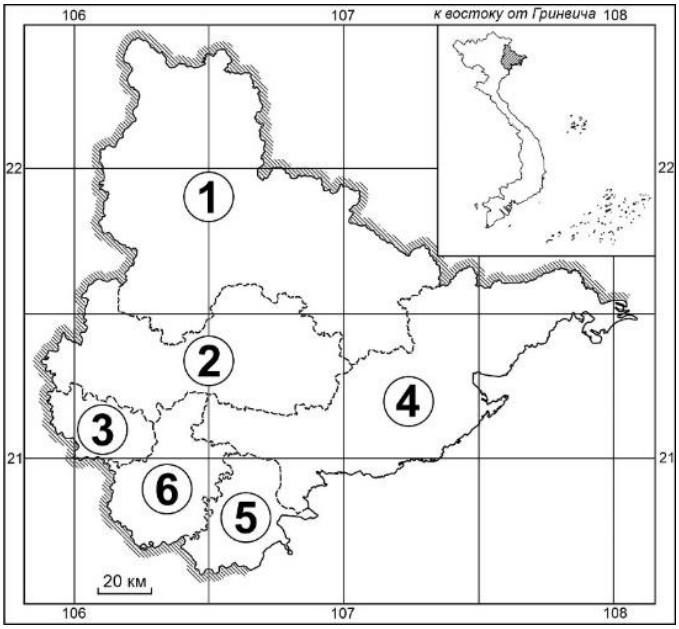


Рис. 1. Карта исследуемой территории северо-восточного Вьетнама
Провинции: 1 – Лангшон; 2 – Бакжанг; 3 – Бакнинь; 4 – Куангнинь; 5 – Хайфон; 6 – Хайзыонг

Например, Куангнинь и Лангшон, граничащие с Китаем, отличаются активной трансграничной торговлей и специфическими агроэкосистемами, что повышает риски заноса патогенов. Хайфон, как крупный портовый центр, сочетает урбанизацию с сельскохозяйственными зонами, возможно создавая «горячие точки» антропогенного воздействия. Бакжанг, Бакнинь и Хайзыонг с их развитым сельскохозяйственного производства, демонстрируют последствия интенсификации сельского хозяйства для окружающей среды. Исследование динамики животнопроизводства данной территории позволит выявить возможные риски на распространение зоонозов и деградацию экосистем, а также разработать адаптивные стратегии для снижения рисков. Данная работа была проведена на основе 10-летних статистических данных, полученных от государственных органов управления Вьетнама (с 2012–2022 гг.) [3-14].

За рассматриваемый период наблюдено увеличение количества ферм в большинстве провинций. Например, в провинции Бак Жанг число ферм выросло с 256 в 2012 году до 523 в 2022 году. Аналогичная тенденция наблюдается и в других регионах, таких как Хай Фон и Хай Зыонг. Этот рост можно объяснить стремлением удовлетворить растущий спрос на продукты питания в условиях быстрого роста населения и урбанизации.

Однако интенсификация сельского хозяйства имеет свои негативные последствия. Увеличение плотности животных на ограниченной территории создает идеальные условия для распространения инфекционных заболеваний. Провинции с высокой концентрацией ферм, такие как Бак Жанг и Хай Зыонг, особенно подвержены риску вспышек зоонозных болезней, таких как птичий грипп или ящур. Кроме того, большое количество животных на одной территории приводит к загрязнению почвы и воды продуктами жизнедеятельности, что усиливает экологическое давление.

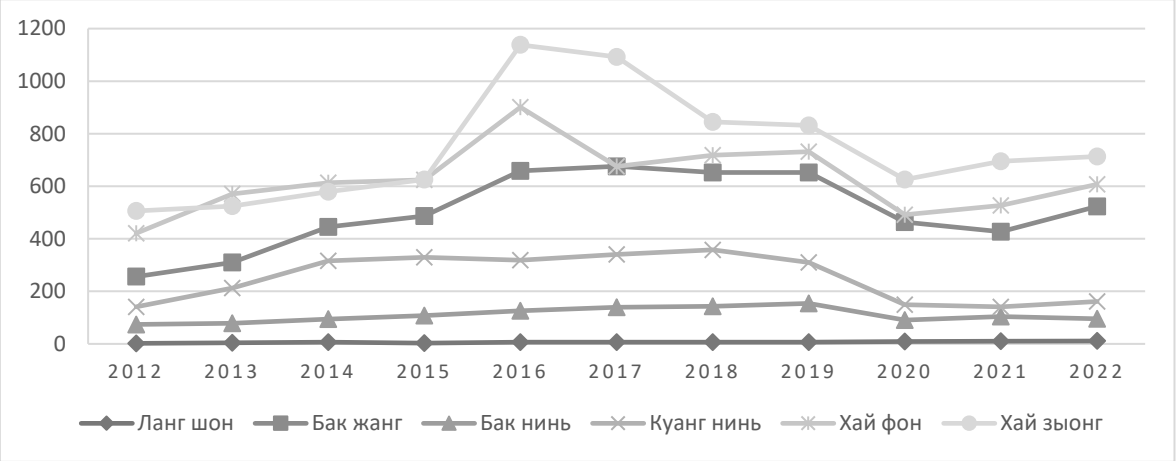


Рис. 2. Количество ферм в 6 провинциях СВВ с 2012-2022 гг.

Данные о численности буйволов и коров демонстрируют общее снижение поголовья во всех провинциях. Например, в Ланг Шоне количество буйволов уменьшилось с 122,7 тысяч голов в 2012 году до 67,3 тысяч в 2022 году. Подобная тенденция наблюдается и в других регионах (рис. 3). Это может быть связано с переходом на более интенсивные методы сельского хозяйства, где используются механизированные средства вместо традиционных животных для выполнения сельскохозяйственных работ. Снижение численности крупного рогатого скота может снизить риск передачи некоторых зоонозных заболеваний, таких как бруцеллез. Однако это компенсируется ростом численности свиней и птицы, которые являются основными переносчиками других опасных инфекций.

Свиньи являются источником множества зоонозных инфекций, включая сальмонеллёз (тиф), кампилобактериоз, бруцеллёз, чуму (Yersinia enterocolitica), лептоспироз, трихинеллёз (Trichinella spiralis), фасциолопсидоз (Fasciolopsis buski), цестодозы и гельминтозы (Taenia solium), стрептококкоз свиней и гепатит Е [2]. Свиньи также служат резервуаром для размножения вирусов японского энцефалита и Нипах. Они могут быть инфицированы вирусами гриппа, которые затем

передаются птицам и часто заражают людей. Таким образом, свиньи могут выступать «смешивающей средой» для рекомбинации вирусов человеческого и птичьего происхождения в новые штаммы гриппа [2].

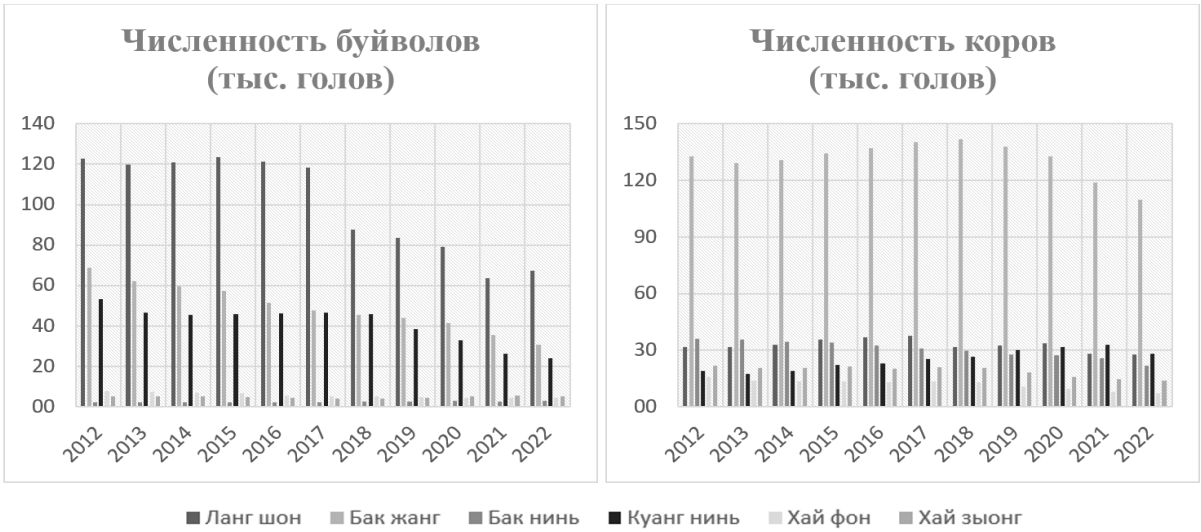


Рис. 3. Численность крупного рогатого скота в 6 провинциях северо-восточного Вьетнама с 2012-2022 гг.

Численность свиней в 6 исследуемых провинциях демонстрирует значительные колебания, особенно в последние годы (рис. 4). Например, в провинции Лангшон количество свиней резко сократилось с 307,9 тысяч в 2016 году до 89 тысяч в 2019 году, что, вероятно, связано с эпидемией африканской чумы свиней (АЧС). АЧС – это классический пример зоонозного заболевания, которое оказывает разрушительное воздействие на сельское хозяйство и экономику регионов.

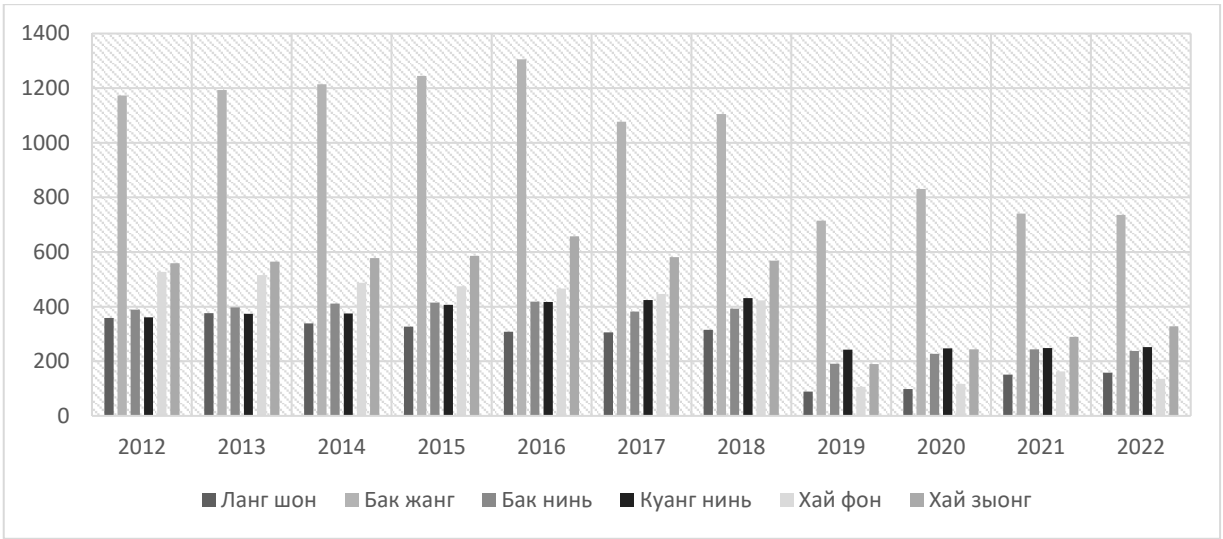


Рис. 4. Численность свиней в 6 провинциях СВВ с 2012-2022 гг.

Число птиц в провинциях стабильно растет (рис. 5). Например, в Бак Жанге количество птицы увеличилось с 15 596 тысяч в 2012 году до 19 751,7 тысяч в 2022 году. Это может быть связано с растущим спросом на мясо птицы как более доступный источник белка. Однако высокая плотность птицы на фермах создает благоприятные условия для распространения таких заболеваний, как птичий грипп, который представляет серьезную угрозу для здоровья человека.

Интенсификация животноводства оказывает значительное влияние на окружающую среду. Во-первых, большое количество животных приводит к увеличению выбросов парниковых газов, таких как метан и закись азота, что способствует изменению климата. Во-вторых, неправильная утилизация отходов животноводства загрязняет почву и водоемы, что негативно сказывается на биоразнообразии [15]. Зоонозные заболевания, такие как птичий грипп, африканская чума свиней и бруцеллез, представляют собой одну из главных угроз для здоровья населения. Интенсификация сельского хозяйства увеличивает риск передачи этих заболеваний от животных к человеку. Основные факторы риска включают высокую плотность животных на фермах, недостаточную биобезопасность на мелких фермах, отсутствие эффективных систем мониторинга и контроля [15].

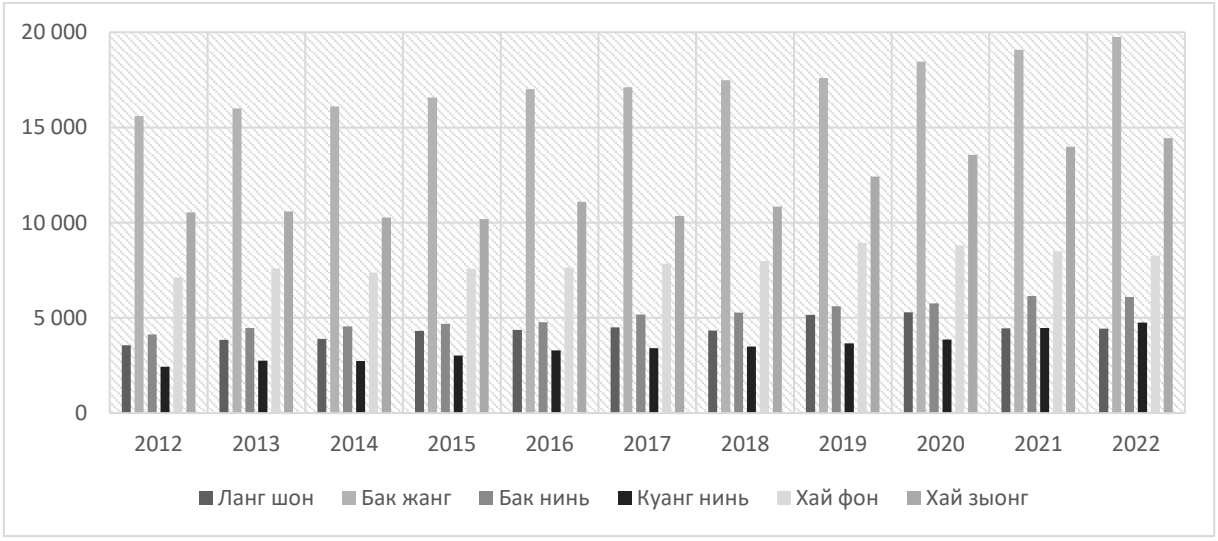


Рис. 5. Численность птиц в 6 провинциях СВВ с 2012-2022 гг.

Для минимизации рисков, связанных с зоонозными заболеваниями и экологическими последствиями интенсификации сельского хозяйства, необходимо принять комплексные меры как улучшение биобезопасности на фермах (ведрение строгих мер контроля за состоянием здоровья животных, включая регулярные проверки

и вакцинацию), развитие экологически устойчивых методов ведения сельского хозяйства (использование технологий, снижающих воздействие на окружающую среду, таких как биогазовые установки для переработки отходов), мониторинг и прогнозирование заболеваний (создание системы раннего предупреждения о возможных вспышках зоонозных заболеваний), обучение фермеров (повышение осведомленности о важности соблюдения санитарных норм и экологических стандартов).

Литература

1. Страны и народы. Научн.-попул. Геогр.-этногр. Изд. В 20-ти т. Зарубежная Азия. Юго-Восточная Азия / Редкол. П.И. Пусков (отв. Ред.) и др. – М.: Мысль, 1979. – 301 с.

2. Н.В. Бинь, Н.Т. Хьен и др. Атлас инфекционных заболеваний во Вьетнаме в период 2000-2011 гг. – Ханой: Национальный институт гигиены и эпидемиологии, 2014.

3. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2012. – Ханой: Статистическое издательство, 2013. – 900 с.

4. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2013. – Ханой: Статистическое издательство, 2014. – 900 с.

5. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2014. – Ханой: Статистическое издательство, 2015. – 940 с.

6. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2015. – Ханой: Статистическое издательство, 2016. – 948 с.

7. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2016. – Ханой: Статистическое издательство, 2017. – 948 с.

8. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2017. – Ханой: Статистическое издательство, 2018. – 1000 с.

9. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2018. – Ханой: Статистическое издательство, 2018. – 1024 с.

10. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2019. – Ханой: Статистическое издательство, 2019. – 1036 с.

11. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2020. – Ханой: Статистическое издательство, 2021. – 1056 с.

12. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2021. – Ханой: Статистическое издательство, 2022. – 1056 с.

13. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2022. – Ханой: Статистическое издательство, 2023. – 1268 с.

14. Генеральное статистическое управление Вьетнама. Статистический ежегодник 2023. – Ханой: Статистическое издательство, 2024. – 1264 с.

15. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Вьетнама. Отчёт о состоянии окружающей среды во Вьетнаме за период 2016-2020. – Ханой: изд. Зан Чи, 2021. – 168 с.

УДК 528.8:556.5

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА МУТНОСТИ ВОДЫ БЕЛГОРОДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Полетаев А.О.

E-mail: poletaev@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В статье приводятся результаты исследования мутности воды в Белгородском водохранилище в апреле-октябре 2024 г. и апреле-июне 2025 г. на основании пространственно-временной динамики нормализованного разностного индекса мутности (*NDTI*), рассчитанного по данным ДЗЗ.

Ключевые слова: Белгородское водохранилище, нормализованный разностный индекс мутности, NDTI, мутность воды, спутниковый мониторинг мутности воды

Для комплексной оценки экологического состояния водохранилищ наряду с использованием данных полевых наблюдений актуальным является осуществление спутникового мониторинга, преимущество которого заключается в широком территориальном обхвате и оперативности получения информации. Цель данного исследования заключалась в изучении пространственно-временной динамики мутности воды Белгородского водохранилища с использованием спутниковых снимков.

В ходе исследования был проведен анализ изменения нормализованного разностного индекса мутности (*Normalized Difference Turbidity Index, NDTI*), рассчитанного по спутниковым снимкам *Landsat 8-9 OLI/TIRS Collection 2 Level-2* на территории Белгородского водохранилища в апреле-октябре 2024 г. и апреле-июне 2025 г. Использование индекса *NDTI* позволяет провести количественную оценку [Moore, 2009] и прогноз [Lacaux et al., 2007] мутности воды. Индекс *NDTI* рассчитывается с использованием красного и зеленого спектральных диапазонов. При этом чистая вода обладает более высокой отражательной способностью в зеленом диапазоне по сравнению с красным, но по мере увеличения мутности воды также увеличивается и отражательная способность красного диапазона [Garg et al., 2020]. Значения *NDTI* находятся в диапазоне от −1 до 1, где положительные значения указывают на более высокую мутность, а отрицательные – на более низкую.

Для расчета индекса *NDTI* были отобраны и загружены с сайта Геологической службы США (https://earthexplorer.usgs.gov/) спутниковые снимки *Landsat 8-9*, на которых отсутствовала облачность над поверхностью Белгородского водохранилища на следующие даты: 10.04.2024, 04.05.2024, 27.05.2024, 29.06.2024, 15.07.2024, 16.09.2024, 11.10.2024, 29.04.2025, 30.05.2025, 07.06.2025. Вычисление растров *NDTI* проведено с использованием калькулятора растров в ПО *ArcGIS 10.5* по следующей формуле:

$$\mathrm{NDTI} = \frac{(\mathrm{Band\ 4} - \mathrm{Band\ 3})}{(\mathrm{Band\ 4} + \mathrm{Band\ 3})}, \quad (1)$$

где *Band 4* – красный спектральный диапазон, *Band 3* – зеленый спектральный диапазон для спутниковых снимков *Landsat 8-9* [Singh et al., 2024].

Значения растров *NDTI* были классифицированы, и в результате было выделено 7 классов с градацией от -0,5 до 0,2 с интервалом 0,1, где наименьшая мутность соответствует значению -0,5, а наибольшая – значению 0,2. Данные растры представлены на рис. 1.

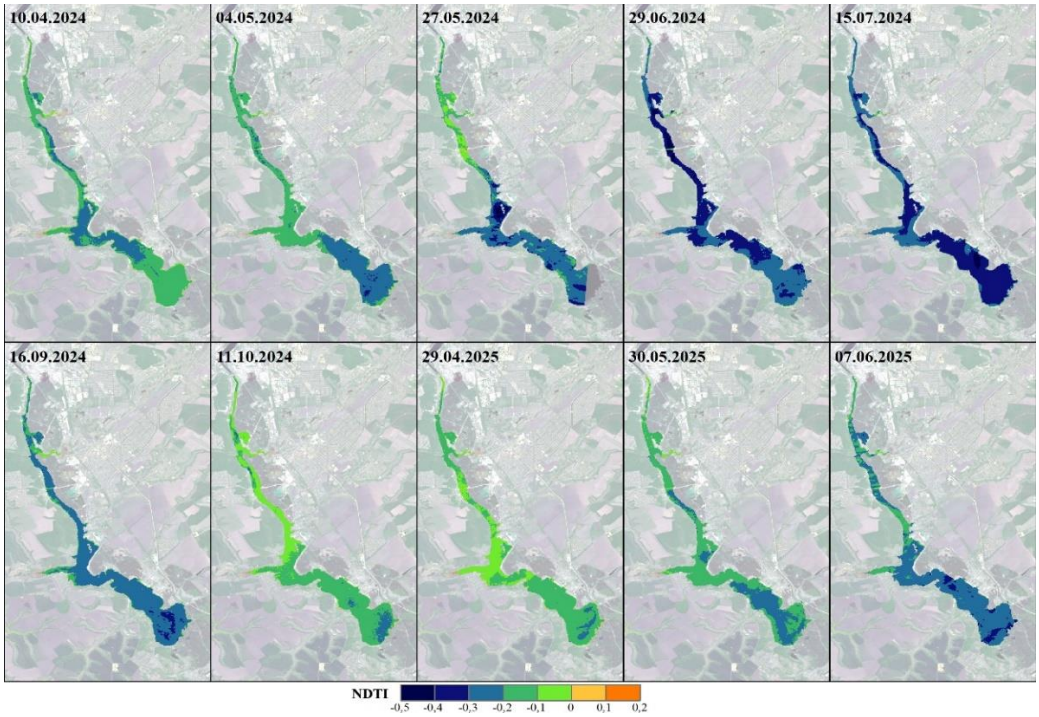


Рис. 1. Динамика индекса *NDTI* на Белгородском водохранилище в апреле-октябре 2024 г. и апреле-июне 2025 г.

Были посчитаны площади для всех классов на определенные даты, и выявлено их процентное соотношение (рис. 2).

На основании данных 2024 г. выявлено, что наименьшая мутность воды в Белгородском водохранилище характерна для июня и июля – значению индекса *NDTI* -0,4…-0,3 соответствует 44-62 % площади водохранилища, а для июня (на дату 29.06.2024) значение индекса *NDTI* -0,4…-0,3 соответствует 3,5 % площади водохранилища (максимальная площадь для данного диапазона значений за рассматриваемый период). Это связано с температурной стратификацией, так как при прогреве поверхностных слоев воды теплая вода с меньшей плотностью располагается в поверхностном слое, что ограничивает перемешивание и способствует осаждению взвешенных частиц. В осенний период мутность воды повышается – особенно заметна разница между 16.09.2024 и 11.10.2024: если в сентябре значение индекса *NDTI* -0,4…-0,3 характерно для 80,6 % площади водохранилища, то в октябре данный диапазон индекса *NDTI* характерен для 8 % площади водохранилища.

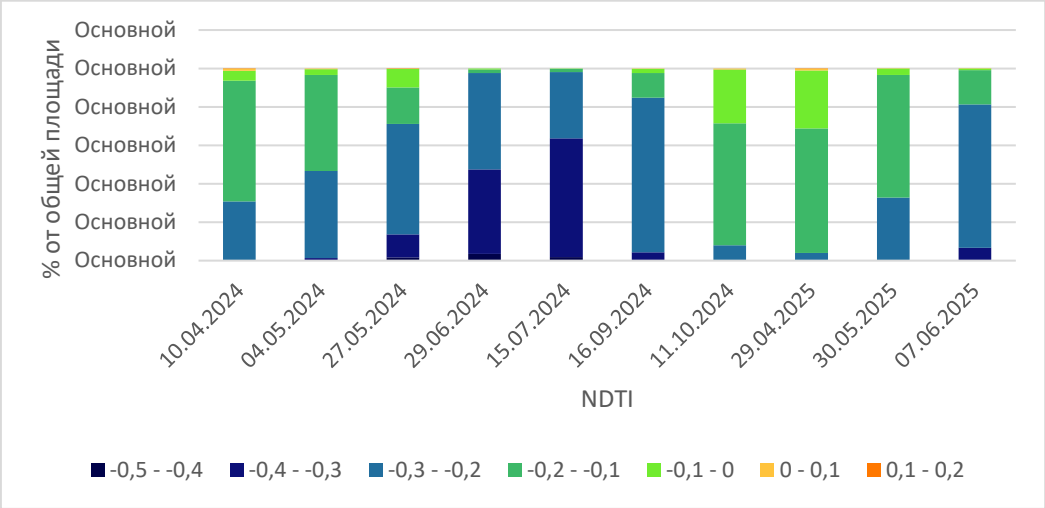


Рис. 2. Процентное соотношение градаций индекса *NDTI*

Повышение мутности воды в осенний период связано с усилением ветровой активности, что приводит к разрушению температурной стратификации и интенсивному перемешиванию водных масс. Интересным является сходство в распределении значений индекса *NDTI* на 11.10.2024 и 29.04.2025 при преобладании значений диапазона -0,2…-0,1 (63-65 % площади водохранилища), при этом сходство наблюдается и в пространственном распределении – мутность воды в целом выше именно в северной части водохранилища, при движении на юг она снижается и достигает минимальных значений в юго-восточной части – возле плотины. Это можно объяснить тем, что возле плотины водохранилище достигает наибольшей глубины – около 14 м, в то время как средняя расчетная глубина составляет 3,3 м. Снижение мутности по направлению к плотине также было отмечено и при биоиндикации по фитопланктону [Анциферова и др., 2022]. В целом, основываясь на пространственном распределении индекса *NDTI* в 2024-2025 гг., можно отметить, что в период с мая по сентябрь наименьшая мутность воды характерна для юго-восточной части водохранилища возле плотины.

В дополнение к индексу *NDTI* был рассчитан индекс *NDVI*. С помощью инструмента *Band Collection Statistics* в ПО *ArcGIS 10.5* были рассчитаны коэффициенты корреляции между растрами данных индексов на каждую из дат, указанных выше. Результаты данного анализа показаны в таблице.

Таблица

Корреляция между индексами *NDTI* и *NDVI*

Дата	Коэффициент корреляции	Дата	Коэффициент корреляции
10.04.2024	0,81	16.09.2024	0,37
04.05.2024	0,41	11.10.2024	0,28
27.05.2024	0,34	29.04.2025	0,52
29.06.2024	0,01	30.05.2025	0,48
15.07.2024	0,48	07.06.2025	0,10

Слабая теснота связи между индексами *NDTI* и *NDVI* в большинстве случаев обусловлена доминированием физических факторов мутности над биологическими (ярко выражена в июне 2024 и 2025 гг.). Тем не менее, близкие значения коэффициента корреляции к значениям связи средней силы на 15.07.2024, 30.05.2025, а также корреляционная связь средней силы на 30.05.2025 показывает, что в водохранилище в мае и июле на мутность оказывает влияние повышение содержания в воде фитопланктона и водорослей.

Таким образом, на мутность воды в Белгородском водохранилище в течении теплого периода года влияет ряд ключевых факторов: температурная стратификация, ветровая активность, рост фитопланктона и водорослей. При этом существует пространственная неоднородность – снижение мутности от северной к юго-восточной части водохранилища. Исследование выявило эффективность использования индекса *NDTI* для определения мутности воды в разные сезоны, и в дальнейшем оно открывает перспективы для расширения временных рядов наблюдений для выявления многолетних трендов, а также для прогнозирования. Наряду с этим важное значение приобретает интеграция данных спутникового мониторинга с наземными измерениями.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания №FZWG-2025-0006.

Литература

1. Анциферова, Г.А. Биоиндикация состояния Белгородского и Старооскольского водохранилищ по фитопланктону (Белгородская область, Россия) / Г.А. Анциферова, С.Л. Шевырев, Е.Е. Биломар [и др.] // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2022. – № 2. – С. 89-101. – https://doi.org/10.17308/geo.2022.2/9314.

2. Garg, V. Changes in turbidity along Ganga River using Sentinel-2 satellite data during lockdown associated with COVID-19 / V. Garg, S.P. Aggarwal, P. Chauhan // Geomatics, Natural Hazards and Risk. – 2020. – V. 11. – No 1. – P. 1175-1195. – https://doi.org/10.1080/19475705.2020.1782482.

3. Lacaux, J.P. Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal / J.P. Lacaux, Y.M. Tourre, C. Vignolles [et al.] // Remote sensing of environment. – 2007. – V. 106. – No 1. – P. 66-74. – https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.07.012.

4. Moore, G.K. Satellite remote sensing of water turbidity/Sonde de télémesure par satellite de la turbidité de l'eau / G.K. Moore // Hydrological Sciences Journal. – 1980. – V. 25. – No 4. – P. 407-421. – https://doi.org/10.1080/02626668009491950.

5. Singh, R. Monitoring of wetland turbidity using multi-temporal Landsat-8 and Landsat-9 satellite imagery in the Bisalpur wetland, Rajasthan, India / R. Singh, V. Saritha, C.B. Pande // Environmental Research. – 2024. – V. 241. – Art. No 117638. – https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117638.

УДК 911.5

АНАЛИЗ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА В БАССЕЙНЕ РЕКИ ВЕЗЕЛКА (БОЛХОВЕЦ) НА ОСНОВЕ НОМЕНКЛАТУРЫ CORINE

Полякова Т.А., Благочевская П.С.

E-mail: 1644173@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

В статье представлен результат анализа наземного покрова бассейна реки Везелка, выполненный с использованием номенклатуры CORINE. Работа основана на векторизации данных дистанционного зондирования, отражающая детали покрова с учётом малых объектов. Актуализирована структура наземного покрова: преобладают антропогенне категории – сельскохозяйственные угодья и урбанизированные территории. Природные ландшафты представлены фрагментарно, их площади ограничены лесами, лугами и малыми водными объектами. Такое распределение свидетельствует о высокой степени трансформации бассейна, сопровождающейся фрагментацией природных экосистем и повышенной уязвимостью территории к эрозионным и техногенным процессам. Отмечена необходимость внедрения мер по восстановлению природных комплексов, повышению лесистости и применению почвосберегающих технологий, а также систематического мониторинга с использованием ГИС для обеспечения рационального природопользования.

Ключевые слова: наземный покров (Land Cover), единая номенклатура CORINE, бассейн реки Везелка, антропогенные трансформации, мониторинг ландшафтов.

Бассейны малых рек первыми реагируют на антропогенное воздействие сокращением длины речной сети, накоплением стоков и наносом в реках, зарастанием водоемов, вызванных процессами эвтрофикации. Одним из таких примеров является бассейн реки Везелка, расположенной в пределах Белгородской области. Территорию бассейна занимают как сельскохозяйственные угодья, так и урбанизированные территории, оставляя на долю слабоизмененных естественных угодий участки со сложным рельефом (балки, склоны, заболоченные поймы). Нередко эти неудобные в морфологическом отношении участки испытывают сильную антропогенную нагрузку, однако исключаются из муниципальных отношений (уборка мусора, санитарные рубки и т.п.) и являют из себя акультурные ландшафты.

За последние десятилетия в Центрально-Черноземном регионе наблюдаются значительные изменения в структуре землепользования [3]. Вытеснение природных экосистем пашнями и застройкой, рост транспортной инфраструктуры и снижение площади естественных лесных и луговых сообществ приводят к трансформации водосборов рек. Для бассейна Везелки характерно высокое вовлечение территории в хозяйственную деятельность, что усиливает гидрологическую и экологическую нагрузку на реку [1, 2, 4, 6].

Особую значимость в этом контексте приобретает использование методов пространственного анализа наземного покрова (Land Cover) [10].

Спутниковые данные и геоинформационные технологии позволяют объективно оценить современное состояние бассейна, выделить соотношение природных и антропогенных территорий, а также определить степень трансформации ландшафта. Подобные исследования активно применяются в России и за рубежом при анализе изменений речных бассейнов. Работы Ф.Н. Лисецкого, Я.В. Павлюк и др. [1, 8, 9] показали важность оценки трансформации урбанизированных территорий на водный режим рек, другие исследователи [5, 7] обращали внимание на пространственные последствия изменения структуры наземного покрова.

При этом для анализа наземного покрова разные исследователи используют разные таксономические единицы, что в последующем затрудняет или делает невозможным ретроспективное сравнение или сравнение с другим бассейном по результатам их исследований.

Цель работы заключается в анализе современной структуры наземного покрова реки Везелки по стандартизированной номенклатуре выделяемых таксонов.

Задачи:

1. Построить карту наземного покрова в бассейне реки Везелки в номенклатуре CORINE.
2. Проанализировать современную структуру земных покрытий бассейна.
3. Оценить влияние современной структуры земных покрытий на экологическое состояние реки Везелки.

Методы. В качестве опорной системы классификации использовалась единая номенклатура земных покрытий для территории Европы (CORINE Land Cover Classification System), стандартизированной методологии для создания карт почвенно-растительного покрова, биотопов и качества воздуха. В оригинальной разработке Службы мониторинга земель Copernicus Европейского агентства минимальная единица отображения при автоматическом дешифрировании составляла 25 гектаров (га). В нашем исследовании контуры наземного покрова для бассейна малой реки выделялись вручную на основе базовой карты World Imagery, которая для изучаемой территории имеет детализацию 0,3-0,6 метра, и что позволяет создавать карты, соответствующие масштабу 1:10000.

Результаты. Построена карта современной структуры земных покрытий в бассейне реки Везелка (рисунок 1).

Сравнительный анализ с другими бассейнами Белгородской области подтвердил, что бассейн Везелки относится к числу наиболее трансформированных в области. Структура наземного покрова (рисунок 2) характеризуется значительным преобладанием территорий, трансформированных в результате хозяйственной деятельности человека. Более трети площади (35,5 %) занято пашнями и сельскохозяйственными угодьями. Ещё более весомую часть занимает категория урбанизированных земель – 38,8 %. Сюда входят жилые кварталы, промышленные зоны, транспортная инфраструктура и территории с искусственным покрытием

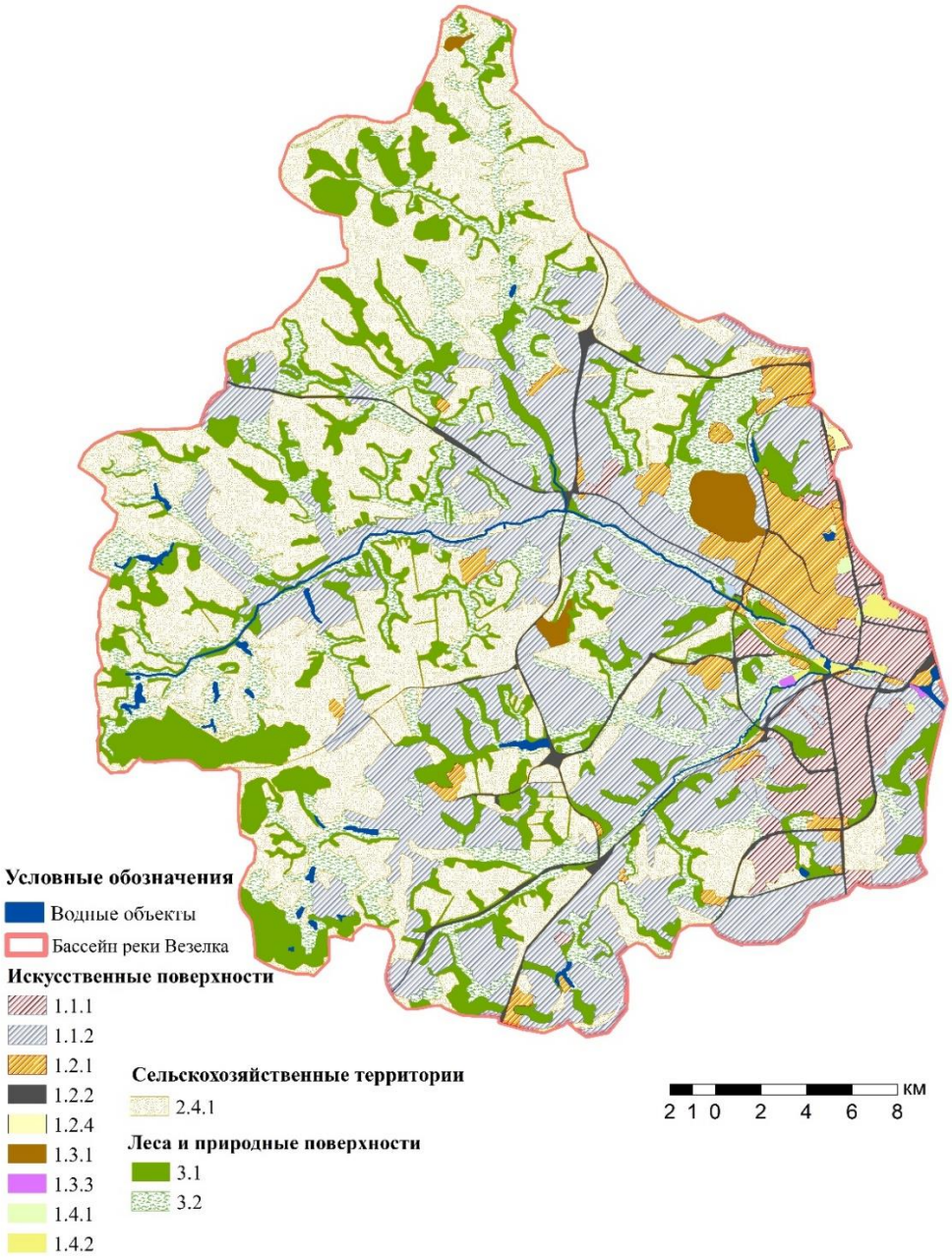


Рис. 1. Карта наземного покрова в бассейне реки Везелки. Нумерация и номенклатура таксонов наземного покрова соответствуют классификации CORINE. Искусственные поверхности: 1.1.1 – плотная застройка; 1.1.2 – свободная застройка; 1.2.1 – промышленные или коммерческие объекты; 1.2.2 – земли дорожного и железнодорожного хозяйства; 1.2.4 – аэропорты; 1.3.1 – зоны добычи полезных ископаемых; 1.3.3 – строительные площадки; 1.4.1 – зелёные зоны населенных пунктов; 1.4.2 – спортивные и досуговые объекты. Сельскохозяйственные территории: 2.4.1 – пашни (аграрные угодья, возделываемые земли). Леса и природные поверхности: 3.1 – лесные массивы (закрытые леса); 3.2 – естественные луга, пастбища, природные травяные формации. Водные объекты: 5.1 – внутренние воды (реки, озёра, водохранилища)

.

Антропогенные трансформации в бассейне Везелки накладываются на специфические природные условия: чернозёмные почвы, развитая сеть оврагов и балок, умеренно-континентальный климат.

Основными факторами трансформации территории выступают сельскохозяйственное освоение, урбанизация и развитие транспортной инфраструктуры. Существенную роль играет промышленное освоение территории: промышленные площадки и сопутствующие объекты занимают около 2,1 тыс. га, что составляет порядка 5 % от площади бассейна. Такая концентрация промышленных зон усиливает изменения в гидрологическом режиме реки и ее гидрохимических характеристиках. Как непосредственно через водозабор, промышленные и поверхностные сток с территории промзон, так и через трансформацию коренных ландшафтов, загрязнение почв, угнетение растительного покрова.

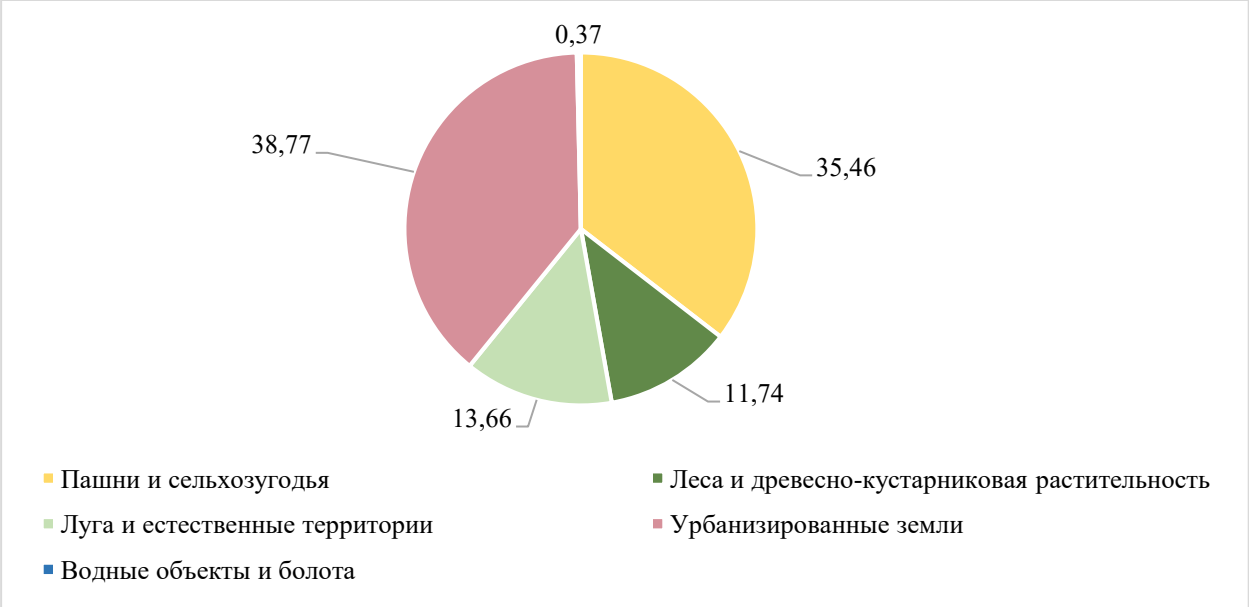


Рис. 2. Структура наземного покрова бассейна реки Везелка, %

Урбанизированная территория вокруг Белгорода расширяется, практически полностью затрагивая естественные пойменные участки и изменяя режим стока. Искусственные поверхности представлены жилой застройкой, промышленными объектами и транспортной инфраструктурой. Они сосредоточены в нижней части бассейна, ближе к городской черте Белгорода. Именно эти земли оказывают наибольшее воздействие на водный режим, так как создают точечные и диффузные источники загрязнения, увеличивают поверхностный сток и снижают естественную инфильтрацию осадков, усиливается загрязнение водосборной территории.

Воздействие транспортной инфраструктуры выражается в формировании плотной сети дорог и железнодорожный путей, пересекающих бассейн, и оказывающих барьерное воздействие на миграцию поверхностных и подземных вод. Кроме того, дорожные стоки становятся источником нефтепродуктов, тяжёлых металлов и иных загрязнителей, которые попадают в водосборные системы [8].

По данным аналогичных исследований [7], трансформация речных бассейнов в условиях урбанизации всегда сопровождается нарушением естественного гидрологического цикла, что в условиях меняющегося климата усиливает риск обмеления водотоков.

Интенсивная распашка земель привела к вытеснению естественных луговых и лесных сообществ и снижению природного разнообразия. Использование современных агротехнологий с применением удобрений и средств защиты растений усиливает нагрузку на почвенно-гидрологические системы.

Леса и древесно-кустарниковая растительность охватывают лишь 11,7 % площади, что является относительно низким показателем для малых речных бассейнов лесостепной зоны.

Они приурочены в основном к овражно-балочной сети, формируют узкие полосы вдоль водотоков и выполняют важные защитные функции. Подобная фрагментация лесов ведёт к снижению их экологической роли, так как уменьшается способность задерживать поверхностный сток и регулировать микроклимат территории, следовательно, повышается интенсивность эрозионных процессов, сокращается биоразнообразие.

Луга и естественные территории занимают 13,7 %, а водные объекты и болота – менее 0,5 %. Пруды и мелкие водоёмы были искусственно созданы в целях хозяйственного использования и мелиорации, однако в настоящее время часть из них деградировала, утратила водоудерживающую функцию и зарастает водной растительностью. Площадь естественных болотных экосистем в бассейне не выявлена.

Доминирование сельскохозяйственных угодий и урбанизированных земель снижает способность природных экосистем выполнять защитные и регуляторные функции, что отражается на гидрологическом и экологическом режиме реки. Речная система перестает быть устойчивой, утрачивает способность к самоочищению, как следствие нарастает загрязнение поверхностных вод и донных отложений, усиливаются процессы эвтрофикации.

В совокупности перечисленные процессы и сложившаяся структура наземного покрова свидетельствуют о том, что бассейн Везелки можно отнести к категории территорий с высокой степенью трансформации. Современный наземный покров на 74,23 % определяется хозяйственной деятельностью человека, что требует комплексного подхода к управлению земельными и водными ресурсами, тщательных и системных природоохранительных мероприятий, последовательного снижения негативного воздействия на окружающую среду, усиления мер по сохранению и восстановлению природных территорий, увеличению лесистости, строго соблюдения принципов бассейнового природопользования.

В практическом плане приоритетными природоохранными направлениями работы в бассейне являются:

1. Увеличение лесистости бассейна за счёт восстановления деградированных лесных массивов и создания защитных лесополос;

2. Сохранение луговых экосистем как буферных зон, препятствующих выносу загрязняющих веществ в водотоки;

3. Оптимизация сельскохозяйственного землепользования, включая внедрение почвосберегающих технологий и снижение химической нагрузки;

4. Более строгий контроль за соблюдением режима водоохранной зоны;

5. Развитие зеленой инфраструктуры урбанизированных территорий за счет древесно-кустарниковой растительности и почвозащитного озеленения.

Реализация этих мер позволит не только снизить антропогенное воздействие, но и повысить устойчивость речной системы, обеспечив сохранение её природных функций и экосистемных услуг.

Литература

1. Lisetskii F.N., Buryak Z.A. Runoff of water and its quality under the combined impact of agricultural activities and urban development in a small river basin. Water 2023, 15, 2443. https:// doi.org/10.3390/w15132443

2. Биогенное загрязнение водных объектов в сельскохозяйственных районах Белгородской области / Корнилов А. Г., Киселев В. В., Курепина В. А., Лопина Е. М., Боровлев А. Э. // Региональные геосистемы. – 2023. – Т. 47, № 1. – С. 76–87. – DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87.

3. Бухтояров, Н.И. Динамика изменений в использовании земель сельскохозяйственного назначения в ЦЧР // Московский экономический журнал. – 2018. – № 4. – С. 75-88.

4. Долгов С. В., Коронкевич Н. И., Барабанова Е. А. Антропогенные и климатические изменения водных ресурсов в Белгородской области и их последствия // Степи Северной Евразии: материалы X международного симпозиума. – 2024. – С. 384–391. – DOI: 10.24412/cl-37200-2024-384-391.

5. Дроздова Е. А. Трансформация лесопокрытых территорий Белгородской области (на примере Яковлевского района) / Е. А. Дроздова, К. А. Курганская, Д.Е. Морозова // Журналистика и география: материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Воронеж, 2020 / ВГУ. - Воронеж, 2020. - Т.1.-С. 176-180. - Библиогр.: с. 180.

6. Киселев В. В., Корнилова Е. А. Оценка общего гидроэкологического состояния малых рек Белгородской области / В. В. Киселев, Е. А. Корнилова // Региональные геосистемы. – 2025. – Т. 49, № 1. – С. 80-92. – DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-1-80-92.

7. Оценка состояния лесополос и эрозионного рельефа в бассейне реки Везелка (Белгородская область) / Беспалова Е. С., Саблина О. М. // Региональные геосистемы. – 2019. – № 3. – С. 223–231.

8. Павлюк Я. В. Пространственно-временные закономерности функционирования речных бассейнов на территории Белгородской области: дисс. … канд. геогр. наук. – Казань, 2016. – 190 с.

9. Павлюк Я. В., Родионова М. Е., Юдина Ю. В., Голиков М. А. Процессы заиления городских рек в условиях повышенной антропогенной нагрузки // Управление городом: теория и практика. – 2017. – № 3(26). – С. 54–62.

10. Савин И. Ю., Березуцкая Э. Р. Концепция наземного покрова (Land Cover) как основа дистанционного мониторинга земель / Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Москва // Региональные геосистемы. – 2024. – Т. 48, № 1. – С. 77–90. – DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-1-77-90.

УДК 556.535.8

ПОДХОДЫ К ЗОНИРОВАНИЮ ВОДОСБОРОВ В РАМКАХ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗ БИОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Раевская М.В., Корнилов А.Г., Киселев В.В., Колмыков С.Н.

E-mail: raevskaya@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

В статье рассматриваются подходы к функциональному зонированию водосборов в геоэкологических исследованиях. Предложен анализ особенностей нитратного загрязнения рек Белгородской области (р. Ворскла в верховьях и р. Ольшанка) и ряда родников в их поймах за период 2024-2025 годы с учетом принадлежности створов и родников к различным функциональным зонам.

Ключевые слова: функциональное зонирование водосборов, гидроэкологический мониторинг, нитратное загрязнение рек и родников, антропогенная нагрузка

Особенности поступления поллютантов в водотоки (режим, преобладающие загрязнители, средние концентрации в условиях антропогенно-измененного фона) напрямую сопряжены с характером функциональных зон на водосборах, особенно для староосвоенных территорий. Однако в рамках гидроэкологических исследований в зависимости от ведущих задач существуют различные подходы к зонированию. Ниже представлены некоторые наиболее распространенные:

1) антропофункциональное зонирование на основе ранжирования антропогенной нагрузки и выделения ведущих сценариев землепользования на водосборе [4, 6, 9];

2) ландшафтно-функциональное зонирование с элементами ландшафтно-геохимического зонирования и выявлением путей техногенной миграции элементов и геохимических аномалий на водосборе [1, 5];

3) зонирование на основе анализа природно-ресурсного потенциала водосбора с учетом распределения как природных средообразующих факторов, так и социоэкологических показателей [2].

Анализ биогенного загрязнения ряда рек Белгородской области с учетом особенностей функционального зонирования нами проводился на основе первого подхода, также рассматривались элементы второго подхода [2-3, 4-5]. В статье представлены особенности нитратного загрязнения р. Ворскла (верховье), р. Ольшанка и некоторых родников в пойме данных рек за период 2024-2025 годы. Определение нитрат-иона осуществлялось потенциометрически на поверенном приборе иономер рХ-150МИ.

Геоинформационные задачи в ходе экспедиционных исследований реализовывались при содействии мобильных приложений CarryMap и ЯндексКарты. Картографические материалы готовились в программном приложении QGIS 3.40.2 с использованием открытых данных Open Street Maps, Google Maps и т.д.

Изучаемый участок р. Ворскла располагается на территории Ивнянского района и Яковлевского городского округа (далее ГО), в программе мониторинга – родники, приуроченные к створам №№ 3 и 6 (с. Михайловка и с. Быковка) (рис. 1).

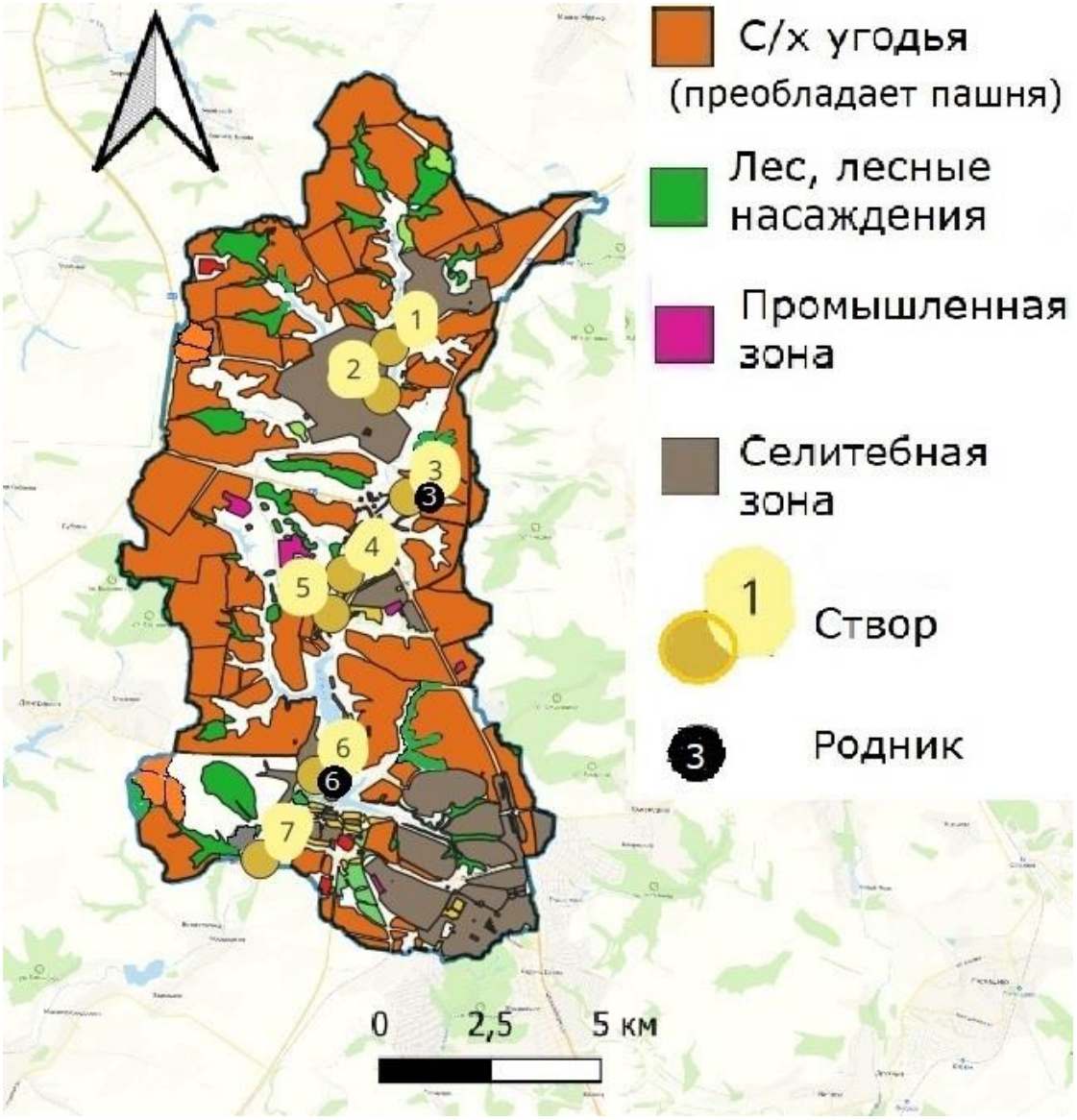


Рис. 1. Исследуемый участок р. Ворскла с характерными функциональными зонами

Река Ольшанка с притоком Сухая Ольшанка располагается на территории Губкинского ГО и Чернянского района, осуществлялся мониторинг родников в зоне створов №№ 2 и 4 (с. Проточное, и с. Ольшанка) (рис. 2).

По совокупной антропогенной нагрузки р. Ольшанка принадлежит к сельскохозяйственно-селитебному «ареалу», р. Ворскла (верховье) – горнопромышленно-селитебно-сельскохозяйственному «ареалу» [3].

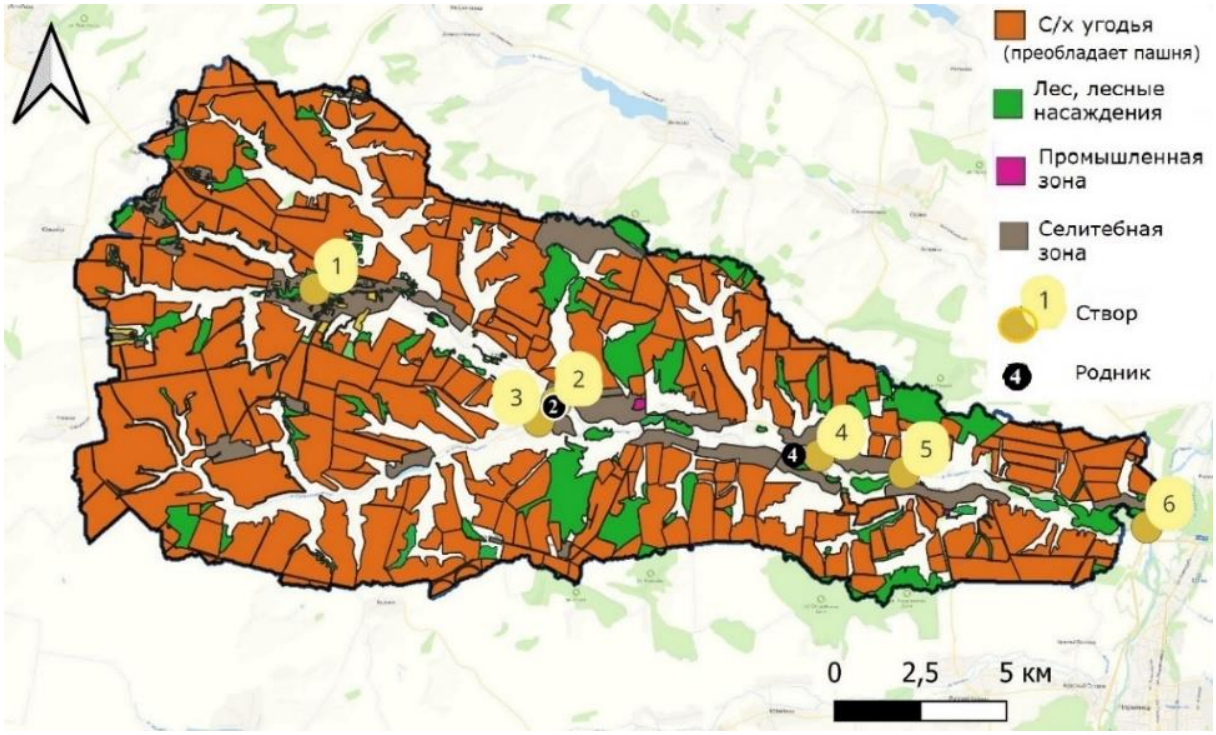


Рис. 2. Река Ольшанка с характерными функциональными зонами

На рисунке 3 (А, Б) показана динамика изменения доли пашни, лесопокрытой территории и селитебной зоны на водосборах для каждого створа (от истока до замыкающего створа), что позволяет проследить взаимосвязь диффузного стока биогенных элементов с особенностью зоны.

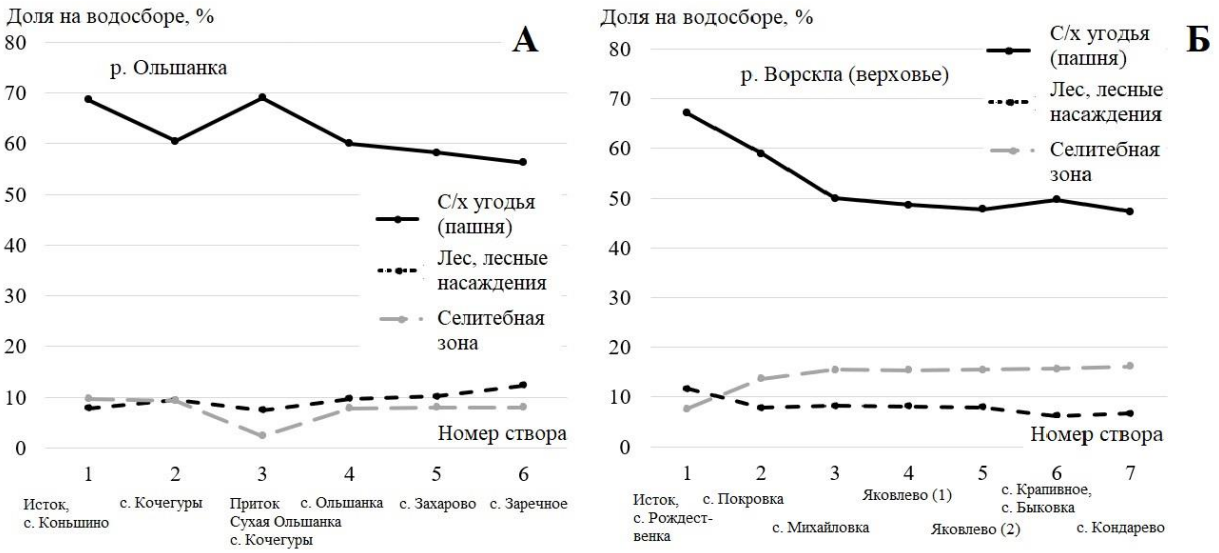


Рис. 3. Изменение доли (%) различных функциональных зон для каждого створа р. Ольшанка (А) и р. Ворскла (Б)

Тренд использования земель на водосборах р. Ворскла (верховье) следующий: уменьшение доли пашни от 67 % до 47 %; устойчивое увеличение доли селитебной зоны от 7,6% до 16,2 %; изменение площади лесонасаждений от 11,7% до 6,7 %. Доля селитебной зоны и лесонасаждений для водосборов р. Ольшанка меняется неравномерно. Однако по сравнению с р. Ворскла в среднем площадь селитебной зоны в 2 раза меньше, а доля земель сельскохозяйственного использования больше на 15 %. По данным экспедиционных обследований овражно-балочно-долинная сеть на водосборах более выражена, чем для р. Ворскла (верховье).

Для р. Ольшанка в категории «Другие зоны» на водосборах створов №№1-6 преобладают (перечислены в порядке уменьшения): овражно-балочные участки, заболоченные участки поймы, участки с обильной околоводной растительностью. Для р. Ворскла (верховье) в категории «Другие зоны» можно выделить (перечислены в порядке уменьшения): луг, пустоши, участки с обильной околоводной растительностью.

На рисунках 4 и 5 представлены данные по содержанию нитратов в реках Ворскла и Ольшанка, а также родниках, которые приурочены к конкретным створам. Выбор летних периодов 2024-2025 гг. для анализа связан с выраженно различающимися гидрометеорологическими условиями (для летнего периода 2025 года характерно большее количество осадков).

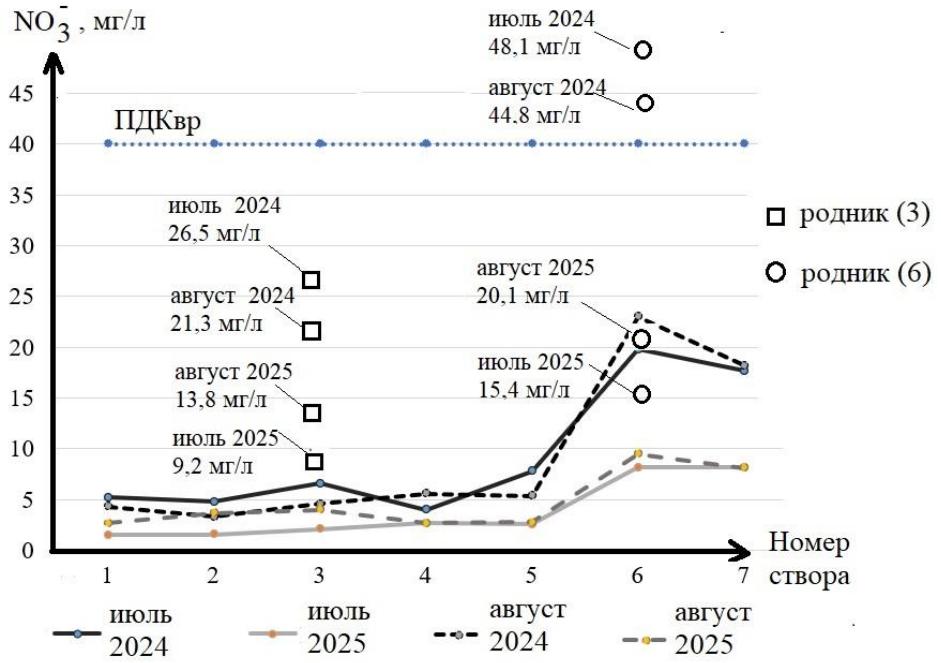


Рис. 4. Содержание нитратов в р. Ворскла и родниках в летний период 2024-2025 гг.

Из рис. 4 следует, что содержание нитратов в р. Ворскла для всех серий измерений (июль-август 2024-2025 гг.) увеличивается от створа №1 (исток) к створам №№6-7 (в среднем от 3,5 мг/л до 15 мг/л).

Прослеживается весомый вклад селитебной зоны г. Строитель в нитратное загрязнение как поверхностных, так и подземных вод. Однако для селитебной зоны пгт. Яковлево указанные тенденции содержания нитратов не выражены, что с одной стороны, можно объяснить ландшафтной структурой водосборов и «эффектом биоплато» (обсуждался нами ранее) [8], с другой стороны – соотношением точечных и площадных источников загрязнения и площадей водосборов створов [3, 7].

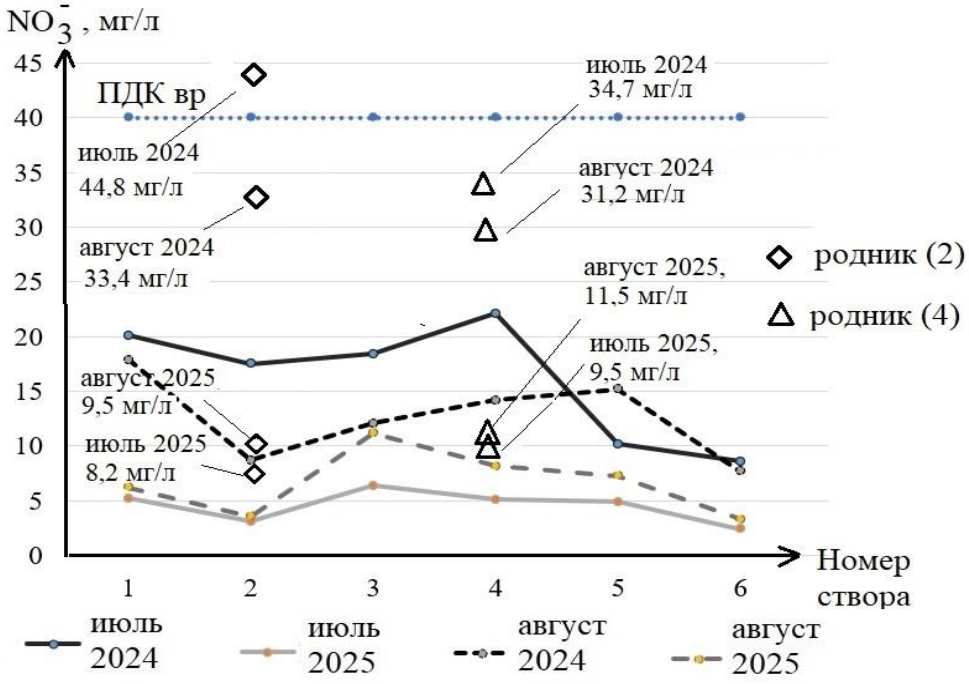


Рис. 5. Содержание нитратов в р. Ольшанка и родниках в летний период 2024-2025 гг.

Для р. Ольшанка (рис. 5) по сравнению с р. Ворскла (рис. 4) синхронность между сериями измерений слабее, наблюдается уменьшение концентрации нитратов от створа №1 к замыкающему створу №6 (в среднем от 14 мг/л до 5 мг/л). Небольшие пики наблюдаются для притока Сухая Ольшанка (створ №3) и с. Ольшанка (створ №4). Вклад особо охраняемых природных территорий для створа №6 р. Ольшанка способствует снижению концентрации нитратов от истока к устью, тем не менее, показатели антропогенно-измененного фона выше по сравнению с р. Ворскла.

На основе выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Ключевым пунктом в функциональном зонировании водосборов староосвоенных территорий в рамках гидроэкологических исследований являются различные сценарии землепользования, которые преломляется сразу через несколько подходов: ландшафтный подход, геоинформационная концепция «Land Cover», бассейновый подход.

2. Зонирование водосборов и анализ зависимости гидрохимических показателей (в том числе концентраций биогенных элементов) от вида землепользования позволяют объективно оценивать гидроэкологическую

ситуацию в совокупности с ландшафтной структурой, учетом гидрометеорологических условий (при оптимальном количестве створов на выбранном участке). Родники в пойме исследуемых рек, особенно в период межени, когда роль грунтовых вод в питании рек увеличивается, являются дополнительными индикаторами антропогенной нагрузки и позволяют сопоставить антропогенный вклад функциональных зон.

3. В сравнительной характеристике р. Ворскла (верховье) и р. Ольшанка с притоком Сухая Ольшанка отражают как типичные тенденции влияния функциональных зон на содержание нитратов в речных и родниковых водах, так позволяют увидеть региональные закономерности (антропогенно-измененный фон содержания биогенов), которые обусловлены особенностями рек Белгородской области и хозяйственной деятельностью на водосборах в рамках различных бассейнов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания №FZWG-2025-0006.

Литература

1. Власова А.Н. Методические подходы к ландшафтному планированию бассейна р. Салгир // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 2(194). – С. 84-91.

2. Волчек А.А., Окоронко И. В. Оценка экологической ситуации в пределах малых водосборов реки Ясельды // Природопользование. – 2021. – № 1. – С. 49–61.

3. Колмыков С.Н. Гидрохимический анализ состояния рек, подверженных влиянию горнодобывающей промышленности на территории Белгородской области: дис. канд. геогр. наук: 25.00.27 / С.Н. Колмыков. – Белгород, 2008. – 210 с.

4. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Назаренко Н. В. Антропофункциональный анализ территории как основа эколого-географического районирования Белгородской области Проблемы региональной экологии. – 2005. – № 1. – С. 21-27.

5. Лабутина И. А. Ландшафтно-функциональное зонирование городских территорий (на примере ВАО и ЗАО г. Москвы) / И. А. Лабутина, Т. С. Хайбрахманов, В. В. Горячих // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2013. – Т. 19. – С. 175-186.

6. Особенности геоэкологического функционального зонирования отдельных сельских поселений и территорий / Бударина В.А., Лисецкий Ф.Н., Косинова И.И. [и др.] // Региональные геосистемы. – 2024. – Т. 48, №3. – С. 427-440.

7. Раевская, М.В., Корнилов А.Г. Малые водотоки и водоемы как индикаторы экологических проблем в агроландшафтах (на примере Белгородской области) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2024. – Т. 24. – № 4. – С. 230-242.

8. Раевская М.В., Корнилов А.Г. Элементы фонового мониторинга в гидроэкологических исследованиях рек Белгородской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2025.– № 2. – С. 85-93.

9. Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю. Методика зонирования территории речного бассейна по совокупной антропогенной нагрузке (на примере Обь-Иртышского бассейна) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2011. – № 4. – С. 42-52.

УДК 911.53, 504.054

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ГОРОДЕ БЕЛГОРОДЕ

Разенков П.И., Корнилов А.Г.

E-mail: razenkov_p@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

Статья посвящена анализу разнородности экологической ситуации в городе Белгороде, выявлению особенностей формирования конкретной экологической ситуации. В результате проведённого исследования составлена картосхема, отражающая экологическую ситуацию в разных частях города. Одним из ключевых факторов, детерминирующих разнородность экологических ситуаций, можно назвать антропофункциональную структуру города.

Ключевые слова: экологическая ситуация, антропогенная нагрузка, планировочные зоны, загрязняющие вещества

Экологическое состояние города Белгорода традиционно определяется основными компонентами, составляющими антропогенную нагрузку на окружающую среду – это выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы сточных вод в водную среду, загрязнение почв, шумовая нагрузка и т.д., которые создают в первую очередь промышленность и автотранспорт. Отчасти напряжённость экологической ситуации, создаёт скученность населения [7, 8].

В части промышленной нагрузки на окружающую среду, в качестве приоритетного воздействия для территории города, выступают выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Производственные стоки, как правило, поступают в систему коммунальной канализации и посредствам городских очистных сооружений, отводятся в природные водные объекты далеко за пределами городской черты. В тоже время внутри города источниками загрязнения водных объектов являются поверхностные, ливневые стоки, которые, как правило, без очистки сбрасываются в речную сеть, и являются источником повышенного содержания в воде нефтепродуктов, соединений тяжёлых металлов и других загрязняющих веществ. Что может создавать неблагоприятную экологическую обстановку не только в части поверхностных водных объектов, но и для подземных вод в том числе в районах городских водосборов, из-за их слабой естественной защищённости.

Негативное экологическое воздействие на окружающую природную среду могут оказывать токсичные промышленные отходы, в случаях нарушения правил их сбора, хранения транспортировки и утилизации, но при нормативном обращении с отходами, экологических проблем, в связи с их образованием, как правило, не создаётся, в связи с размещением полигонов по их захоронению за пределами города. Конечно, вышесказанное не

исключает случаев загрязнения и захламления подобного рода отходами пустырей вокруг предприятий, гаражных кооперативов, придорожных полос вдоль автомобильных и железных дорог [4].

Автомобильный транспорт создаёт значительные проблемы в связи с выбросами выхлопных газов, шумовым воздействием на прилегающие селитебные территории, выделением большого количества пылевых частиц, содержащих цветные металлы (цинк, медь и др.), вследствие истирания механизмов и шин, а также горюче-смазочных материалов [2].

Значительную нагрузку на городскую среду оказывает и население города, потребляя большое количество газа, при сжигании которого выделяются оксиды азота и углерода, а в не канализованном частном секторе, образуется большое количество отходов жизнедеятельности, которые являются источником поступления в грунтовые воды, а затем в подземные и поверхностные воды группы биогенных загрязняющих веществ, таких как соли аммония, нитраты, нитриты, соединения фосфора, ПАВ, легко окисляемые органические вещества (по показателю БПК) и т.д. По аналогии с твёрдыми промышленными отходами, твёрдые коммунальные отходы (ТКО) непосредственной угрозы экологической ситуации в черте города, как правило, не создают, при условии нормативного обращения, так как полигоны по захоронению ТКО расположены за пределами городской черты. Хотя время от времени возникают проблемы со своевременным вывозом отходов и стихийным замусориванием городской территории [6].

Для города Белгорода проблема функционирования полигона ТКО связана с тем, что этот полигон расположен не очень далеко от города в верховьях долины реки Болховец. При этом выделяющиеся из тела полигона «мусорные газы» (аммиак, сероводород, метан и др.) при неблагоприятных метеорологических условиях (НМУ) плохо рассеиваются и «стекают» по долине реки Болховец, ароматизируя расположенные рядом жилые кварталы. Аналогичная ситуация возникает в засушливый период, когда мусор на полигоне может самовозгораться и также по долине реки Болховец, дымовые газы поступают на городскую территорию.

Контроль над состоянием окружающей природной среды на городской территории осуществляют подразделения Росгидромета, а также санитарно-эпидемиологические службы.

Неоднородность развития городской среды определяет разную степень антропогенной нагрузки на окружающую среду. В данной ситуации планировка города определяет степень антропогенного воздействия на отдельные элементы городского пространства [1].

Используя данные доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области в 2023 году», также статистику Росгидромета, возможно оценить степень загрязнённости отдельных частей города, хотя эти данные не дают нам представление о экологическом состоянии каждого уголка города, однако позволяют сравнить уровень загрязнённости в разных частях города.

Таблица 1

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в некоторых частях города

№	Расположение	Содержание NO_2, мг/м^3	Содержание H_2S, мг/м^3
1	ул. Попова, Краеведческий музей	0,17	0,15
2	Лесопарк Сосновка	0,22	0,31
3	ул. Богдана Хмельницкого, 98	0,25	0,04
4	Сквер «Энергомаш»	0,15	0,33
5	Архиерейская роща	0,24	0,38
6	Микрорайон «Новая жизнь»	0,31	0,37
7	Урочище Оскочное	0,26	0,25
8	Парк Победы	0,11	0,03
9	ул. Губкина 21А	0,35	0,33
10	ул. Щорса 37В	0,13	0,16

В исследованиях загрязнённости атмосферного воздуха Белгорода исследователи часто замечают превышение ПДК элементов NO_2 и H_2S, поэтому в данном случае были использованы данные по содержанию именно этих элементов. Повышенное содержание NO_2 является следствием загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом и промышленными предприятиями, в том числе ТЭЦ. ПДК в городском воздухе NO_2 составляет 0,2 мг/м^3, а содержания сероводорода 0,1 мг/м^3.

Данные таблицы 1 показывают, что превышения ПДК наблюдаются как в селитебной, так и в парковой части планировочной структуры города. Повышенное содержание загрязняющих веществ в элементах экологического каркаса (Лесопарк Сосновка, Архиерейская роща, Урочище Оскочное) можно объяснить соседством с антропогенным ландшафтом. Исключениями являются Сквер «Энергомаш» где повышена только концентрация сероводорода, и Парк Победы, где не обнаружено превышение ПДК по сероводороду и диоксиду азота. На концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере влияет рассеивающая способность атмосферы, то есть климатические условия. Чем слабее ветер, тем меньше рассеивающая способность атмосферы. Лесной массив существенно гасит ветровую эрозию, что снижает рассеивающую способность атмосферы в пределах густой лесной растительности [5].

На рисунке 1 можно заметить превышение ПДК по содержанию сероводорода, на территории отдельных объектов в 3 и 3,5 раза. Имеющиеся данные относятся к веществам, которые регулярно присутствуют в воздухе Белгорода.

Согласно докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области в 2023 году», в 2023 году было проведено исследование состояния атмосферного воздуха Белгорода на

предмет содержания в нём загрязняющих веществ таких как: оксид азота (895 проб), фенол, диоксид серы (2682 проб), формальдегид, диоксид азота, оксид углерода, взвешенные вещества (3568 проб). Подобного рода исследование даёт более точную картину, и повышает репрезентативность оценки качества городского воздуха [3].

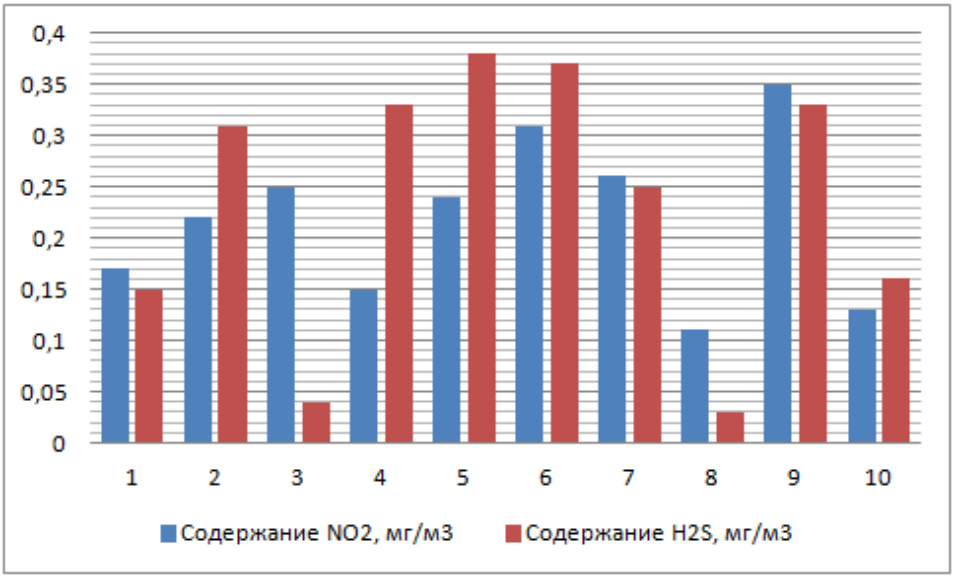


Рис. 1. Гистограмма показателей содержания загрязняющих веществ [3]

В результате доля проб с превышением ПДК по компоненту «взвешенные вещества», составила 0,9 % в 2023 году, также необходимо учесть, что в динамике, данный показатель с 2019 года не превышал доли в 0,9 %. Доля проб воздуха с превышением ПДК по веществу «оксид углерода» составила 1,4 %, здесь с 2019 года наблюдается негативная динамика, поскольку наблюдается рост доли проб с превышением ПДК с 0,1 % в 2019 году. По содержанию «диоксида азота» доля проб с превышением ПДК в 2023 году составила 1,6 %, хотя с 2019 года не было замечено превышений ПДК по содержанию данного вещества в воздушной среде города. По содержанию оксида азота пробы с превышением ПДК отсутствуют за весь период, отражённый в докладе, с 2019 по 2023 год. Доля проб с превышением содержания диоксида серы 0,2 % (2023 год). Не замечено превышение ПДК в воздухе по веществам: формальдегиду и аммиаку. Доля проб с превышением предельно допустимой концентрации фенола составила 1,3 %. Также воздушная среда города Белгорода подвержена загрязнению бенз(а)пиреном – из 10 проб, взятых в 2023 году, 1 проба была с превышением ПДК.

Город Белгород вбирает в себя множество промышленных предприятий и размещает более трёхсот тысяч жителей, оказывая высокий уровень антропогенной нагрузки на окружающую среду. С другой стороны, исходя из вышеизложенных цифр, воздушная среда города остаётся

относительно чистой. Имеются пробы с превышением содержания загрязняющих веществ, но их доля составляет 1-2 %. Имеются отдельные части города, испытывающие повышенную антропогенную нагрузку, по причине повышенного автомобильного трафика или размещения промышленных предприятий, однако, исследования подобных проблем города, положено в основу данной работы. Для наглядной демонстрации влияния функциональных зон на экологическую ситуацию составлена картосхема экологической ситуации в городе Белгороде – рисунок 2.

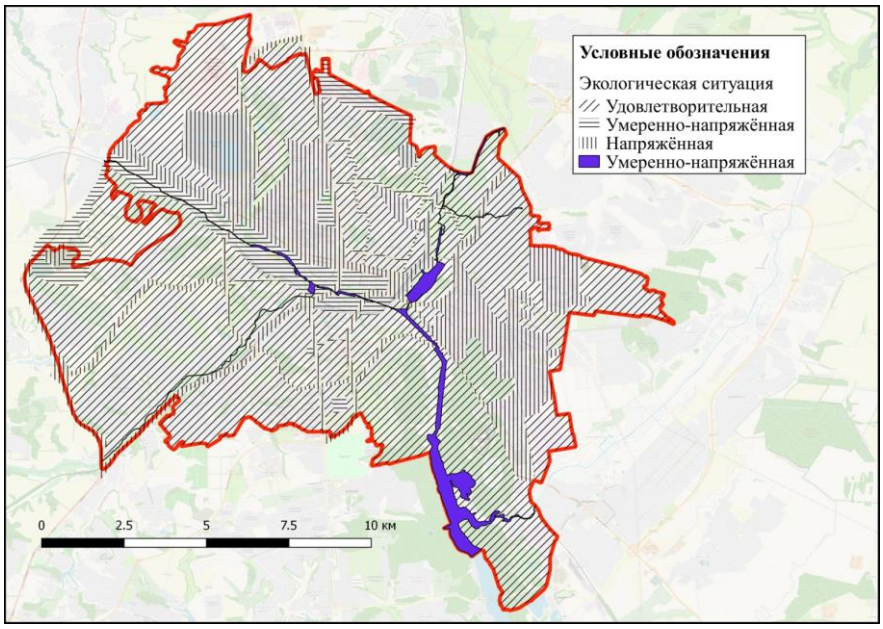


Рис. 2. Экологическая ситуация в городе Белгороде

Разнородность экологических ситуаций детерминирована уровнем антропогенной нагрузки и размещением планировочных зон. Отмеченные на карте водные объекты характеризуются умеренно-напряжённой экологической ситуацией по гидрохимическим показателям. Данная оценка складывается в разрезе того, что в малых реках, протекающих по городу Белгороду периодически наблюдаются сверхнормативные концентрации соединений азота, иона аммония, нитратов, нитритов, и реже, тяжёлых металлов (медь, цинк, свинец, никель), которые быстро транслоцируются из водной среды в иловые накопления. Также наблюдается загрязнение водной среды нефтепродуктами и СПАВ.

Несмотря на то что в отношении гидробионтов ситуация считается умеренно-напряжённой на экологическом состоянии (наземных ландшафтов) в отношении (качества жизни) населения, городские реки и водохранилища оказывают исключительно положительное влияние, поглощая загрязняющие вещества из атмосферы, формируя благоприятный микроклимат, при этом они не используются в качестве прямых источником питьевого водоснабжения, а культурно-бытовые нормативы, как правило не нарушаются.

Картосхема отражает экологическую ситуацию по атмохимическим показателям на территории города. Напряжённая экологическая ситуация связана с систематическим, но умеренным превышением ПДК загрязняющих веществ. В первую очередь превышения наблюдаются на территории крупных предприятий, меловом карьере и крупным автомагистралях. Повышенный автомобильный трафик вызывает превышение полиароматических соединений и формальдегида.

Умеренно-напряжённая экологическая ситуация по атмохимическим показателям наблюдается на второстепенных автомобильных дорогах и мелких предприятиях. В основном геоэкологическое районирование (границы зон экологической ситуации) достаточно точно соответствуют функциональному районированию (границам функциональных зон) городской территории, за исключением зоны периодического воздействия полигона ТКО В западной части города Белгорода расположен полигон ТКО, в моменты слабой рассеивающей способности атмосферы, выделяемые полигоном газы спускаются по долине реки Болховец и ароматизируют центральную часть города, включая парк «Победы».

Таким образом разнородность экологических ситуаций в городе Белгороде, в значительной степени обусловлена размещением планировочных зон, оказывающих антропогенную нагрузку разной степени и определяющих экологическую ситуацию.

Литература

1. Корнилов А.Г., Гордеев Л.Ю. Мониторинг автотранспортного загрязнения воздушного бассейна города Белгорода в переходные периоды года // Экологические системы и приборы. – 2012. – №1. – С. 46–51.

2. Корнилов А.Г., Гордеев Л.Ю. Экологическое состояние атмосферного воздуха жилых зон городских территорий // Вестник ЧГУ. – 2013. – №3. – С. 122–125.

3. Областной доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Белгородской области в 2023 г.» . URL: file:///C:/Users/HP/Desktop/диссертация%202/eb2e5e63f32110c60163ae13a793dc00.pdf.

4. Полетаев А. О., Корнилов, А.Г. Динамика загрязнения атмосферного воздуха в жилых зонах городских территорий на примере г. Белгорода // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2018. – №2. – С. 165-171.

5. Разенков П.И. Геоэкологический анализ и оптимизация пространственно-функциональной структуры города Белгорода для обеспечения его устойчивого развития: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 1.6.21 / НИУ БелГУ. – Белгород., 2025. – 27 с.

6. Разенков П. И., Лопина Е. М., Шульгин В. М., Жидких Д. В. Функционально-планировочное зонирование города как инструмент социально-экономического развития и геоэкологической оценки // Московский экономический журнал. – 2021. – № 10. – С. 73–86.

7. Niglio R., Comitale P.P. 2015. Sustainable urban mobility towards smart mobility: The case study of Bari area,Italy. // TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment. – 2015. – № 8(2) – P. 219–234. URL: https://doi.org/10.6092/1970-9870/3009

8. Pojani D., Stead D. Sustainable Urban Transport in the Developing World: Beyond Megacities // Sustainability. – 2015. – №.7 – P. 7784–7805. URL:https://doi.org/10.3390/su7067784

УДК 504.3.054, 528.94

КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ КОРРЕКТНОСТИ КАРТ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Семакина А.В.

E-mail: alsen13@list.ru
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»,
Ижевск, Россия

К появлению многочисленных примеров географически некорректных карт, лишь искажающих понимание проблем атмосферного загрязнения, и не создающих предпосылок для поисков путей их решения, создают такие трудности: разреженность сети пунктов стационарных наблюдений; сложность учета переноса загрязняющих веществ в рамках атмосферной циркуляции; сложность учета трансформации загрязняющих веществ в процессе их переноса; сложность учета процессов самоочищения и их зависимости от характера подстилающей поверхности и меняющихся метеоусловий карт. В рамках оценки подходов к существующим источникам информации, методам обработки данных, используемым показателям и подходам к картографической визуализации состояния атмосферного воздуха, автором были сформулированы качественные и количественные критерии оценки географической корректности картографического материала, характеризующего состояние атмосферного воздуха.

Ключевые слова: географическая корректность, картографическая визуализация, состояние атмосферного воздуха

Потребность в репрезентативной, точной и своевременной информации о состоянии окружающей среды обусловлена осознанием её значимости для экономического и политического развития страны на современном этапе. Атмосферный воздух, среди всех компонентов окружающей среды, отличается наибольшей динамичностью и оказывает значительное влияние на здоровье населения. Картографическая визуализация данных о состоянии окружающей среды является наиболее точным способом представления пространственной информации, а карты – самым доступным каналом для её передачи.

Технологии мониторинга, особенно наземного (контактного) разрабатывались в прошлые десятилетия [1, 2, 4, 5], при ином уровне технологического развития. Космический мониторинг в силу технико-экономических ограничений в настоящее время позволяет картировать только выбросы, с последующим расчетом концентраций посредством математического моделирования и с учетом текущих метеоусловий [3] Механический перевод в цифровую форму созданных ранее карт и картографических моделей не отвечает современным возможностям и не решает задачу обеспечения географической корректности карт. т.е. соответствия локализации картографируемых объектов и показателей, а также характеристик их пространственной изменчивости и временной динамики на карте и на картографируемой территории. При кажущейся простоте и очевидности данной задачи, на пути её решения применительно к

картографическому представлению качества атмосферного воздуха, стоит ряд объективных и субъективных трудностей: разреженность сети пунктов стационарных наблюдений; сложность учета переноса загрязняющих веществ в рамках атмосферной циркуляции; сложность учета трансформации загрязняющих веществ в процессе их переноса; сложность учета процессов самоочищения и их зависимости от характера подстилающей поверхности и меняющихся метеоусловий.

Игнорирование или недостаточный учет указанных трудностей приводит к появлению многочисленных примеров географически некорректных карт, лишь искажающих понимание проблем атмосферного загрязнения, и не создающих предпосылок для поисков путей их решения [6]. В рамках данной работы рассматриваются факторы и критерии географической корректности карт состояния атмосферного воздуха, предлагается подход к их количественной оценке.

Поэтапный процесс картографической визуализации данных, характеризующих состояние атмосферного воздуха, (или временная структура деятельности), можно разделить на следующие компоненты:

1. Фаза проектирования, на которой осуществляется сбор, систематизация исходных данных, оценка репрезентативности собранных данных, их интеграция и интерпретация.

2. Технологическая фаза – собственно процесс создания карт (в том числе бумажных, электронных, динамических и онлайн-карт), механизмы их создания, отображения, доведения до потребителя).

3. Рефлексивная фаза – на которой происходит анализ полученных результатов, выделение территорий с наихудшими (с точки зрения загрязнения атмосферного воздуха) условиями, верификация и корректировка результата, прогноз и выработка системы мероприятий, направленных на улучшение качества атмосферного воздуха.

С методологической точки зрения наименее проработанными являются задачи, рассматриваемые на фазе проектирования. В то же время, качественный подход к реализации указанной фазы позволяет избежать явных и скрытых ошибок в полученном картографическом материале. В связи с многообразием источников исходной информации, используемой при оценке и картографической визуализации состояния атмосферного воздуха, актуальным становится вопрос определения степени достоверности и типичности используемых данных.

Географическая корректность данных, используемых для создания карт состояния атмосферного воздуха, в значительной степени определяется следующими факторами:

1. Масштаб – является базовым фактором генерализации данных. Особое значение он приобретает при создании карт на бумажных носителях. В свою очередь, широкое развитие ГИС-технологий приводит к тому, что в некоторых случаях (на интерактивных картах) возможен почти полный отказ от генерализации либо переход к «ступенчатой» генерализации (эффекту пирамиды). При выделении отдельных ступеней обработки и представления

данных целесообразно опираться на единицы административного деления и характерные типы природопользования.

2. Математико-статистические подходы. Рекомендации по использованию различных математико-статистических подходов в значительной степени вариабельны в зависимости от типа данных. Так, например, для снижения влияния на итоговый результат измерения флуктуаций значений, вызванных местными атмосферными вихрями, целесообразно использовать линейное усреднение ряда полученных данных. А при выборе ступеней шкалы в процессе пространственной интерполяции уровней загрязнения атмосферного воздуха целесообразно опираться на медианные и квантильные значения.

3. Степень первичной интеграции. Выделяются две категории данных: первично интегрированные (например, данные об объемах выбросов), единичные данные (разовое измерение). При этом можно отметить, что репрезентативность единичных данных будет повышаться при их временной, межингредиентной и пространственной интеграции, что позволит перейти от отображения характеристик конкретной ситуации к общим, типичным закономерностям. С другой стороны, первично интегрированные статистические данные будут тем репрезентативнее, чем меньше степень осреднения (например, характерно снижение информативности данных об объемах выбросов по мере повышения осреднения от уровня предприятий до уровня региона и страны). Во многом это связано с использованием в процессе интеграции традиционных показателей среднего, а не медианного значения.

Применительно к картографической визуализации можно предложить следующие критерии репрезентативности используемых данных:

1. Критерий достаточной обоснованности, который предполагает методологическую репрезентативность используемых данных о состоянии атмосферного воздуха.

2. Критерий воспроизводимости, который предполагает воспроизводимость получаемых данных для другой территории. Поскольку критерий воспроизводимости конкретизируется требованием единства результатов при одинаковых условиях эксперимента, он же может быть использован и в качестве критерия выявления факторов загрязнения атмосферного воздуха, ранее не учтенных в исследовании.

3. Критерий сходимости предполагает, в первую очередь, совпадение в крайних значениях, данных, полученных разными источниками информации о состоянии атмосферного воздуха. Необходимо отметить, что географический корректными можно считать данные, отвечающие всем трем критериям истинности.

В рамках оценки подходов к существующим источникам информации, методам обработки данных, используемым показателям и подходам к картографической визуализации состояния атмосферного воздуха, автором были сформулированы качественные и количественные критерии оценки географической корректности картографического материала, характеризующего состояние атмосферного воздуха (таблица).

Таблица

Качественные и количественные критерии балльной оценки степени географической корректности картографического материала, характеризующего состояние атмосферного воздуха

№	Принципы реализации научно-методологического аппарата	Качественный критерий реализации принципов научно-методологического аппарата	Количественный критерий реализации принципов научно-методологического аппарата (Балльная оценка: 0 – не соответствует критерию, 1 – соответствует критерию)		Комментарий
			«0»	«1»	
1	2	3	4	5	6
1	Множественность использованных источников информации и оценка их достоверности с учетом влияния факторов репрезентативности	1.1. Соответствие пространственного разрешения данных, получаемых из источника информации, охвату территории.	В качестве операционно-территориальной единицы при характеристике уровня загрязнения атмосферы выбраны единицы административно-территориального деления; Недостаточность исходных данных для пространственно-временной интерполяции; В качестве базовых исходных данных использована информация из вспомогательных источников информации (косвенные характеристики об условиях рассеяния и объемах загрязнения)	При выделении границ операционно-территориальных единиц (пространственных объектов, для которых предполагается однородность имеющейся о них атрибутивной информации с точки зрения изучаемого явления) учтены как административные границы, так и особенности природопользования на рассматриваемой территории и геохимические условия миграции поллютантов; При формировании основного карты использованы «основные» источники данных (официально публикуемые данные об объемах воздействия и уровнях загрязнения, результаты математического моделирования, и прошедшие обязательную верификацию данными натурных исследований)	Оценка учета рассматриваемого фактора репрезентативности производится для каждого использованного источника информации. Итоговый балл рассчитывается **как сумма баллов,** полученных для каждого источника информации.

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
		1.2. Соответствие используемых математико-статистических подходов особенностям пространственно-временной дифференциации показателя состояния атмосферного воздуха.	При характеристике объемов антропогенного воздействия использованы качественные показатели, суммарные показатели (без покомпонентной дифференциации), «подушевые» удельные показатели; При картографической интерпретации уровней загрязнения использованы средние, а не квантильные значения.	Отмечается, что: • Используемые удельные показатели отражают воздействие на атмосферный воздух с учетом ассимиляционной емкости территории; • Используемые математико-статистические подходы при получении среднего значения нивелируют пространственно-временные флуктуации загрязнения.	Оценка учета рассматриваемого фактора репрезентативности производится для каждого использованного показателя загрязнения атмосферного воздуха. Итоговый балл рассчитывается **как среднее значение баллов**, полученных для каждого показателя.
		1.3. Допустимость используемых подходов к пространственно-временной интеграции показателей при характеристике степени загрязнения атмосферы.	Первично-интегрированные данные отражают условия, факторы и уровни загрязнения атмосферного воздуха в пределах операционно-территориальных единиц, позволяющих разделить территорию 10 и менее однородных участков; Не проведена географическая интерполяция разовых в пространственно-временном отношении данных (интерполяция выполняется в меру своих компетенций пользователем карты)	Отмечается: • Первично интегрированные данные характеризуется наименьшей степенью пространственно-временной интеграции; • Результаты разовых исследований, интегрированы таким образом, чтобы отражать типичную в пространственно-временном отношении ситуацию.	Оценка учета рассматриваемого фактора репрезентативности производится для каждого использованного показателя загрязнения атмосферного воздуха. Итоговый балл рассчитывается **как среднее значение баллов**, полученных для каждого показателя.
А					**Рассчитывается как сумма значений, полученных согласно пп. 1.1., 1.2, 1.3**

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
2	Последовательность оценки степени репрезентативности исходных материалов, промежуточных и итоговых результатов	2.1. Наглядность и общедоступность используемых картографических способов и средств	Тип пространственной локализации данных не соответствует примененному способу картографического представления; Использованные графические средства не позволяют без затруднений провести анализ картографического материала.	Отмечается: • Соответствие типа пространственной локализации данных о состоянии атмосферного воздуха используемому способу картографического изображения; • Применяемые средства изображения позволяют без затруднений провести качественную и количественную интерпретацию данных	Оценка учета производится для каждого использованного показателя загрязнения атмосферного воздуха. Итоговый балл рассчитывается **как среднее значение баллов**, полученных для каждого показателя.
		2.2. Учет особенностей картографируемой территории и масштаба картографического произведения при картографической интерпретации данных	Пространственное разрешение и детальность карты не позволяют осуществить пространственный анализ загрязнения атмосферы территории.	Используемые подходы к генерализации тематического содержания учитывают особенности картографируемой территории и масштаб картографического произведения	Оценка учета производится для каждого использованного показателя загрязнения атмосферного воздуха. Итоговый балл рассчитывается **как среднее значение баллов**, полученных для каждого показателя.
		2.3. Соответствие назначению содержания, детальности и научности картографического материала	Содержание и степень его научности не соответствует назначению карты и профессиональным компетенциям пользователя	Информационная наполненность соответствует назначению картографического произведения.	При оценке соответствия содержания назначению картографического произведения рекомендуется опираться на соответствующую классификацию тематических карт (учебные, научно-справочные, технические и т.д.)
В					**Рассчитывается как сумма значений, полученных согласно пп. 2.1., 2.2, 2.3**

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
3	Презумпция недостоверности исходных данных и полученных результатов, при невыполнении любого их трех критериев репрезентативности	3.1. Соответствие критерию достаточной обоснованности	В качестве исходных данных использованы разовые исследования оборудованием, не прошедшим поверку; Методика получения исходных данных не приведена, либо не корректна; Отсутствуют данные об источниках исходной информации; Степень детализации сходных данных недостаточна для корректной пространственно-временной интерпретации.	Отмечается: • Репрезентативность используемой выборки; • использование методик расчета, подтвержденных длительными эмпирическими исследованиями; • достаточное для пространственной интерпретации количество пунктов отбора или постов наблюдения.	Оценка учета рассматриваемого критерия репрезентативности производится для каждого использованного показателя загрязнения атмосферного воздуха. Итоговый балл **рассчитывается как среднее значение баллов**, полученных для каждого показателя.
		3.2. Соответствие критерию воспроизводимости	При использовании применяемого подхода в оценке состояния атмосферы другой территории, результаты будет качественно отличаться.	Качественная интерпретация используемого показателя загрязнения атмосферного воздуха единообразна для разных участков рассматриваемой территории.	Оценка учета рассматриваемого критерия репрезентативности производится для каждого использованного показателя загрязнения атмосферного воздуха. Итоговый балл рассчитывается **как среднее значение баллов**, полученных для каждого показателя
		3.3. Соответствие критерию сходимости	Используемые исходные данные и полученный картографический материал в значительной степени расходится с данными основных источников, многолетних научных исследований, логикой протекания геохимических процессов.	Совпадение крайних значений имеющихся данных с информацией из других источников о состоянии атмосферного воздуха.	Оценка учета рассматриваемого критерия репрезентативности производится для каждого использованного показателя загрязнения атмосферного воздуха. Итоговый балл рассчитывается **как среднее значение баллов**, полученных для каждого показателя.
C					**Рассчитывается как произведение значений , полученных согласно пп. 3.1., 3.2., 3.3**

Итоговый коэффициент репрезентативности картографического произведения D рассчитывается по формуле:

$$D = C \times (A + B)$$

где А – балльная оценка соответствия картографического материала принципу множественности использования источников информации с учетом оценки их достоверности; В – балльная оценка соответствия картографического материала принципу последовательной оценки степени репрезентативности исходных материалов, промежуточных и итоговых результатов; С – балльная оценка соответствия картографического материала принципу презумпции недостоверности исходных данных и полученных результатов, при невыполнении любого их трех критериев репрезентативности.

Предложенный количественный поход к оценке репрезентативности картографического материала, характеризующего состояние атмосферного воздуха позволит повысить географическую корректность картографической визуализации результатов мониторинга состояния атмосферного воздуха территории.

Литература

1. Безуглая Э.Ю., Берлянт М.Е. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 328 с.

2. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Известия АН СССР. Серия география. -1975. – № 3. – С. 13-25.

3. Морозова А.Э., Сизов О.С., Елагин П.О., Агзамов Н.А. Интегральная оценка качества атмосферного воздуха в крупнейших городах России на основе данных TROPOMI (Sentinel-5P) за 2019–2020 гг // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022. – Т. 19. – №4. – С. 23–39.

4. Рашевский Н.М. Поддержка принятия решений в процессе мониторинга загрязнения атмосферного воздуха городских территорий: 05.13.01 диссертация на соискание уч. ст. канд. техн. наук Рашевского Николая Михайловича. Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2019 – 18с.

5. Снытко В.А., Собисевич А.В. Система экологического мониторинга в научном наследии академиков И.П. Герасимова и Ю.А. Израэля // Труды пятой международной конференции. Москва, 30 ноября – 03 декабря 2017 года. М.: Издательство: ООО «Буки-Веди», 2017. – С.393-397.

УДК 338.2

ОСОБЕННОСТИ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРИ ВЕДЕНИИ КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СТАРВОПОЛЬСКОГО КРАЯ)

Сутормина Э.Н.

E-mail: Sutormina_ella@mail.ru
ФГАОУ ВО Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

В настоящее время большим спросом пользуется такая процедура, как землеустроительная экспертиза. В процессе ее проведения возможно возникновение самых разнообразных нюансов. Поэтому это один из сложнейших инженерно-технических анализов. Причины для исследования могут быть самые разнообразные. А самая популярная – спорная ситуация между владельцами земельного участка. Чаще всего проводится судебная экспертиза. В данном случае, основанием для ее проведения является постановление уполномоченных органов в Ставрополе. Экспертное учреждение может быть выбрано по усмотрению судьи. Также проходит и исследование во внесудебном порядке на основании договора со всеми прописанными параметрами.

Ключевые слова: землеустроительная экспертиза, судебная экспертиза, правоустанавливающая документация, земельный участок, геодезические работы.

Землеустроительная экспертиза – это исследование земельного участка, проводимое с различными целями. Это может быть установление прав собственности, наложение сервитутов, уточнение технических параметров земельного участка.

Проводится земельная экспертиза либо в добровольном порядке, например, для точного определения границ пользования, либо в ходе судебного разбирательства. Судебные процессы инициируются при разделе земельного участка, при самовольном использовании чужой территории, а также при признании законными объекты недвижимости, которые на участке расположены.

Порядок назначения судебных экспертиз в арбитражном процессе хотя и близок к порядку в гражданском процессе, однако отличается от одной важной чертой. Если в гражданском процессе назначение судебной экспертизы осуществляется судом независимо от волеизъявления сторон, то в арбитражном процессе суд назначает экспертизу по ходатайству или с согласия лиц, участвующих в деле, поскольку в арбитражном процессе обязанность доказывания лежит на лицах, участвующих в деле.

По последовательности проведения экспертизы подразделяются на первичные и повторные. Повторной называется экспертиза, производимая по тем же объекта и решающая те же вопросы, что и первичная экспертиза, заключение которой признано необоснованным, вызывает сомнение или при производстве которой были допущены нарушения процессуальных норм. Это возможно, например, в случаях, когда заключение первичной экспертизы

противоречит объективно установленным фактам, или не согласуется с достоверными обстоятельствами дела, или сделано без учета относящихся к предмету экспертизы фактов, а также, если при назначении или производстве первичной экспертизы были допущены нарушения процессуальных норм, регламентирующих назначение и производство судебных экспертиз, в частности поручение производства экспертизы лицу, заинтересованному в исходе дела, или некомпетентному; необоснованное отклонение ходатайства участников процесса в связи с экспертизой (например, о назначении эксперта из числа указанных лиц, о постановке перед экспертом тех или иных вопросов). Повторная экспертиза поручается другому эксперту или экспертам [2].

Повторная экспертиза может быть назначена судом в связи с неподробностью заключения эксперта, не разрешившего ключевой вопрос исследования, поставленный перед ним.

В судебных актах можно встретить различные мотивировки отказов в назначении проведения повторной экспертизы. Чаще всего такой отказ связан с всесторонней изученностью объекта экспертизы к моменту заявления соответствующего ходатайства.

По численности и составу исполнителей судебные экспертизы подразделяются на единоличные, комиссионные. Единоличную экспертизу проводит один эксперт, комиссионную – комиссия, состоящая из двух и более экспертов одной специализации. Комплексной является экспертиза, в которой эксперты, специализирующиеся в разных классах или родах судебных экспертиз, заняты совместным решением одних и тех же вопросов и формулированием общего вывода. Выводы, сделанные каждым экспертом самостоятельно, без участия специалистов в иных областях знаний, подписываются им единолично. Выводы по общим вопросам, которых, как правило, в комплексных экспертизах немного, подписываются всеми участвовавшими в производстве экспертизы судебными экспертами. Комплексные экспертизы назначаются в особо сложных случаях, а также при производстве повторных экспертиз.

При экспертизе значительную часть исследований занимает работа с документами. В частности, необходимо отыскать все возможные правоустанавливающие документы на землю. Здесь действует достаточно много различных принципов, включая принцип приобретательской давности.

Поэтому, задача эксперта – собрать как можно больше документальных доказательств, справок, выписок из архива, опросить соседей [3]. Согласно статье 86 ГПК [1] эксперт дает заключение в письменной форме. Заключение эксперта должно содержать подробное описание проведенного исследования, сделанные в результате его выводы и ответы на поставленные судом вопросы.

Данное исследование направлено на экспертную оценку двух объектов:

Объект 1 – земельный участок с кадастровым номером 26:25:000000:617, расположенный по адресу: Ставропольский край, Георгиевский район, СПК колхоз «Александрийский».

Объект 2 – земельный участок с кадастровым номером 26:25:000000:159, расположенный по адресу: Ставропольский край, Георгиевский район, СПК колхоз «Александрийский».

Землеустроительная экспертиза проводится в три этапа:

1) подготовительные работы, которые включают получение необходимых сведений, анализ правоустанавливающих документов, а также документации, полученной при проведении кадастровых работ;

2) полевые работы, которые включают выезд на изучаемый объект;

3) камеральный этап включает оценку полученных результатов и дальнейшее формирование заключительных выводов.

Геодезические работы проводились относительно ориентира, расположенного в границах участка. Ориентир канал «Широкий».

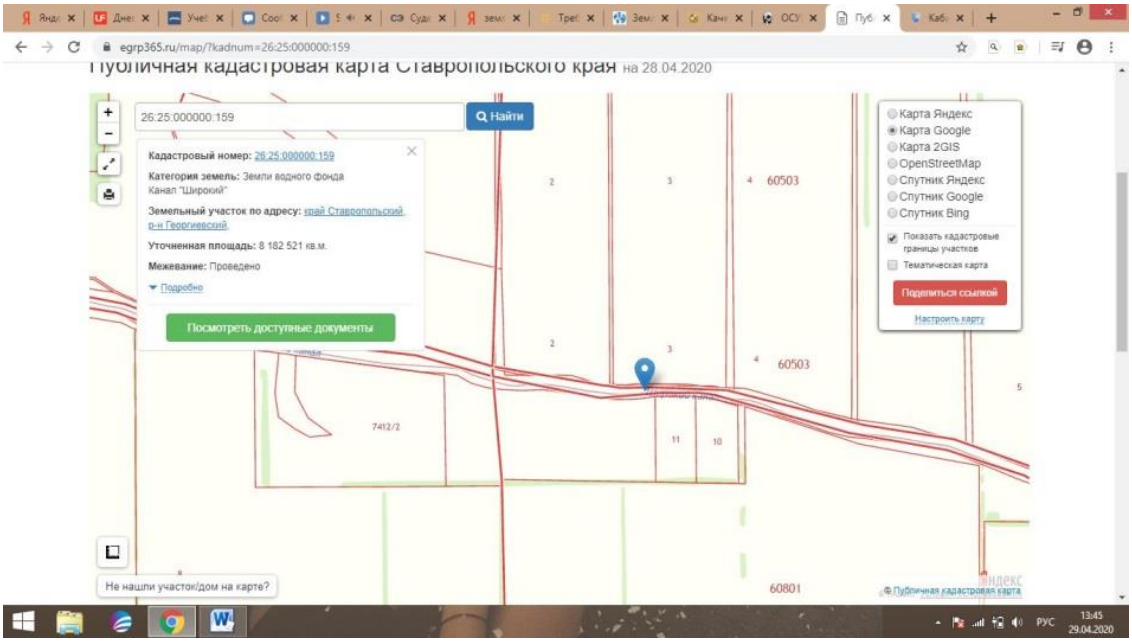


Рис. 1. Земельный участок с кадастровым номером 26:25:000000:159, Георгиевский район, СПК колхоз «Александрийский»

В ходе проведения исследования можно сделать заключение о том, что после подготовки межевого плана границы участка 26:25:000000:617 были уточнены, при этом площадь участка относительно указанной в свидетельстве уменьшилась на 12742 кв.м. по результатам уточненных границ площадь участка составляет 136258(- + 8 кв.м.) и соответствующие изменения не были внесены в государственный кадастр недвижимости, о чем свидетельствует уведомление о приостановлении осуществления государственного кадастрового учета, представленное в материалы дела.

Площадь земельного участка с кадастровым номером 26:25:000000:617, расположенного по адресу: Георгиевский район, колхоз «Александрийский», указанная в межевом плане от 25 мая 2017 года, не выходит за рамки площади, указанной в постановлении № 618 от 25 сентября 1997 года.

Земельный участок с кадастровым номером 26:25:000000:617 полностью поглощен земельным участком с кадастровым номером 26:25:000000:159.

Количество земельных споров постоянно растет, появляются новые категории споров, новые участники спорных отношений, усложняются механизмы правового регулирования и разрешения земельных споров. Именно поэтому проблема земельных споров и практика их разрешения остаются малоизученными и востребованными для исследования.

При разрешении земельных споров обычно судебный орган не компетентен, именно поэтому землеустроительная экспертиза выступает рычагом при решении сложных ситуаций, но при этом дорогостоящей и технически сложной.

Судебные споры по землеустройству практически всегда вызывают необходимость решения судами вопросов, требующих специальных знаний в области землеустройства, что неизбежно влечет проведение по делу судебной землеустроительной экспертизы.

Большая часть проводимых по гражданским и арбитражным делам землеустроительных экспертиз не отвечают предъявляемым требованиям.

На основании практики проведения землеустроительных экспертиз можно заключить, что судебные споры возникают по большей части не по вине собственников (землевладельцев, землепользователей, арендаторов), а из-за наличия ошибок и неточностей в различного рода землеустроительной и кадастровой документации, из-за халатного отношения к оформлению документации и выполнению земельных и кадастровых работ [4].

Изучение ошибок в вопросах, задаваемых эксперту сторонами процесса и судом, представляется важной областью при рассмотрении проблем экспертного заключения. Примеры различных типов ошибок показывает отсутствие подготовки представителей сторон, а зачастую и судов, что не вовлекает экспертов в семантическую и техническую корректировку вопросов, предложенных экспертом для разрешения. Кроме того, наиболее распространенная группа ошибок связана с неправильным использованием определенных терминов, особенно в сложных сочетаниях, которые относятся к определенной структуре (ее элементам) в области землеустройства и межевания.

Литература

1. Гражданский процессуальный кодекс Российской Федерации от 14.11.2002 N 138-ФЗ (ред. от 02.12.2019) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.03.2020)

2.Федерация судебных экспертов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ekspertiza-stavropol.ru/zemleustroitelnye-ekspertizy/zemleustroitelnaja-jekspertiza-bystro-opredelit-7.html

3. Судэксперт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sudexperts.ru/stati/stati-po-zemleustroitelnoj-ekspertize/trebovaniya-k-zemleustroitelnoj-ekspertize

4. Библиофонд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=898878

УДК 528.88

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕСИСТОСТИ ОВРАЖНО-БАЛОЧНОЙ СЕТИ НА ЮГЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Терехин Э.А.

Email: terekhin@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

Изложены результаты анализа изменений лесистости овражно-балочных систем, типичных для юга Среднерусской возвышенности, с конца XX века по начало третьего десятилетия XXI века. На основе анализа спутниковых данных установлено, что в исследуемый период ее лесистость выросла с 23 % до 53 %. Отмечается тенденция полного покрытия древесной растительностью многих верховьев овражно-балочных систем. Процессы роста лесистости сопровождались увеличением спектрально-отражательных характеристик овражно-балочной сети в ближней инфракрасной и снижением в коротковолновой инфракрасной области.

Ключевые слова: овражно-балочные системы, лесопокрытые земли, многолетние изменения, лесостепь, Landsat

Оценка многолетних изменений лесистости выступает необходимой задачей в системе мониторинга природной среды, вследствие влияния лесного покрова на микроклимат, гидрологические и геохимические циклы, включая цикл углерода. В условиях высокой аграрной преобразованности, как например, в лесостепи европейской территории России, исследование лесистости актуально также для участков естественных ландшафтов, играющих роль элементов экологического каркаса. На юге Среднерусской возвышенности такими участками выступают овражно-балочные системы, сеть которых располагается среди пахотных угодий и достаточно сильно фрагментированных лесопокрытых земель. В регионе овражно-балочная сеть выступает типичным элементом ландшафтов [Нечетова, Нарожняя, 2010; Кузьменко и др., 2013].

Наиболее объективные данные о лесистости могут быть получены на основе данных дистанционного зондирования, в особенности, при ретроспективных оценках [Терехин, Чендев, 2019; Song et al., 2015]. Они могут быть проведены на основе визуального дешифрирования снимков необходимого пространственного разрешения, либо же основе спектрально-отражательных характеристик с использованием предварительно выявленных закономерностей их связи с лесистостью.

Цель исследования заключалась в анализе многолетних изменений лесистости овражно-балочных систем, типичных для юга Среднерусской возвышенности, с конца предпоследнего десятилетия XX века по начало третьего десятилетия XXI века. Задачи исследования включали определение

лесистости тестовых участков овражно-балочных систем в разные временные срезы и количественную оценку многолетних изменений их спектрально-отражательных свойств.

Исследование выполнено на основе выборки объектов, расположенных на юге Среднерусской возвышенности на территории Белгородской области. Участки овражно-балочных систем для анализа подбирали, таким образом, чтобы для них были доступны безоблачные снимки Sentinel-2 начала третьего десятилетия XXI в. и серия многозональных снимков Landsat TM/OLI, полученных в близкие сроки разных лет периода исследования, начиная с середины 1980-х гг. Для ОБС должно быть характерно отсутствие увлажненных участков. При подборе объектов также использованы снимки сверхвысокого пространственного разрешения из интернет-сервисов открытого доступа. Суммарная выборка включала 52 объекта.

Анализ лесистости проведен на 1985, 2008, 2022 гг. Оценка лесистости овражно-балочной сети по состоянию на начало третьего десятилетия XXI века выполнена методом визуального дешифрирования многозональных снимков Sentinel-2, полученных в период августа. Для анализа использованы снимки, синтезированные в каналах видимого диапазона с пространственным разрешением 10 м. На их же основе оценена площадь анализируемых участков овражно-балочных систем. На каждый объект был подготовлен векторный слой лесопокрытых участков. Лесистость рассчитывали как отношение площади соответствующего слоя к общей площади участков овражно-балочных систем. Оценка лесистости на 1985 г. и 2008 г. выполнена методом ее расчета на основе спектрально-отражательных характеристик коротковолнового инфракрасного диапазона (1,55-1,75 мкм) по данным Landsat TM с использованием ранее установленных зависимостей [Терехин, 2021]. Они представляют уравнения, вычисленные эмпирически для снимков серии Landsat. В целях реализации этой задачи для овражно-балочных систем в 1985 и 2008 гг. рассчитаны значения коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) в соответствующем диапазоне спектра по снимкам Landsat TM от 29.08.1985 и 12.08.2008, прошедшим атмосферную и радиометрическую корректировку. Использование расчетных величин лесистости в 1985 и 2008 гг. по спектрально-отражательным характеристикам, измеряемым по Landsat TM с пространственным разрешением 30 м, обусловлено отсутствием на эти сроки более детальных снимков Sentinel-2, самые ранние из которых относятся к 2015 г.

Анализ многолетних изменений спектрально-отражательных характеристик ОБС осуществлен на основе снимков Landsat TM, полученных 25.08.1985, 21.08.2001 и 14.08.2008, охватив основную часть времени, в которое этот прибор осуществлял съемку Земли. Временной ряд сформирован таким образом, чтобы включать данные максимально близких сроков с одного прибора. На их основе для каждого изученного участка овражно-балочных систем методом зональной статистики вычислено среднее значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации отражательных характеристик в 6 диапазонах: синем, зеленом, красном, ближнем и двух коротковолновых инфракрасных.

Согласно полученным данным в начале третьего десятилетия XXI в. средняя лесистость овражно-балочной сети на юге Среднерусской возвышенности составила 53% при достаточно высоком коэффициенте вариации (Табл. 1). Его высокие значения обусловлены соответствующими различиями овражно-балочных систем по величине лесопокрытой площади. С середины 1980-х гг. по 2022 г. лесистость исследуемых объектов выросла более чем в 2,3 раза, т.е. скорость зарастания овражно-балочных систем древесной растительностью, распространяющейся из лесных полос, достаточно высока.

Таблица 1

Параметры лесистости овражно-балочных систем, типичных для юга Среднерусской возвышенности, в конце XX – начале XXI вв.

Параметр лесистости	Год		
	1985	2008	2022
Среднее	0,23	0,42	0,53
Стандартное отклонение	0,08	0,12	0,21
Коэффициент вариации, %	34,8	28,6	39,6

Процесс повышения лесистости наглядно проявляется на многолетних сериях снимков Landsat TM/OLI, характеризуя постепенное зарастание склонов и днищ балок лесной растительностью. Наиболее выражено этот процесс наблюдается в верховьях овражно-балочной сети (рис. 1). Результатом этого процесса является формирование участков сплошной древесной растительности.

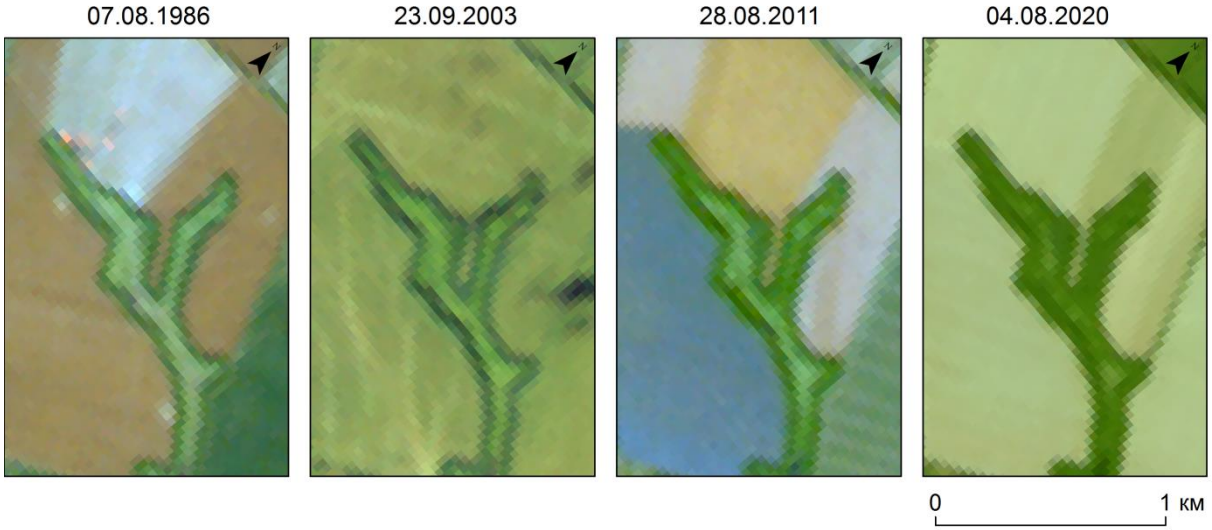


Рис. 1. Пример отображений изменений лесистости овражно-балочных систем на снимках Landsat TM/OLI. Синтез каналов: коротковолновый ИК2 – коротковолновый ИК1 – красный

Процесс облесения овражно-балочной сети проявляется в динамике ее спектрально-отражательных характеристик в виде повышения коэффициентов спектральной яркости в ближнем инфракрасном и снижения в коротковолновом инфракрасном диапазоне (табл. 2).

Таблица 2

Параметры спектрально-отражательных характеристик овражно-балочных систем, в которых наблюдались процессы роста лесистости по данным Landsat TM

Спектральный диапазон	1985		2001		2008	
	M*	Sd**	M	Sd	M	Sd
Синий	0,109	0,005	0,102	0,005	0,114	0,003
Зеленый	0,094	0,008	0,087	0,008	0,098	0,006
Красный	0,082	0,011	0,076	0,013	0,081	0,009
Ближний ИК	0,206	0,025	0,231	0,029	0,236	0,025
Коротковолновый ИК 1	0,188	0,029	0,186	0,034	0,160	0,024
Коротковолновый ИК 2	0,126	0,028	0,101	0,026	0,084	0,020

*M – среднее, Sd** – стандартное отклонение

За 23 года (1985-2008 гг.), на которые были доступные однотипные снимки с одного и того же прибора (Landsat TM) в среднем по изученным объектам при росте лесистости с 23 % до 42 % увеличение КСЯ составило 14,6 % в ближнем инфракрасном диапазоне. За этот же период снижение отражательных характеристик в коротковолновом инфракрасном 1-м диапазоне (1,55-1,75 мкм) составило 14,9 % и 33,3 % – в коротковолновом инфракрасном 2-м (2,08-2,35 мкм). В спектрально-отражательных характеристиках видимого диапазона спектра (синий, зеленый, красный каналы) последовательных изменений спектрально-отражательных характеристик не выявлено, что обусловлено тем, что коэффициенты спектральной яркости этих участков спектра, измеряемые по Landsat TM, менее чувствительны к изменениям лесистости по сравнению аналогичными характеристиками инфракрасной спектральной области. Коэффициенты спектральной яркости в инфракрасных каналах, особенно коротковолновом инфракрасном 2-м, показали выраженную отрицательную динамику вследствие роста лесистости овражно-балочной сети.

Литература

1. Кузьменко Я.В., Лисецкий Ф.Н., Кириленко Ж.А., Григорьева О.И. Обеспечение оптимальной водоохранной лесистости при бассейновой организации природопользования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3-2. С. 652–657.

2. Нечетова Ю.В., Нарожняя А.Г. Изучение овражно-балочной сети Белгородской области с применением ГИС-технологий // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2010. № 11 (71). С. 96–100.

3. Терехин Э.А. Пространственно-временная оценка лесистости овражно-балочных систем Среднерусской лесостепи с применением спектрально-отражательных признаков // Исследование Земли из космоса. 2021. № 4. С. 84–96.

4. Терехин Э.А., Чендев Ю.Г. Анализ пространственно-временных изменений лесистости на юге лесостепи Среднерусской возвышенности по спутниковым данным // Лесоведение. 2019. № 4. С. 257–265.

5. Song D.-X., Huang C., Sexton J.O., Channan S., Fen, M., Townshend J.R. Use of Landsat and Corona data for mapping forest cover change from the mid-1960s to 2000s: Case studies from the Eastern United States and Central Brazil // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2015. Vol. 103. P. 81–92.

УДК 528.9

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ АНИМАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Титов А.А.

E-mail: altitks@yandex.ru
Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

В статье описывается применение картографических анимаций для анализа данных антропогенного загрязнения атмосферы. Как правило, такие данные представлены в виде статистики. Картографическая визуализации позволяет более наглядно представить картину распределения загрязняющих веществ. На примере визуализации циркуляции атмосферы с помощью роз ветров рассматриваются принципы и особенности анимации с дискретным и непрерывным изменением картографического изображения. Можно сделать вывод, что розы ветров хорошо подходят для анимирования, в целом использование картографической анимации улучшает наглядность передаваемой динамики изменения показателей на карте, что может способствовать упрощению процедуры оценки условий загрязнения атмосферы.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, роза ветров, циркуляция атмосферы

Антропогенные загрязнения, такие как промышленные выбросы, выхлопные газы, нарушают функционирование экосистем. Загрязненные частицы попадают из воздуха в осадки, что приводит к попаданию загрязнённых частиц в почву. Рассеивание атмосферных примесей происходит, в том числе, под влиянием ветра, таким образом, происходит взаимодействие метеорологических условий и процессов распространения загрязняющих веществ [4]. Роль ветра в рассеивании загрязняющих веществ определяется его направлением и скоростью. Исследование циркуляции атмосферы необходимо при обеспечении хозяйственной деятельности, бесперебойной работы воздушного и морского транспорта, оптимального с экологической точки зрения размещения предприятий [1].

Чаще всего данные о загрязнении атмосферы представляются в виде статистических параметров, представленных в табличной форме. Они не дают точного представления о распределении загрязняющих веществ в пределах той или иной территории, а также не всегда позволяют оценить причины данного распределения. В этой связи привлечение сведений о направлении ветра позволяет выявлять причины, определяющие картину пространственного распределения загрязняющих веществ.

Картографическая визуализации циркуляции атмосферы возможна с помощью розы ветров – особой локализованной диаграммы в форме многоугольника, у которого длина лучей, расходящихся из центра

диаграммы, пропорциональны повторяемости ветра по данным многолетних наблюдений в этих направлениях (рис. 1).

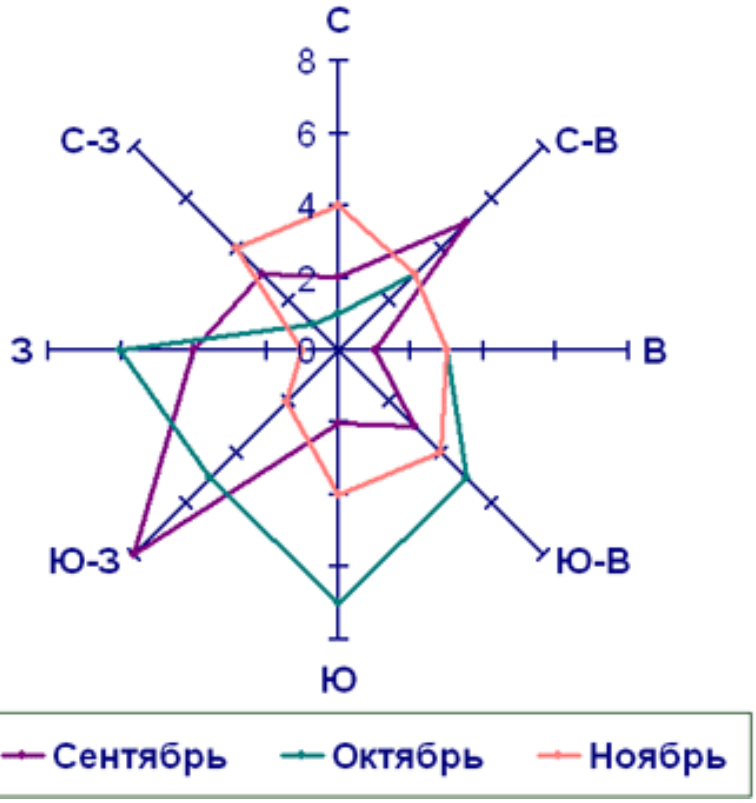


Рис. 1. Пример розы ветров г. Москвы, охватывающей осенние месяцы 2003 года

Розы ветров могут отображать как данные многолетних наблюдений циркуляции атмосферы, так и динамику климатических изменений за различные периоды. Диаграммы, составленные за многолетние периоды, используются для размещения наиболее «грязных» производств. Например, основная промышленная зона Москвы располагается на юго-востоке города в связи с тем, что при преобладающем западном переносе все потенциальные загрязнения выносятся за пределы городской застройки. Однако в течение года направление ветра в результате атмосферной циркуляции могут меняться, в связи с чем меняются и условия циркуляции атмосферы. Видится актуальным предложить метод визуализации динамики изменения направлений ветра с помощью роз ветров. Подходящим методом представления подобной информации является картографическая анимация.

Стоит отметить, что графическое строение розы ветров наилучшим образом подходит для анимации. В свою очередь, картографические анимации могут представлять собой как непрерывное, так и дискретное изменение картографического изображения [2, 5].

Анимация розы ветров с использованием дискретного изменения изображения представляет собой слайд-шоу, в котором кадры будут

автоматически переключаться с определенным временным промежутком. Таким образом, пользователь невооруженным глазом будет видеть смену кадров с различными конфигурациями розы ветров, а само изображение будет меняться «рывками». Создание подобных анимаций возможно как в геоинформационных системах таких как QGIS (рис. 2), так и в графических редакторах.

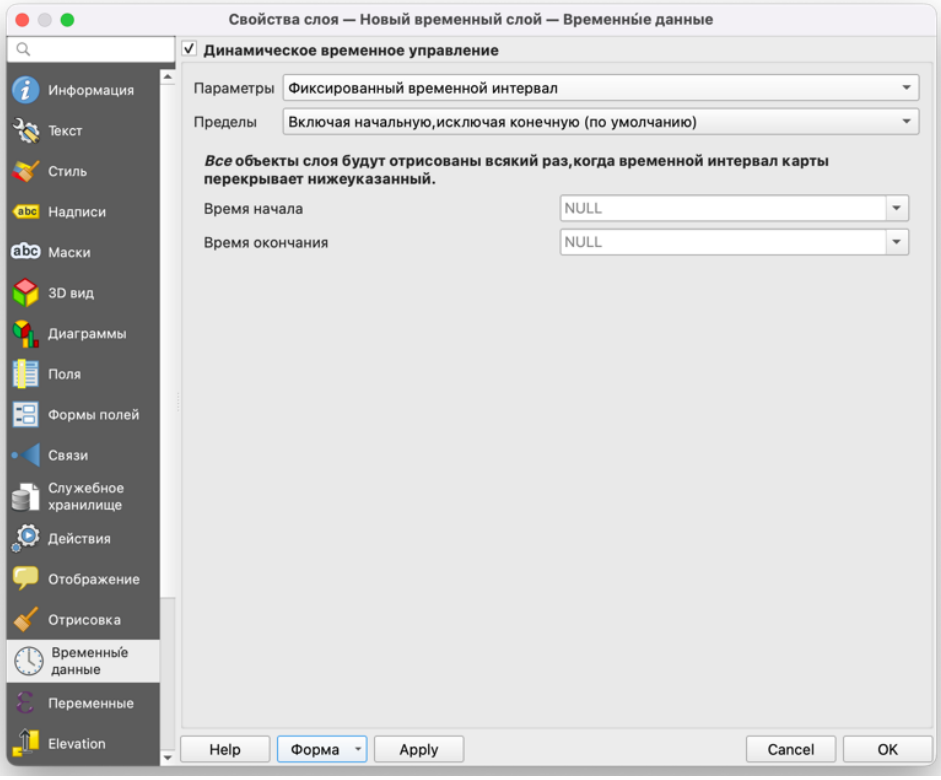


Рис. 2. Вкладка «Временные данные» в настройках слоя QGIS предназначена для создания анимации с дискретным изменением изображения

При создании анимации с дискретным изменением изображения составителю необходимо подготовить несколько точно совмещённых друг с другом карт-кадров, на каждом из которых будет расположено составленное за определённый временной период картографическое изображение целиком. Разумеется, все розы ветров для каждого пункта наблюдений должны быть приведены к единой шкале румбов создаваемой локализованной диаграммы. После подготовки всех кадров, при настройке анимации картограф задаёт порядок и временной промежуток смены кадров.

Процесс создания анимаций с непрерывным изменением изображения гораздо сложнее. Они раскрывают весь потенциал технологии анимации, выглядят более наглядно и привлекательно для пользователя. В отличие от анимаций с дискретным изменением изображения, здесь кадры сменяются с очень высокой частотой (как правило, 60 раз за секунду), таким образом, пользователь видит плавное движение условных знаков. Для создания подобных анимаций требуются специализированные программные продукты,

в которых предусмотрены детальные настройки движения и трансформирования векторных изображений. Одним из таких редакторов является Adobe Animate. Рассмотрим процесс создания анимации более подробно.

При создании анимации с непрерывным изменением изображения диапазоны шкал роз ветров также гармонизируются для каждого пункта наблюдений, однако процесс анимации роз ветров производится для каждого пункта наблюдений отдельно. Время трансформирования из одного положения диаграммы до другой должно совпадать с принятым временным промежутком, принятым за один период трансформирования (рекомендуется от 3 до 5 секунд).

Чтобы сделать плавное трансформирование формы линию розы ветров необходимо параметризовать по времени, изменяя временной параметр с заданной частотой смены кадров. Однако при таком подходе румбы направлений ветра учитываться не будут, следовательно, такая анимация является некорректной с картографической точки зрения (рис 3).

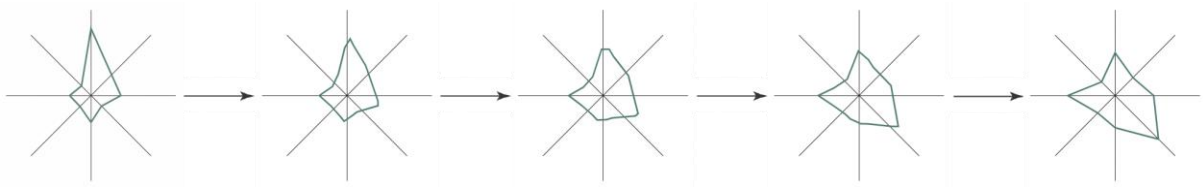


Рис. 3. Пример анимирования розы ветров без учёта румбов. Наглядно виден «излом» графика и несоответствие трансформирования осям

Для того, чтобы форма розы ветров изменялась в соответствие с румбами, необходимо использовать узловые точки, которые должны переходить сами в себя в начале и конце трансформирования. Для роз ветров нужно создать по одной точке на каждое пересечение оси и розы ветров (рис. 4).

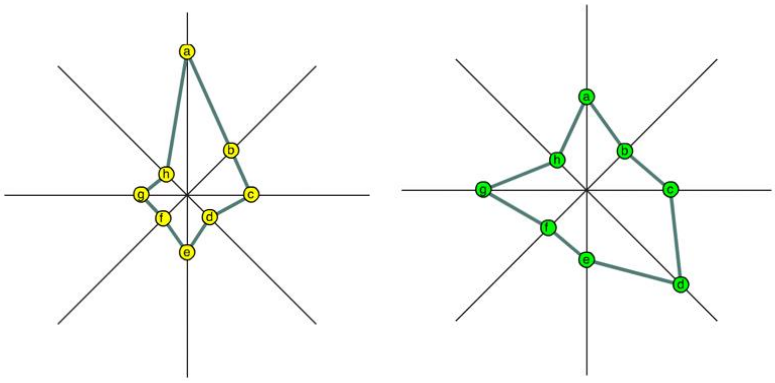


Рис. 4. Узловые точки, созданные для роз ветров начального (слева) и конечного (справа) кадров анимации. Каждая точка помечена строчной буквой латинского алфавита

После проведения данных манипуляций анимация розы ветров будет производиться корректно (рис. 5).

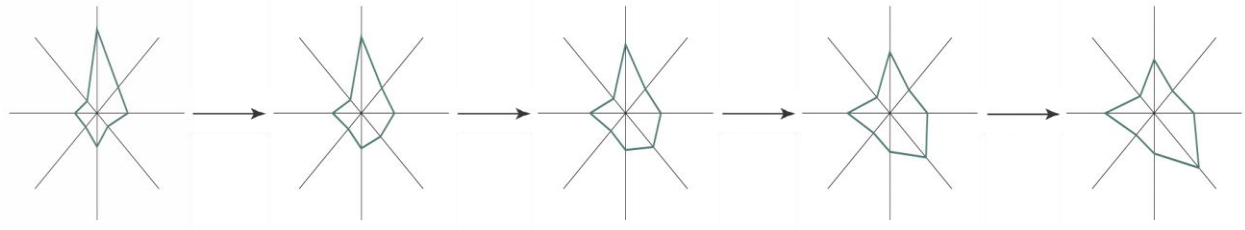


Рис. 5. Пример трансформирования розы ветров с настроенными узловыми точками

Подводя итог, можно сказать, что технология создание анимации с дискретным изменением изображения довольно проста с технической точки зрения. Тем не менее, анимирование с непрерывным изменением изображения, несмотря на трудоёмкость при создании, позволяет достичь плавного изменения картографического изображения, что улучшает наглядность при отображении динамики изменения картографируемых явлений. Визуализация динамики изменения циркуляции атмосферы посредством анимации роз ветров позволяет повысить информативность отображаемой информации, что, в свою очередь, может способствовать упрощению процедуры оценки условия загрязнения атмосферы [3].

Литература

1. Азаров В. Н., Донцова Т. В. О балансах вредных веществ в атмосфере крупных городов // Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2014. – № 1(31). – С. 12.

2. Радаман С. К. Методика создания телевизионных картографических анимаций для информационно-аналитических программ телевидения // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – М.: Издание МГУГиК, 2017. – № 1. – С. 81-87.

3. Титов А. А., Биктимирова Н. М. Оценка подходов к картографической визуализации климатических данных (на примере картографирования осадков) // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2025. – Т. 30, № 3. – С. 103-110. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-3-103-110.

4. Чернышова А. Г., Капризова А.М., Насибулина Б. М., Абуова Г. Б. Экологическое состояние окружающей среды в региональном аспекте Астраханского региона // Куражсковские чтения : Материалы III Международной научно-практической конференции, Астрахань, 16–17 мая 2024 года. – Астрахань: Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, 2024. – С. 173-177.

5. Gries D., Schneider F. The computer graphics manual. – New York: Springer, 2011. – 1559 p.

УДК 614.835.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВА СКЛАДА АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПОИСКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ

Удовиченко П.А.

E-mail: Udovichenko-petya@mail.ru
Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия

Аммиачная селитра – одно из самых важных химических соединений в сельском хозяйстве. Однако из-за неизученности природы ее взрыва, несогласованности нормативной документации и частых катастроф с человеческими жертвами остро стоит вопрос поиска безопасных решений ее хранения.

Ключевые слова: аммиачная селитра, Бейрут, экспорт, склад

По данным агентства Rupec, экспорт аммиачной селитры из России в 2024 году составил 3,4 млн тонн [8]. За первое полугодие 2025 года экспорт составил 1,3 млн тонн [11]. Несколько лет назад ведущий производитель минеральных удобрений – компания «ЕвроХим» в Новом Осколе Белгородской области открыла крупный агроцентр. В состав предприятия также входит склад аммиачной селитры (АС), который может единовременно хранить до 6 тысяч тонн данного удобрения [4].

Высокий спрос на АС обусловлен высоким содержанием азота, быстрой усваиваемостью растениями и низкой ценой. АС является окислителем, поддерживающим горение. При высоких температурах и соблюдении ряда условий может детонировать. При взрыве 1 килограмма АС выделяется 1600 килоджоулей, что соответствует взрыву 380 грамм тринитротолуола (TNT). Детонация аммиачной селитры – не редкое явление в контексте истории, и она наносит колоссальный урон людям, инфраструктуре и экологии. Выбросы аммиачных облаков при взрыве негативно сказывается на экологии. Загрязняет воздух и приводит к «горячим точкам» на Земле, изменяя климат. Также аммиак при попадании в воду способствует вредным цветениям водорослей и критически для живых существ снижает уровень кислорода в водоемах. В результате взрыва 4 августа 2020 г. в порту Бейрута 2750 тонн АС возникло землетрясение магнитудой 3,3 балла по шкале Рихтера, погибло 210 человек, ранено более 6000 человек, без жилья осталось более 300 тысяч человек (рис. 1).



Рис. 1. Последствия взрыва в порту Бейрута

Долгосрочные последствия для экологии на данный момент до конца не изучены.

Несмотря на большую популярность и большую разрушительность при неправильном обращении, АС является самым неоднозначным опасным грузом. Существующая нормативная документация на аммиачную селитру неактуальна, либо не согласованна между собой. Например, в правилах МОПОГ содержатся неактуальные порядки приема грузов и устройства портовой инфраструктуры: «п.5.1.13. … Ввоз в порт опасных грузов, перегружаемых на суда по прямому варианту, допускается только по ***телеграфному*** отзыву порта.» Также в МОПОГ присутствует неактуальная терминология: «п.5.1.42. ... На место аварии должна быть вызвана ***аварийная бригада порта*** для ликвидации аварии в соответствии с ***оперативным планом***».

Содержащиеся в разных версиях ГОСТа неопределенности относительно срока хранения АС представлены в таблице 1.

Таблица 1

Нормы хранения АС в разных версиях одного ГОСТа

	Открытое хранение в МК-Р	Крытое хранение насыпью
ГОСТ 2-2013 без изменений	До одного месяца	До 15 суток
ГОСТ 2-2013 изм. 1 (2015)	До 6 месяцев	До 15 суток
ГОСТ 2-2013 изм. 2 (2021)	До 6 месяцев	До 180 суток

При этом в СП.350 с изм. 1 дается ссылка на ГОСТ 2-2013 без изменений.

Еще одна неопределенность относительно АС заключается в том, что при стандартных лабораторных испытаниях она обладает очень низкой восприимчивостью к обычным механическим и тепловым воздействиям.

Это противоречит статистике поскольку инциденты, сопровождающиеся летальным исходом людей, происходят практически каждый год начиная с 2001 года [10]:

– 21 сентября 2001 года в Тулузе взорвалось 200-300 тонн, 31 человек погиб, 2442 получили ранения;

– 2 октября 2003 года в Сен-Ромен-ан-Жаре ворвалось 3-5 тонн, 26 человек пострадало;

– 22 апреля 2004 года в Рёнчхоне взорвалось неизвестное количество АС, 162 человека погибли, более 3000 получили ранения.

Также было еще 2 инцидента в 2004 году, 2 в 2007 году, по одному в 2007, 2009, 2011, 2013, 2014, 2015, 2020, 2022, 2024 годах. Несогласованность правил безопасности и не полная изученность АС может приводит к катастрофе.

В Белгородской области две крупные компании по производству аммиачной селитры: «РОСТУРБО-ГРЕЙС» и «ЕвроХим». У последних в Новом Осколе есть склад для хранения, вмещающий до 6 тысяч тонн данного удобрения. По математическим расчетам при детонации одного штабеля АС (700 т.) полному разрушению подвергнется инфраструктура в радиусе 221 метра, а при детонации всего склада (6 тыс. т.) радиус полных разрушений составит 452 метра (рис. 2).

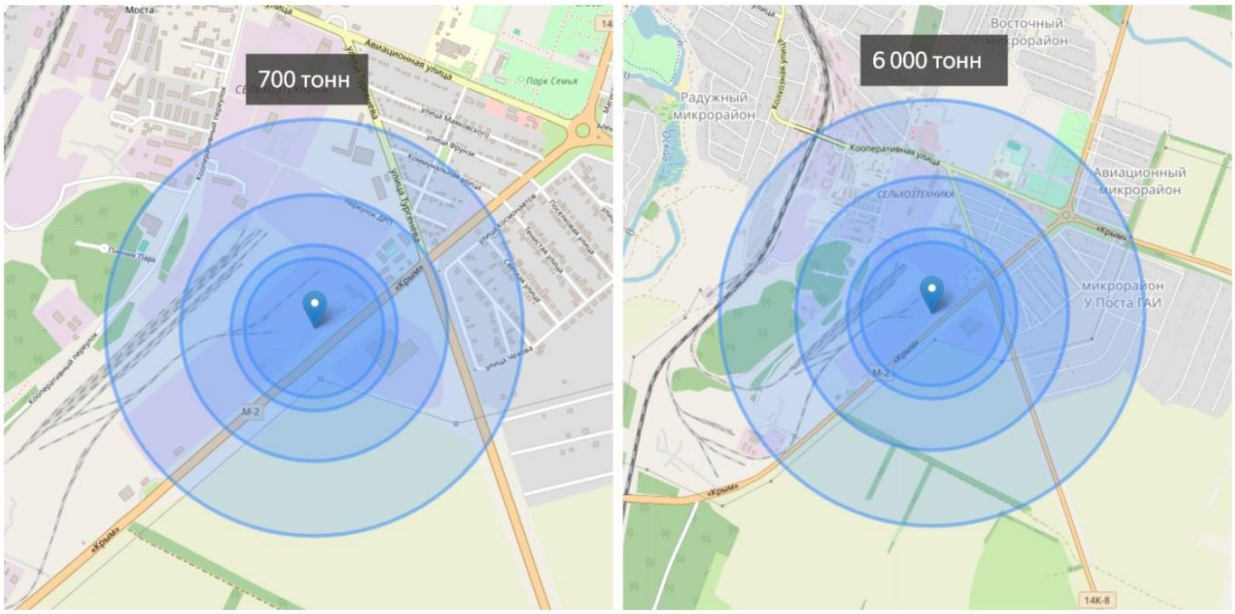


Рис. 2. Зоны поражения при взрыве АС 700 т и 6000 т

От меньшего диаметра к большему:
– зона полных разрушений;
– зона сильных разрушений;
– зона средних разрушений;
– зона слабых разрушений.
Формула расчета зоны разрушений:

$$\Delta P_{ф} = 100 \times \frac{\sqrt[3]{G_э}}{L} + 430 \times \frac{\sqrt[3]{G_э^2}}{L^2} + 1400 \times \frac{G_э}{L^3}$$

где $\Delta P_{ф}$ – избыточное давление во фронте ударной волны, кПа; – расстояние от центра взрыва до точки, в которой определяется величина избыточного давления, м; $G_э$ – эквивалентное (тринитротолуолу) количество взрывчатого вещества (ВВ), кг.

$$G_э = K_э \times G$$

где G – количество данного ВВ, кг; $K_э$ – коэффициент эквивалентности данного ВВ тринитротолуолу.

Таблица зависимости избыточного давления во фронте ударной волны от степени разрушений инфраструктуры представлена в таблице 2.

Таблица 2

Зависимость избыточного давления во фронте ударной волны от степени разрушений инфраструктуры

Величина избыточного давления	Степень разрушений
100 кПа	Зона полных разрушений
70 кПа	Зона сильных разрушений
30 кПа	Зона средних разрушений
15 кПа	Зона легких разрушений

Результаты расчетов зон поражения представлены в таблице 3.

Таблица 3

Расстояния зон поражений по степени тяжести

	Взрыв 700 тонн АС	Взрыв 6000 тонн АС
100 кПа	221 м	452 м
70 кПа	264 м	540 м
30 кПа	423 м	866 м
15 кПа	663 м	1356 м

Из всего вышесказанного можно прийти к выводу, что необходимо создать имитационную модель взрыва аммиачной селитры, для понимания происходящих процессов и поиска технологий, обеспечивающих безопасность хранения, в том числе взрывозащищенность склада. Смоделировать взрывное воздействие на конструкции можно с помощью программного комплекса ANSYS LS-DYNA. Предлагается два варианта расчета. Первый – подразумевает постановку задачи детонации АС, распространения ударной волны в среде (воздух) и взаимодействие ударной волны с элементами конструкции. Этот подход является более точным для решения задач взрыва, но он трудоемкий как в анализе, так и в расчете. Второй предполагает задание взрывного воздействия в виде функции давления от времени. Для ее реализации в LS-DYNA существует функция CONWEP. Она позволяет задать давление, действующие на конструкции, учитывая массу заряда (в TNT-эквиваленте), расстояние до него и ориентацию в пространстве.

Определим этапы моделирования по второму подходу. Для функции CONWEP задается ряд необходимых параметров:

– weight (масса заряда в TNT-эквиваленте);

– x0, y0, z0 (начальные координаты заряда);

– t0 (время задержки от начала отсчета до момента детонации);

– nunit (маркер единиц измерения);

– isurf (маркер типа взрывной волны);

Геометрическая модель местности и необходимые поверхности создаются заранее в пакете 3-х мерного моделирования. Дальнейшие операции после импорта геометрической модели и задания функции CONWEP имеют следующий порядок:

– Задание типов элементов и параметров сечений;

– Задание материалов моделей;

– Разбиение на конечные элементы;

– Создание Parts (совокупность элементов, обладающих уникальной комбинацией типа элемента, модели материала и параметров сечения) и компонентов;

– Задание граничных условий нагрузок;

– Задание контактных условий;

– Задание параметров управления расчетом и типа выходных данных;

– Генерация k-файла;

– Корректировка k-файла.

Создание имитационной модели взрыва мест хранения аммиачной селитры – один из самых важных этапов на пути к формированию безопасной системы хранения и перевалки экспортных удобрений.

Понимание процесса и характеристик взрыва АС позволит разработать технологии хранения, помогающие минимизировать риски для инфраструктуры и экологии, а также избежать человеческих жертв. Модель в программном комплексе LS-DYNA, реализованная через функцию CONWEP, будет иметь приемлемую на начальных этапах точность. В дальнейшем же необходимо решить трудоемкую задачу моделирования процесса детонации АС, распространения ударной волны и ее взаимодействие с конструкциями.

Литература

1. ГОСТ 2-2013 «Селитра аммиачная. Технические условия» с Изменениями 1,2.

2. Ильичев А.В., Зуйков В.А., Простов Е.Н., Кондратюк Н.В., Долгих Д.В. Обзор статистических данных пожаров и взрывов аммиачной селитры // Актуальные проблемы пожарной безопасности. – Москва: ВНИИПО, 2020. – С. 664-668.

3. Ильичев А.В., Зуйков В.А., Простов Е.Н., Кондратюк Н.В., Долгих Д.В. Особенности возникновения, развития и тушения пожаров на складах аммиачной селитры // Актуальные проблемы пожарной безопасности. – Москва: ВНИИПО, 2020. – С. 659-663.

4. Компания "ЕвроХим" открыла уникальный агроцентр в Белгородской области // RGRU URL: https://rg.ru/2016/09/13/kompaniia-evrohim-otkryla-unikalnyj-agrocentr-v-belgorodskoj-oblasti.html.

5. Козлитин А.М., Яковлев Б.Н. Чрезвычайные ситуации техногенного характера. Прогнозирование и оценка. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2000. – 124 с.

6. Марков В. Ф., Маскаева Л. Н. Взрывное термическое разложение аммиачной селитры: причины и пути предотвращения // Техносферная безопасность. – 2020. – № 4 (29). – С. 49-63.

7. РД 31.15.01-89 «Правила морской перевозки опасных грузов»

8. Россия увеличила в 2024 году экспорт удобрений на 13 % // RUPEC URL: https://rupec.ru/news/54675/.

9. СП 350.1326000.2018 «Нормы технологического проектирования морских портов» с Изменением 1.

10. Список инцидентов и катастроф, связанных с аммиачной селитрой // Википедия URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_ammonium_nitrate_incidents_and_disasters.

11. Экспортная цена на селитру в июне выросла почти на треть // АГРОЭКСПЕРТ URL: https://agroexpert.press/numbers/eksportnaya-czena-na-selitru-v-iyune-vyrosla-pochti-na-tret/.

УДК 631.484+622

БИОЛОГИЧЕСКОЕ НАКОПЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ ПОЧВА–РАСТЕНИЕ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И СТРУКТУРЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ (РАЙОН КМА)

Хуан Лихуа

E-mail: lhhuang0@163.com
Научный руководитель: Лисецкий Ф.Н., профессор, д.г.н.
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

Для изучения влияния различных типов землепользования, растительных компонентов и структуры древостоя на особенности биологического накопления химических элементов, в данной работе в качестве объекта исследования выбран район Курской магнитной аномалии (КМА). С типичных участков были отобраны почвенные и растительные образцы, включая зеленую надземную фитомассу на полях севооборота с озимой пшеницей, подсолнечником и отвалах вскрышных пород, зеленую надземную фитомассу, сухостой и подстилку на катене в «Ямской степи», а также подстилку в чистых кленовых насаждениях, смешанных насаждениях клёна с дубом и клёна с тополем. Определено содержание ряда химических элементов и рассчитаны коэффициенты биологического накопления (BCF) в системе «почва–растение». Установлено, что элементы, необходимые для питания и жизнедеятельности растений (P, S, Ca, Mg, K и др.), демонстрируют значительное накопление на пашнях с подсолнечником, а также на отвалах вскрышных пород и в насаждениях клёна с дубом, что указывает на их потенциальные преимущества для экологической рекультивации в горнодобывающих районах. Элементы литогенного происхождения (Al, Si, Ti, V) характеризуются низкими значениями BCF, в то время как содержание Cl в озимой пшенице, подсолнечнике и зеленой надземной фитомассе степи было аномально высоким, что, вероятно, связано с накоплением растворимых солей в почве и локальным антропогенным воздействием. Потенциально токсичные элементы в целом накапливаются слабо, что свидетельствует об ограниченных краткосрочных экологических рисках, однако Sr и Ni демонстрируют тенденцию к накоплению на пашне с подсолнечником, на пастбищах, в насаждениях клёна с дубом и в подстилке степи. Подстилка характеризуется более высокими значениями BCF по сравнению с зелёной надземной фитомассой и сухостоем, что указывает на её важную роль в восполнении питательных веществ и биогеохимическом круговороте элементов. Полученные результаты могут служить научной основой для восстановления растительного покрова, управления питательными веществами в почвах и профилактики экологических рисков в районах горных разработок.

Ключевые слова: Курская магнитная аномалия (КМА), коэффициент биологического накопления (BCF), элементы питания, потенциально токсичные элементы

Изучение процессов биологического накопления химических элементов в системе «почва–растение» имеет важное значение для оценки устойчивости экосистем, функционирования биогеохимических циклов и снижения экологических рисков в условиях антропогенного воздействия [12]. Особенно актуальны такие исследования в горнодобывающих районах, где структура землепользования и растительный покров существенно изменены [5]. Согласно оценкам исследователей [1], на территории Курской магнитной аномалии (КМА) сосредоточено до 60 % национальных и около 20 % мировых запасов железных руд. Масштабы прямого и опосредованного воздействия хозяйственной деятельности Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района охватывают порядка 3 тыс. км², включая карьеры, отвалы горных пород, вынесенные промышленные объекты и хвостохранилища, площадь которых превышает 100 км² [2]. Многолетняя интенсивная разработка месторождений сопровождается трансформацией почвенно-растительного покрова и накоплением техногенных субстратов [6]. В этих условиях исследование закономерностей биологического накопления элементов различными биокомпонентами при разных типах землепользования (пашни, степь, лесные насаждения, отвалы) позволяет оценить их потенциал для экологической рекультивации.

Цель работы – выявить особенности накопления элементов различными компонентами растительности в условиях разных типов землепользования КМА и определить их роль в биогеохимическом цикле и восстановлении экосистем.

Исследования проводили в пределах горнорудного комплекса региона КМА (Лебединского ГОКа (ЛГОК)) и на смежных ландшафтах. Климат умеренно-континентальный: зима холодная и снежная, лето тёплое и влажное. Почвенный покров представлен типичными и выщелоченными чернозёмами с высоким естественным плодородием. В зонах влияния горнодобывающей деятельности широко распространены отвалы вскрышных пород ЛГОКа.

В таблице 1 приведены характеристики образцов и перечень биокомпонентов. Для полученных материалов определено содержание химических элементов и оксидов и рассчитаны коэффициенты биологического накопления (BCF) в системе «почва – растение». Местоположение точек отбора охватывает интервал 51.170°–51.209° с.ш. и 37.560°–37.668° в.д., что соответствует площади порядка 4×7 км.

Таблица 1

Основная информация о почвенных и растительных пробах

	LULC*	Биокомпонент	Культура	Цвет сухой почвы (Munsell)	Глубина, см
1	Пашня	ЗФ	озимая пшеница	10YR5/3	0-15
2	Пашня	ЗФ	подсолнечник	10YR3/2	0-15
3	Отвал вскрыши ГОКа	ЗФ	клён ясенелистный, рудеральная растительность	10YR3/1.5	0-22
4	Ямская степь	ЗФ	кустарниковая и травянистая	10YR3/1	0-15
	Ямская степь	В	кустарниковая и травянистая	10YR3/1	0-15
	Ямская степь	П	кустарниковая и травянистая	10YR3/1	0-15
5	Лес	П	клён остролистный	10YR4/2	0-15
6	Лес	П	клён остролистный, дуб черешчатый	10YR3/2	0-15
7	Лес	П	клён остролистный, осина	10YR2/1.5	0-15

*Land Use Land Cover – категории землепользования.

Отбор осуществляли по стандартной схеме: почвенные пробы 0–22 см (объединённые из 5 точек) и растительные пробы (зелёная фитомасса, ветошь, подстилка). Все образцы сушили при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния. Подготовка включала измельчение и просеивание через 0,25 мм; из почв вручную удаляли корни и включения.

Элементный состав определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа (Спектроскан МАКС-GV) после прессования проб в таблетки. При этом использованы стандартные образцы для почв и растений. В почвах было определено 24 элемента, в растениях – 18; для расчёта использовали лишь элементы, надёжно определённые в обеих средах. Массовые доли оксидов пересчитаны в элементы по стехиометрии. BCF рассчитывали как отношение концентрации элемента в растительном компоненте к его содержанию [3]:

$$BCF = \frac{C_{plant}}{C_{soil}}$$

где C_{plant} – концентрация элемента в растительном организме, а C_{soil} – концентрация элемента в почве.

В таблице 2 представлены результаты исследования, которые позволяют проанализировать различия биологических коэффициентов накопления (BCF) в различных типах землепользования в районе горнодобывающего предприятия, в отдельных растительных компонентах заповедной «Ямской степи», а также в подстилке (П) разных типов лесных

насаждений. Элементы были разделены на три группы в соответствии с их экологической функцией и значением для окружающей среды: (1) Питательные и жизненно необходимые элементы (Mg, P, S, K, Ca, Fe, Mn, Zn, Ni) – играют ключевую роль в метаболизме растений, участвуют в фотосинтезе, синтезе белков и ферментативных реакциях [10]; (2) Элементы литогенного геохимического фона (Al, Si, Ti, V, Cl) – отражают минеральный состав почвообразующих пород и региональные геохимические особенности [8]; (3) Потенциально токсичные элементы (Cr, Ni, Rb, Sr, Ba) – их накопление в почве и растениях может представлять экологический риск [9]. Никель является одновременно необходимым микроэлементом и токсичным при избыточном накоплении [4].

Сравнение BCF в разных типах землепользования показало, что в образцах из пашни (озимая пшеница, подсолнечник), пастбища и отвалов вскрыши ЛГОКа коэффициенты накопления ЗФ значительно различаются. Концентрации P, S, K и Ca на большинстве участков имели высокие значения BCF; при этом наиболее обогащены P и S почвы пашни с подсолнечником (3,67 и 6,80) и породы на отвалах (4,05 и 5,65), что отражает их высокую потребность в метаболизме растений и специфический эффект почвенной среды на отвалах. K и Ca на пашне с подсолнечником (1,78 и 2,01) также показали избирательное поглощение. Mg был минимален на пашне с озимой пшеницей (0,20), но значительно выше на пашне с подсолнечником и на отвалах (>0,80), что указывает на совместное влияние видового состава растений и доступности элемента в почве. Среди элементов литогенного происхождения (Al, Si, Ti, V) характеризовались значениями BCF < 1 во всех типах участков, что свидетельствует об их ограниченной подвижности в надземной части растений. Cl имел резко различающиеся значения: в пашне – аномально высокие (>400), что может быть связано с накоплением растворимых солей или локальным удобрением.

Потенциально токсичные элементы имели BCF < 1, что указывает на низкий уровень биологического накопления и незначительный риск; однако по содержанию Sr в пашне с подсолнечником (0,61) и на пастбище (0,45) отмечены тенденции к накоплению, вероятно, в связи с почвообразующей породой или антропогенным привносом.

Сравнение различных растительных компонентов на участке «Ямской степи» выявило различия в миграции элементов и экологических рисках. Среди питательных элементов P и S во всех компонентах имели высокие величины BCF, особенно S в зелёной фитомассе (2,19) и подстилке (1,58), что указывает на значительное сохранение в отмирающих тканях. Mg, K и Ca в подстилке (0,71; 0,81; 1,23) были выше, чем в зелёной фитомассе, что отражает накопление малоподвижных элементов в процессе минерализации растительного вещества.

Таблица 2

Биологические коэффициенты накопления (BCF) элементов
в различных типах землепользования и растительных компонентах

LULC	Пашня	Пашня	Отвал вскрыши ГОКа	Пастбища		Ямская степь				Лес		
Культура	озимая пшеница	подсолнечник								КО	КО+дуб	КО+О
Образец	2-ЗФ	3-ЗФ	10-ЗФ	4-ЗФ		4-ЗФ	4- В	4-П		1-П	11-П	12-П
Mg	0.20	0.92	0.80	0.44		0.44	0.48	0.71		0.56	0.84	0.52
Al	0.02	0.01	0.01	0.01		0.01	0.03	0.04		0.05	0.08	0.05
Si	0.08	0.03	0.01	0.09		0.09	0.19	0.16		0.07	0.10	0.08
P	1.18	3.67	4.05	1.44		1.44	1.00	1.44		1.41	1.87	1.22
S	2.58	6.80	5.65	2.19		2.19	0.89	1.58		1.39	1.42	1.34
Cl	1219.75	479.84	211.75	83.93		83.93	7.94	8.87		0.09	НПКО	НПКО
K	0.61	1.78	2.55	0.81		0.81	0.00	0.01		0.04	0.10	0.04
Ca	0.29	2.01	0.65	1.23		1.23	0.87	1.19		3.11	2.99	2.45
Ti	0.02	0.01	0.01	0.01		0.01	0.05	0.06		0.04	0.06	0.05
V	0.01	0.02	0.02	0.02		0.02	0.09	0.12		0.07	0.10	0.07
Cr	0.08	0.07	0.07	0.07		0.07	0.06	0.05		0.07	0.07	0.07
Mn	0.07	0.17	0.13	0.11		0.11	0.33	0.33		0.41	0.71	0.68
Fe	0.02	0.00	0.02	0.06		0.06	0.60	0.79		0.30	0.30	0.17
Ni	0.06	0.06	0.08	0.05		0.05	0.11	0.13		0.10	0.15	0.11
Zn	0.29	0.41	0.40	0.31		0.31	0.34	0.49		0.60	0.63	0.59
Rb	0.21	0.18	0.25	0.22		0.22	0.16	0.15		0.16	0.19	0.17
Sr	0.15	0.61	0.32	0.45		0.45	0.56	0.95		0.73	1.15	0.90
Ba	0.08	0.05	0.06	0.09		0.09	0.12	0.16		0.17	0.20	0.17

Примечание: НПКО – обнаружено на уровне нижних пределов концентрации в выборке.

Fe и Mn имели BCF < 0,2, указывая на их низкую биодоступность. Cl в зелёной фитомассе достигал 83,93, а в ветоши и подстилке – 7,94 и 8,87 соответственно, что значительно превышало другие фоновые элементы. Это может быть связано с высокой подвижностью Cl^- и особенностями его поглощения в системе «почва–растение». Меловая пыль в регионе не является прямым источником Cl^-, но её осаждение способно повышать содержание карбонатов и изменять пористость и водопроницаемость почвы, что косвенно влияет на миграцию Cl^- и его поглощение растениями [11]. Al, Si, Ti, V во всех компонентах имели крайне низкие значения BCF (<0,2), что свидетельствует об ограниченном поглощении и их основном происхождении из минерального скелета почвы.

Среди потенциально токсичных элементов Cr и Ba имели BCF < 0,5; Rb был в пределах 0,22–0,31; Sr в подстилке (0,95) был значительно выше, чем в зелёной фитомассе (0,45), очевидно, из-за химической ассоциативности с Ca. Ni, являясь необходимым микроэлементом, в подстилке достигал 0,79, что требует внимания к его потенциальному риску. В целом, подстилка (4-П) имела более высокие BCF, чем зелёная фитомасса (4-3Ф) и ветошь (4-В), особенно по Ca, Sr и Ni, что может быть связано с остаточным накоплением малоподвижных элементов и атмосферным поступлением.

Сравнение подстилки в разных лесных насаждениях (клён, клён+дуб, клён+тополь) показало, что лесные растения имеют значительно более высокую способность накапливать питательные элементы, чем литогенные и потенциально токсичные элементы, а состав древесных пород влияет на поглощение отдельных элементов. Среди питательных элементов P и S имели величины BCF > 1 (P: 1,22–1,87; S: 1,34–1,42), что указывает на их важную роль в энергетическом метаболизме и структурном синтезе. Ca был максимален во всех вариантах (2,45–3,11), особенно в опаде клёна (3,11), что связано с его значением в формировании клеточной стенки и ионного баланса [7]. Mg находился в пределах 0,52–0,84, при этом комбинация клён+дуб имела максимальное значение, возможно, за счёт комплементарного поглощения. Mn и Zn были на уровне 0,4–0,71 и 0,59–0,63, отражая их значимость для фотосинтеза и ферментативной активности. Fe и Ni были низкими (<0,3 и <0,15), что свидетельствует об ограниченной биодоступности. K имел минимальные значения (0,04–0,10) из-за высокой подвижности в растении. Литогенные элементы во всех лесных насаждениях имели BCF < 0,1, что указывает на их поступление, главным образом, в результате адсорбции на корнях, а не активного поглощения. Среди потенциально токсичных элементов Cr был на уровне 0,07 во всех вариантах; Rb – 0,16–0,19; Sr был выше всего в комбинации клён+дуб (1,15) по сравнению с клёном (0,73) и клён+тополь (0,90), что может отражать различия в усвоении Sr. По Ba величины BCF были <0,2, что указывает на его ограниченную миграцию. В целом, состав лесных

насаждений влияет как на цикл питательных элементов, так и на возможные пути накопления потенциально токсичных элементов.

Таким образом, структура землепользования и состав растительных сообществ во многом определяют профили биологического накопления химических элементов, а полученные данные могут быть востребованы при решении актуальных задач экологического мониторинга природных сред и оценки эффективности у релевантны рекультивации на отвалах вскрышных пород горнорудных производств.

Литература

1. Гзогян Т.Н., Гзогян С.Р. Особенности вещественного состава богатых железных руд месторождений КМА // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2018. – Т. 42, № 2. – С. 131–141.

2. Корнилов А.Г., Кичигин Е.В., Колмыков С.Н., Новых Л.Л., Дроздова Е.А., Петин А.Н., Присный А.В., Лазарев А.В., Колчанов А.Ф. Экологическая ситуация в районах размещения горнодобывающих предприятий региона Курской магнитной аномалии: монография. – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», – 2015. – 157 с.

3. Arnot J.A., Gobas F.A.P.C. A review of bioconcentration factor (BCF) and bioaccumulation factor (BAF) assessments for organic chemicals in aquatic organisms // Environmental Reviews. – 2006. – Vol. 14. – P. 257–297.

4. Helaoui S., Mkhinini M., Boughattas I., Bousserrhıne N., Banni M. Nickel toxicity and tolerance in plants // In: Plant Ecophysiology. – Wiley, 2023. – P. 231–250.

5. Huang L. LULC dynamics and carbon sequestration in major iron ore regions of Russia and China // Regional Geosystems. – 2024. – Vol. 48, № 4. – P. 542–564.

6. Kong T., Zhang K., Huang L., Di J., Wang Y., Zhang J. Effects of mixed application of microbial agents on growth and substrate properties of alfalfa in coal gangue matrix with different particle sizes // Journal of China Coal Society. – 2023. – Vol. 48, Suppl. 1. – P. 241–251. – DOI: 10.13225/j.cnki.jccs.2022.0615. (in Chinese).

7. Lautner S., Fromm J. Calcium-dependent physiological processes in trees // Plant Biology. – 2010. – Vol. 12, № 2. – P. 268–274.

8. Li H. Petrology's role in unveiling geochemical controls on soil contamination: China's environmental assessment (2000–2022) // Innovation in Science and Technology. – 2024. – Vol. 3, № 1. – P. 40–50.

9. Mousavi S.M., Raiesi T., Sedaghat A., et al. Potentially toxic metals: Their effects on the soil–human health continuum // Journal of Advances in Environmental Health Research. – 2023. – Vol. 12, № 2. – P. 86–101.

10. Tariq A., Zeng F., Graciano C., et al. Regulation of metabolites by nutrients in plants // Plant ionomics: sensing, signaling, and regulation. – Springer, 2023. – P. 1–18.

11. Verrecchia E.P. Vertical variation in porosity of nāri (calcrete) on chalk, Galilee, Israel: A new interpretation as a tribute to Dan H. Yaalon // Catena. – 2016. – Vol. 146. – P. 62–72.

12. Yaneva R., Zhiyanski M., Dodev Y. Bioaccumulation of potentially toxic elements within the soil–plant system in Central Balkan region: analysis of the forest ecosystem capacity to mediate toxic elements // Environmental Geochemistry and Health. – 2022. – Vol. 44, № 2. – P. 563–577.

УДК 631.4

КАРБОНАТНЫЕ ПРОФИЛИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ КАК ИНДИКАТОРЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В СТЕПНЫХ И ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ

Чендев Ю.Г.[1], Курбанова Ф.Г.[2], Пузанова Т.А.[3]

E-mail: sciences@mail.ru
[1]ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия
[2]Институт географии РАН, г. Москва, Россия
[3]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

В статье рассматриваются особенности пространственно-временных изменений разновозрастных черноземов, изученных в археологических ландшафтах с курганами на территории лесостепной и степной зон центра Восточно-Европейской равнины. Обсуждается возможность реконструкции климатических обстановок разных исторических периодов по изменению во времени карбонатных профилей черноземов.

Ключевые слова: лесостепь, степь, Восточно-Европейская равнина, курганы, черноземы, карбонатные профили почв, почвенные хроноряды.

Одной из важных теоретических и прикладных проблем почвоведения, генезиса и географии почв остается поиск путей и методов использования разновозрастных почв для проведения палеопочвенных и палеогеографических реконструкций. К настоящему времени накоплена достаточно обширная база сведений о свойствах разновозрастных голоценовых почв, изученных в разных географических регионах России и Европейской части нашей страны в частности (Александровский, Александровская, 2005; Ахтырцев, Ахтырцев, 2002; Геннадиев, 1991; Демкин, 1997; Иванов, 1992; Прокашев, 2003; Сычева, 2011; Хохлова и др., 2010; Rusakov et al., 2018; и др.). Вместе с тем остается много проблемных вопросов, связанных с географической неравномерностью изучения разновозрастных почв, недостаточно разработанными хронологическими схемами голоценовой эволюции почв в разных регионах, дискуссионностью используемых методов и подходов для выполнения палеопочвенных и палеогеографических реконструкций.

В настоящей статье авторы обсуждают результаты исследования почвенных хронорядов в ареалах распространения черноземов на новых, недавно исследованных участках, с помощью почвенно-археологического метода исследований. Главным объектом обсуждения в статье являются карбонатные профили разновозрастных черноземов, которые, как известно, давно используются для реконструкции климатических условий разных исторических периодов голоцена (Демкин, 1997; Золотун, 1974; Иванов, 1992).

Ключевые участки исследований находятся в лесостепной зоне центра Восточно-Европейской равнины (6 участков), на границе между лесостепью и степью (1 участок) и в степной зоне (1 участок). Курган участка «Волхонские выселки» был исследован в Чаплыгинском районе Липецкой области; курган участка «Шилово» изучался в южной части г. Воронежа; курган участка «Шахты» был изучен в Ростовской области, в 2-х км к западу от г. Шахты; курган участка «Болдыревка» изучен в Острогожском районе Воронежской области в 1 км к западу от села Болдыревка; курган участка «Девица» изучен в 1,5 км к югу от участка «Болдыревка»; курган участка «Дубравка» исследован в Губкинском районе Белгородской области в 0,5 км к западу от села Дубравка; курган участка «Ивановка» изучен в 2 км к западу от деревни Ивановка в Новохоперском районе Воронежской области.

Почвы всех изученных участков формируются на ровных водоразделах – в пределах недавно существовавших (несколько столетий назад) природных травянистых ландшафтов с большой глубиной залегания грунтовых вод, что позволяет их относить к зональным представителям почвенного покрова луговых степей лесостепной зоны и типичных степей степной зоны.

Почвообразующими породами являются карбонатные лессовидные и покровные суглинки и глины.

В хонологическом отношении на 5 участках погребенные под курганами черноземы относятся к бронзовому веку с периодом погребения в диапазоне 3400-4300 лет назад, и на двух участках – к периоду раннего железного века с диапазоном погребения в интервале времени 2300-1900 лет назад.

Морфометрические признаки погребенных и фоновых почв представлены в табл. 1.

Таблица 1

Морфометрические признаки исследованных почв и разность признаков между погребенными и фоновыми почвами

№ п/п	Участок		Мощность, см		Глубина вскипания, см
			A1	A1+A1B	
1	«Волхонские выселки», средний бронзовый век	П	43	59	37
		Ф	48	64	118
		Δ	**-5**	**-5**	**-81**
2	«Шилово», средний бронзовый век	П	22	34	36
		Ф	47	79	102
		Δ	**-25**	**-45**	**-66**
3	«Шахты», средний бронзовый век	П	23	44	24
		Ф	Апах - 33	59	31
		Δ	**≤ - 10**	**-15**	**-7**
4	«Болдыревка», поздний бронзовый век	П	24	71	12
		Ф	46	51	65
		Δ	**-22**	**-20**	**-53**
5	«Дубравка», поздний бронзовый век	П	28	56	40
		Ф	54	88	96
		Δ	**-26**	**-32**	**-56**

Окончание табл. 1

6	«Девица», ранний железный век	П	41	63	40
		Ф	44	71	76
		Δ	**-3**	**-8**	**-36**
7	«Ивановка», ранний железный век	П	17	27	24
		Ф	32	47	45
		Δ	**-15**	**-20**	**-21**
		Δ	**-4**	**-19**	**не опр.**
8	Средние показатели на участках бронзового века	П	28	53	30
		Ф	46	68	82
		Δ	**-18**	**-15**	**-52**
9	Средние показатели на участках раннего железного века	П	29	55	32
		Ф	38	59	61
		Δ	**-9**	**-4**	**-29**

Примечание: П – погребенная почва, Ф – фоновая почва, Δ - разность «погребенная-фоновая почва».

Практически во всех случаях на изученных участках линия вскипания в погребенных черноземах находилась ближе к поверхности по сравнению с современными (фоновыми) аналогами, что может свидетельствовать о более засушливых климатических обстановках периодов создания курганов по сравнению с современными условиями. Ранее считалось, что палеочерноземы раннего железного века по всем морфологическим признакам практически не отличаются от современных черноземов (Ахтырцев, Ахтырцев, 1986; Золотун, 1974). В свете новых сведений данный вопрос нуждается в пересмотре. Согласно результатам наших исследований, на территории Центральной лесостепи и на границе лесостепи и степи в период бытования лесостепной культуры скифского времени (2400-2300 лет назад) и в сарматский период (2000-1900 лет назад) климат был более засушливым и более континентальным по сравнению с современным.

На рис. 1 представлены графики профильного распределения содержания CO_2 карбонатов в подкурганных черноземах бронзового века, а также в периоды существования лесостепной культуры скифского времени и сарматов. На всех графиках хорошо заметна разница в глубине залегания максимума содержания карбонатов: в погребенных почвах эти максимумы расположены ближе к поверхности почв, а в современных черноземах они находятся глубже. Это в очередной раз подчеркивает несоответствие условий формирования сравниваемых почв – в пользу более гумидных климатических условий в наше время.

При анализе карбонатных профилей подкурганных и фоновых черноземов нами была выявлена интересная зависимость между глубиной вскипания в погребенных почвах, выраженной в процентах от современных значений, и средним содержанием углерода карбонатов в слое 0-100 см почв, выраженным в % от современных значений (рис. 2).

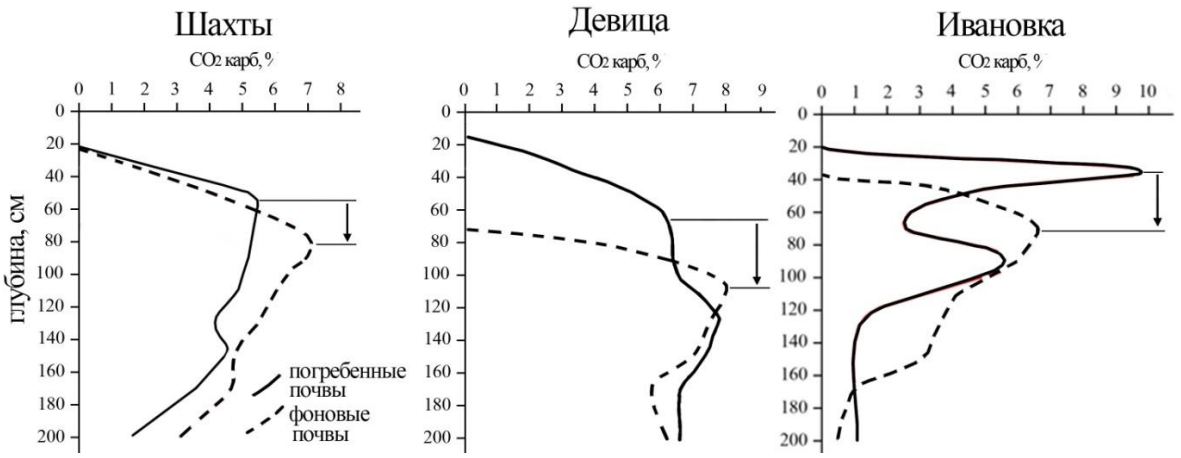


Рис. 1. Профильное распределение содержания CO_2 карбонатов в фоновых черноземах и их погребенных аналогах под курганами бронзового века («Шахты»), лесостепной культуры скифского времени раннего железного века («Девица»), сарматской культуры раннего железного века («Ивановка»). Стрелками показано смещение максимумов содержания карбонатов, произошедшее за период между временем создания курганов и современностью

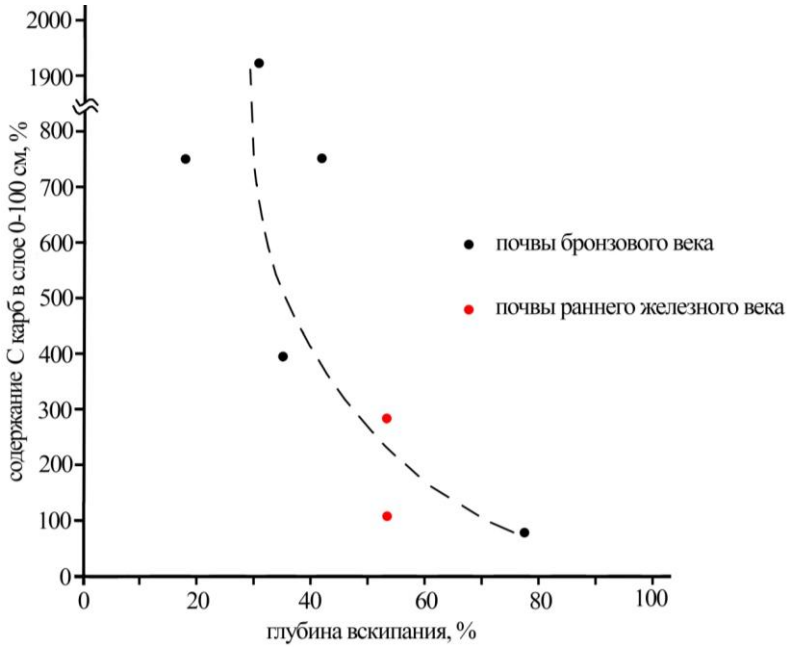


Рис. 2. Зависимость между глубиной залегания карбонатов и содержанием углерода карбонатов в метровой толще палеочерноземов, % от современных значений (на основании изучения почв на 7 новых ключевых участках)

Смысл этой зависимости заключается в следующем: чем меньше глубина вскипания в погребенных почвах, тем больше содержится карбонатов в метровой толще этих почв. Это и понятно, учитывая подтяжку карбонатов в верхнюю часть почвенных профилей при усилении засушливости климата. Однако выявляются и более глубокие генетические закономерности, а именно: при глубине вскипания на уровне 30 % от современных значений и менее (это в среднем соответствует линии

вскипания на глубине 23 см от поверхности почв или меньше этой величины) содержание карбонатов в метровой толще почвенных профилей начинает в геометрической прогрессии возрастать до значений, в 8 и более раз превышающих фоновые характеристики. Такие скачки в прошлом, вероятно, приводили к кардинальным перестройкам почв и геосистем в ответ на усиливавшуюся аридизацию климата. Реакция почвенной среды становилась сильно щелочной, проективное покрытие и видовое разнообразие растительного покрова снижались, потенциальное плодородие почв и в целом природно-ресурсный потенциал ландшафтов деградировали. Возникали предпосылки кризисных экологических ситуаций. Использование установленной закономерности (рис. 3) при проведении исследований на новых участках будет способствовать повышению информативности изучаемых объектов, а также уточнению проводимых палеопочвенных и палеоклиматических реконструкций.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта РНФ, проект № 24-77-10054 «Комплексные исследования археологических памятников и реконструкция палеосреды в голоцене и конце плейстоцена».

Литература

1. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. - М.: Наука, 2005. - 223 с.

2. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. Эволюция почв Среднерусской лесостепи в голоцене // Эволюция и возраст почв СССР. - Пущино, 1986. - С. 163-173.

3. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. Изменение гумусного состояния лесостепных и степных черноземов под курганами и при длительной распашке // Почвоведение. - 2002. - № 2. - С. 140-149.

4. Геннадиев А.Н. Почвы и время: модели развития. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. - 229 с.

5. Демкин В.А. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении природы и общества. – Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН , 1997. – 213 с.

6. Золотун В.П. Развитие почв юга Украины за последние 45-50 веков: Автореф. дис. д-ра с.-х. наук. - Киев, 1974. - 74 с.

7. Иванов И.В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. - М.: Наука, 1992. - 143 с.

8. Прокашев А.М. История развития почвенного покрова Вятско-Камского Предуралья в голоцене // Проблемы эволюции почв: Материалы IV Всероссийской конференции. - Пущино, 2003. - С. 131-137.

9. Сычева С.А. Малый климатический оптимум и малый ледниковый период в памяти почв и отложений пойм Русской равнины // Известия Российской академии наук. Серия географическая. - 2011. - № 1. - С. 79-93.

10. Хохлова О.С., Зазовская Э.П., Чичагнова О.А., Яблонский Л.Т. Радиоуглеродное датирование различных материалов из курганов ранних кочевников Южного Приуралья // Известия Российской академии наук. Серия географическая. - 2010. - № 3. – С. 82-94.

11. Rusakov A., Makeev A., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva M., Chernov T., Golyeva A., Popov A., Kurbanova F., Puzanova T. Paleoenvironmental reconstruction based on soils buried under Scythian fortification in the southern forest-steppe area of the East European Plain // *Quaternary International*. - 2019. - *502*. - Pp. 197-217. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.016.

УДК 630*114.442.1+631.433.53(470.324)

РОЛЬ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РЕГУЛЯЦИИ ПОТОКОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ НАГОРНОЙ ДУБРАВЫ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Шешницан Т.Л.

E-mail: tatianasheshnitsan@gmail.com
Научный руководитель: Матвеев С.М., заведующий кафедрой лесоводства, лесной таксации и лесоустройства, доктор биологических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

В работе исследована сезонная динамика эмиссии CO_2 из почвы под лиственным насаждением в Воронежской нагорной дубраве. Показано, что скорость почвенного дыхания зависит от сочетания температуры и влажности почвы: максимальные значения наблюдаются при их одновременном повышении летом, а снижение эмиссии осенью связано с дефицитом влаги и падением температуры. Результаты подчёркивают высокую чувствительность почвенного дыхания к гидротермическим условиям и его значимость для оценки углеродного баланса лесных экосистем.

Ключевые слова: эмиссия CO_2, температура почвы, влажность почвы, лесные экосистемы, углеродный цикл, лесостепь

Изменение климата является одной из ключевых глобальных экологических проблем современности, в связи с чем количественная оценка дыхания почвы приобретает не только академическое, но и практическое значение [8]. По данным исследований, эмиссия углекислого газа (CO_2) из почвенных экосистем примерно в 6-7 раз превосходит антропогенные выбросы, связанные со сжиганием ископаемого топлива [6]. Тем не менее, пространственная и временная изменчивость интенсивности почвенного дыхания в различных типах лесных экосистем остается недостаточно изученной и требует дальнейшего анализа [2].

Почвенное дыхание представляет собой сложный, многофакторный процесс, интенсивность которого определяется биотическими факторами, такими как тип растительного покрова и состав микробных сообществ, а также абиотическими факторами, включая температуру, влажность и рельеф [1, 4, 7]. Особое внимание уделяется исследованию гидротермических условий, поскольку именно взаимодействие температуры и влажности оказывает значительное влияние на продуктивность наземных экосистем и скорость разложения органического вещества почвы [12]. Установлено, что высокая влажность почвы увеличивает микробиологическую активность, однако ее чрезмерные значения снижают общий поток CO_2 из-за ограниченной диффузии кислорода. Напротив, низкое содержание влаги

существенно ограничивает деятельность корней и микроорганизмов, что приводит к уменьшению интенсивности выделения CO_2 [14].

В условиях изменяющегося климата исследования почвенного дыхания как ключевого элемента глобального цикла углерода, наиболее актуальны и требует к себе особого внимания на региональном уровне. Поэтому цель настоящего исследования заключалась в изучении сезонной динамики выделения углекислого газа из почвы под лиственным насаждением Воронежской нагорной дубравы.

Исследования проводились на участке с осоко-снытьевым дубняком, где представлены серогумусовые глееватые бескарбонатные маломощные супесчаные почвы, сформировавшиеся на песчано-супесчаных отложениях. Почвенный покров характеризуется признаками оглеения в верхнем горизонте, а гумусированность колеблется в пределах от 2,75 до 5,00 %. Общее содержание углерода в почве составляло 1,83 %, запасы углерода в метровой толще равнялись 115 тС/га.

Измерения интенсивности эмиссии углекислого газа из почвы проводились на участках лесной экосистемы с третьей декады апреля по ноябрь 2024 года с подекадной частотой, в осенний период – с интервалом один–два раза в месяц. Для регистрации потоков CO_2 использовался метод закрытых камер с применением портативной системы LI-870SC (CO_2/H_2O) на базе инфракрасного газоанализатора (LI-COR Biosciences Inc.). Температуру и влажность почвы регистрировали в момент измерений с применением датчика Stevens HydraProbe.

Измерения эмиссии CO_2 в течение вегетационного сезона показали, что значения колебались от 1,97±0,05 до 5,80±0,33 мкмоль CO_2 $м^{-2}$ $с^{-1}$, а температура почвы варьировала от 5,4±0,03 до 21,0±0,09°С (рис. 1). Наиболее высокие температуры почвы были зарегистрированы в июле и августе, минимальная – в конце ноября. Влажность почвы изменялась от 4,15±0,41 до 46,0±1,97 %, причем минимальные значения были отмечены в сентябре. В мае и июне показатели влажности были стабильными, однако заметное повышение температуры в июне способствовало увеличению дыхания почвы до 3,57±0,16 – 3,78±0,11 мкмоль CO_2 $м^{-2}$ $с^{-1}$ по сравнению с майскими значениями (1,97±0,05 – 2,73±0,10 мкмоль CO_2 $м^{-2}$ $с^{-1}$).

Из всех компонентов углеродного цикла эмиссия CO_2 из почвы наиболее чувствительна к изменениям окружающей среды. Исследователи отмечают, что колебания температурного режима в течение года оказывают значительное влияние на выделение углекислого газа из почвы [10]. Максимальные значения эмиссии CO_2 были зафиксированы во второй декаде июля, что связано с пиком гидротермических условий – температурой почвы на уровне 21±0,09 °С и влажностью 46 %. Влияние гидротермических факторов на интенсивность дыхания почвы подтверждается рядом исследований, согласно которым взаимодействие температуры и влажности оказывает ключевое влияние на эмиссию углекислого газа [5, 11]. Так, эмиссия CO_2 становится особенно

чувствительной к повышению температуры при высоком уровне влажности, в то время как низкие температуры существенно снижают влияние достаточного увлажнения [3, 13].

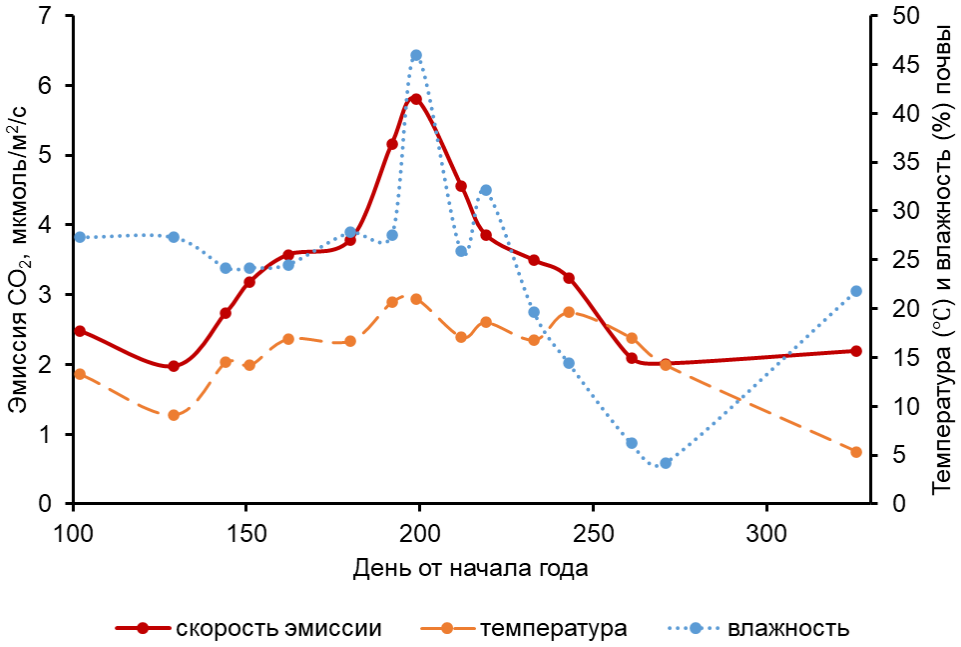


Рис. 1. Сезонная динамика эмиссии CO_2 из почвы, температуры и влажности почвы в нагорной дубраве Воронежской области в течение вегетационного периода 2024 года

Начиная с середины августа, в условиях дефицита осадков произошло значительное снижение влажности почвы до 14,4±0,56 %, несмотря на высокие температуры, что привело к снижению эмиссии CO_2 до 3,24±0,19 мкмоль $м^{-2}$ $с^{-1}$. Исключительно сухие условия сентября 2024 года (самый засушливый за последние 150 лет) снизили влажность почвы до минимального уровня в 4,15±0,41 %, вследствие чего эмиссионный поток составил 2,01±0,13 мкмоль CO_2 $м^{-2}$ $с^{-1}$. Недостаток влаги ограничивает активность корней и микроорганизмов снижается, что приводит к низким значениям эмиссии углекислого газа [14].

К ноябрю влажность почвы выросла в четыре раза по сравнению с сентябрьскими значениями, однако сезонное снижение температуры и окончание вегетационного периода обусловили уменьшение метаболической активности микроорганизмов, что привело к стабильно низкому уровню эмиссии CO_2 (2,19±0,18 мкмоль CO_2 $м^{-2}$ $с^{-1}$) [9].

Таким образом, сезонная динамика почвенного дыхания в условиях нагорной дубравы Воронежской области существенно зависит от гидротермических факторов. Установлено, что максимальные значения эмиссии углекислого газа приходятся на летние месяцы, когда наблюдаются наиболее благоприятные сочетания температуры и влажности. Снижение температуры и дефицит влаги в почве осенью обусловливают падение интенсивности процессов эмиссии. Полученные данные подтверждают

высокую чувствительность почвенного дыхания к климатическим параметрам и подчёркивают важность учёта гидротермических условий при моделировании углеродного баланса лесных экосистем в условиях изменения климата.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023013000012-7 «Биогеохимический мониторинг цикла углерода в природных и антропогенных экосистемах Воронежской области в условиях глобального изменения климата (FZUR-2023-0001)

Литература

1. Мошкина Е.В., Бахмет О.Н., Медведева М.В. и др. Пространственно-временная динамика биологической активности почв в фитогенном поле сосны обыкновенной в средней тайге Карелии // Лесоведение. – 2022. – № 4. – С. 351–363. – DOI: 10.31857/S0024114822040076.

2. Bahn M., Reichstein M., Davidson E.A. et al. Soil respiration at mean annual temperature predicts annual total across vegetation types and biomes // Biogeosciences Discussions. – 2009. – Т. 6. – С. 11501–11520.

3. Carlyle J.C., Bathan U. Abiotic controls of soil respiration beneath an eighteen-year-old Pinus radiata stand in south-east Australia // Journal of Ecology. – 1988. – Т. 76. – С. 654–662.

4. Fan L., Han W. Soil respiration after forest conversion to tea gardens: a chronosequence study // Catena. – 2020. – Т. 190. – 104532. – URL: https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104532.

5. Forrester J.A., Mladenoff J.D., Gower S.T., Stoffel J.L. Interactions of temperature and moisture with respiration from coarse woody debris in experimental forest canopy gaps // Forest Ecology and Management. – 2012. – Т. 265. – С. 124–132.

6. Le Quéré C., Peters G., Andres R. et al. Global carbon budget 2013 // Earth System Science Data Discussions. – 2013. – Т. 6. – С. 689–760.

7. Liang N., Teramoto M., Takagi M., Zeng J. High-resolution data on the impact of warming on soil CO_2 efflux from an Asian monsoon forest // Scientific Data. – 2017. – Т. 4. – 170026. – URL: https://doi.org/10.1038/sdata.2017.26.

8. Luo Y., Zhou X. Soil Respiration and the Environment. – Burlington: Academic Press, 2006. – 328 с.

9. Ma B., Wang S., Cao S. et al. Biological nitrogen removal from sewage via anammox: recent advances // Bioresource Technology. – 2016. – Т. 200. – С. 981–990. – URL: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.10.074.

10. Ming W., Xingtu L., Jitao Z. et al. Diurnal and seasonal dynamics of soil respiration at temperate Leymus chinensis meadow steppes in western Songnen Plain, China // Chinese Geographical Science. – 2014. – Т. 24, № 3. – С. 287–296. – URL: https://doi.org/10.1007

11. Sugihara S., Funakawa S., Kılasara M., Kosakı T. Effects of land management on CO_2 flux and soil C stock in two Tanzanian croplands with contrasting soil texture // Soil Biology and Biochemistry. – 2012. – Т. 46. – С. 1–9.

12. Tang X., Pei X., Lei N. et al. Global patterns of soil autotrophic respiration and its relation to climate, soil and vegetation characteristics // Geoderma. – 2020. – Т. 369. – 114339. – URL: https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114339.

13. Yan J., Feng Y., Li J. et al. Response of soil respiration and Q_{10} to temperature and moisture in naturally regenerated and bare lands based on an 11-year observation period // Catena. – 2022. – Т. 208. – 105711. – URL: https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105711.

14. Zheng P., Wang D., Yu X. et al. Effects of drought and rainfall events on soil autotrophic respiration and heterotrophic respiration // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2021. – Т. 308. – 107267. – URL: https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107267.

УДК 574

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ГАЗА НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ

Эльман К.А., Срыбник М.А.

E-mail: k_yelman@ugrasu.ru
Институт нефти и технологий (филиал) ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», Сургут, Россия

В статье рассматривается вопрос экологического мониторинга качества газа на магистральных газопроводах в аспекте функционирования концепции экологического мониторинга в отношении к нефтяным и газопроводам, которая базируется на государственном мониторинге окружающей среды, который определяется Постановлением Правительства Российской Федерации от 14.03.2024 г. № 300 «Об утверждении Положения о государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды), в соответствии в Законом «Об охране окружающей среды», Федеральный закон от 10.01.2022 г. № 7-ФЗ.

Ключевые слова: газ, сырье, экология, мониторинг, стандарт, метрология.

Вследствие высокой степени доверенных обязательств за объемы газа, предоставленные контрагентами в систему магистральных трубопроводов для их транспортирования до заказчика, минимизации потерь при извлечении предельной прибыли при выполнении работ по транспортировке углеводородов, большую значимость имеют инновации и надежность учета транспортируемого товара.

Также, при создании качественных характеристик газа, подаваемого в магистральные трубопроводы, с точки зрения мониторинга окружающей среды, необходимо принять во внимание следующее:

1. Обоснованность обеспечения магистрального транспорта газа в однофазном состоянии. Это означает, что в трубопроводе почти не должны образовываться из газа следующие компоненты: H_2O, водные растворы CH_3OH, $C_nH_{2n}(OH)$, $C_nH_{2n}+3N$, лед (твердые льдоподобные вещества).

2. Газ не должен вызывать разрушение трубопроводов, арматуры, контрольно-измерительных приборов в виде коррозии.

3. Контрольные потребительские свойства газа как нефтепродукта либо углеводородного сырья у непосредственного потребителя с непременным учетом промышленной безопасности при задействовании газа.

Мониторинг качества газа должен соответствовать стандартам, общепринятым стандартам на природный газ ОСТ 51.40 – 93 "Газы горючие природные поставляемые и транспортируемые по магистральным газопроводам. Технические условия" был заменен стандартом СТО Газпром 089 – 2010.

Данный стандарт охватывает горючие природные газы, нефтяные товарные газы, которые направляются с нефтепромыслов, подземных хранилищ газа, а также нефтегазоперерабатывающих предприятий в магистральные газопроводы, и далее по ним транспортируемые.

Отметим, что концепция Индустрии 4.0 стандартизации передовых производственных технологий на 2025-2030 гг. и курс цифровой стратегии определенный указом Президента № 309 от 07 мая 2024 года "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года" установили цифровую стратегию как востребованное направление "умного производства", "цифровых фабрик и двойников", "киберфизических систем", "промышленного интернета вещей" без которых неосуществимо организовать высококонкурентоспособную продукцию в высокотехнологических направлениях промышленности [1, 2].

Составляющие регулирования нефтегазоперерабатывающим предприятием зависимы от контроля цифровой экономики. Так, например, структура управления нефтегазоперерабатывающего предприятия характеризуется отличительными свойствами: исполнение управленческих трансформаций в основополагающих подразделениях компании; формирование организационно-методического центра апробации цифровой экономики руководства автоматизированными системами обработки информации учитывая выполнение цифровых заключений, служб; формирование фидбэка со всей компанией [3].

Стоит отметить также административно-технические особенности предприятия, например: целесообразность развития современных коммерческих идей регулирования инноваций и результатов; распределение при утверждении и воплощении стратегических решений реализуется на базисе распределений конкретных компетенций; внедрение цифровых стратегий в технологический процесс. Также не стоит упускать из виду невостребованные источники, например: необходимые ресурсы (сведения, опыт, сотрудники); невостребованный участвующий персонал в процессе выполнения постоянного совершенствования.

Отметим также показатели ключевых составляющих цифровой стратегии нефтегазоперерабатывающего предприятия, а именно: назначение – производительное совершенствование технологической системы в соответствии цифровых инноваций с участием сотрудников; объект – постоянное развитие внедрения преобразований информационных технологий, тесное взаимодействие всей команды предприятия; достижение – комплексный, технологический, производительный подходы.

Из вышеизложенного следует, что цифровая стратегия нефтегазоперерабатывающего предприятия – это повышение эффективности промышленных и организационных процедур в результате введения передовых принципов регулирования предприятием, в том числе, интеграция существующих и налаженных организационных процедур в ходе передовой

цифровой экономики, которая разрешает трансформировать устоявшиеся представления, а также реализовать трансформацию в усовершенствованное «цифровой интеллект» сотрудников и модифицировать стратегию предприятия [4].

Следовательно, цифровая стратегия нефтегазоперерабатывающего предприятия предусматривает создание эталонных представлений услуг на основании цифрового преобразования, и цифрового усовершенствования действующих коммерческих процедур. Что в свою очередь обеспечивает предприятия укрупнять свою ривальную значимость, развивать комплексные и внешние изобретения, оптимизировать работоспособность цифровых проектов развития.

Используя существенную базу данных, цифровые проекты развития вызывают научную революцию изобретений, возникновению преимущества перед конкурентами, собственных позиций в инновационной деятельности. Вследствие цифровых технологий, а именно информационного потока, искусственного разума, компании стремительно и всеобъемлюще могут обретать существенные сведения, например, потребительский спрос, технический прогресс, новые перспективы для передового развития экономической среды производства [5].

Отметим, что цифровая эволюция организации состоит из следующих периодов:

1. Мониторинг цифрового развития организации, предусматривает оценку технической готовности действующих этапов в организации, совокупности методов для будущего их прогресса.

2. Формирование дорожной карты цифровой эволюции организации, предусматривает выстраивание целеполаганий, пункты контроля и сдачи отчетов.

3. Введение демонстрационного проекта, подразумевает верификацию реализующихся проектов, которые успешно функционируют и востребованы.

4. Репликация проектов, предусматривает оценку совокупности операций.

Многоуровневая модель дорожной карты цифровой эволюции организации включает в себя стратегию диджитализации экономической модели, модель цифровой стратегии операционной деятельности (процессы дигитализации), инженерно-техническую инфраструктуру цифровой революции.

Основные аспекты дорожной карты цифровой стратегии нефтегазоперерабатывающего предприятия, направлены на усовершенствование, целеполагание и выстраивание набора проектов в рамках цифровой стратегии. Сама же цифровая стратегия включает в себя вопросы технологии, процессов и культуры. Под технологиями подразумевается урегулирование целенаправленных структур организации и ее сплочение с действующими проектами. Процессы включают в себя

внедрение и освоение изменений бизнес-процессов, усовершенствование аналогичных знаний. И конечно же, культура, включает в себя трансформацию традиций и форм организации для качественного управления интеграции цифровой стратегии.

Из вышеизложенного следует, что цифровая стратегия затрагивает все ключевые направления цифровой стратегии нефтегазоперерабатывающего предприятия, а именно проект, создание, техническое обслуживание, логистическую цепь, сопутствующие функции и службы.

Помимо вышеизложенного, отметим, что газы должны соответствовать нормам и требованиям показателей качества СТО Газпром 089 – 2010.

Экологический мониторинг необходимо учитывать с учетом благоприятного микроклимата и сурового климата, особенно в аспекте транспортировки газа по магистральным газопроводам, принимая во внимание следующие показатели:

1. Точка росы газа по влаге (ГОСТ 20060 – 2021).
2. Точка росы газа по углеводородам (ГОСТ 20061 – 2021).
3. Концентрация кислорода в газе (ГОСТ Р 56834 – 2015).
4. Теплота сгорания низшая (ГОСТ 27193 – 86).
5. Содержание механических примесей и труднолетучих жидкостей (ГОСТ 6370 – 83 и ГОСТ 10577 – 78).
6. Концентрация сероводорода (ГОСТ 22387.2 – 2021).
7. Концентрация меркаптановой серы (ГОСТ Р 52030 – 2003).

Отметим, также, что экологический мониторинг как правило содержит определение ряда показателей, а именно:

1. Интенсивность запаха газа (ГОСТ 22387.5 – 2014).
2. Число Воббе (ГОСТ 31369 – 2008 (ИСО: 6976:1995)).
3. Содержание H_2S (ГОСТ 22387.2 – 2014).
4. Компонентный состав (ГОСТ Р 57975.1 – 2017, ГОСТ 31371.7 – 2020).
5. Содержание механических примесей (ГОСТ Р 57975.1 – 2017).
6. Содержание O_2 (ГОСТ Р 57975.1 – 2017).

Получение природного газа оценивается по показателям, которые прописаны в СТО Газпром 089 – 2010 в соответствии с проектами, достижениями и пр.

В заключении отметим, что результаты исследований дают возможность найти решение, реализовать переход цифровой стратегии нефтегазоперерабатывающего предприятия, а также осуществить наладку производства в реализации плана цифровой стратегии нефтегазоперерабатывающего предприятия, стратегическое управление цифровой стратегии нефтегазоперерабатывающего предприятия, которые направлены на успешное усовершенствование экономической системы в целом. Также, регулярность и испытательный полигон определяются между подрядчиком и заказчиком в индивидуальной ситуации,

а также руководствуясь регламентом поставки газа с учетом охраны окружающей среды.

Литература

1. Foundamentals of Chaos and Self-Organization Theory in Sports / A. A. Khadartsev, A. A. Nesmeyanov, V. M. Eskov [et al.] // Integrative Medicine International. – 2017. – Vol. 4, No. 1-2. – P. 57-65. – DOI 10.1159/000458153.

2. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems / V. M. Eskov, V. V. Eskov, J. V. Vochmina, T. V. Gavrilenko // Moscow University Physics Bulletin. – 2016. – Vol. 71, No. 2. – P. 143-154. – DOI 10.3103/S0027134916020053.

3. Срыбник, М. А. Анализ экологической сертификации предприятий на основе международных стандартов / М. А. Срыбник, К. А. Эльман // Стандартизация и сертификация: опыт стран Европейского союза и перспективы сотрудничества для России: материалы Международной научно-практической конференции, Нижневартовск, 05 апреля 2018 года / ответственный редактор И.А. Волкова. – Нижневартовск: Нижневартовский государственный университет, 2018. – С. 392-395.

4. Эльман, К. А. Оценка нормирования состояния окружающей среды геологии нефти и газа / К. А. Эльман // Экосистемные услуги и менеджмент природных ресурсов : материалы международной научно-практической конференции, Тюмень, 28–30 ноября 2019 года. – Тюмень: Издательство "ВекторБук", 2020. – С. 239-240.

5. Яворский, Д. И. Безопасность при добыче и транспортировке нефтепродуктов / Д.И. Яворский // Актуальные вопросы современной экономики. – 2025. – № 3. – С. 522-527.

3. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЦИОНАЛЬНОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ

УДК 332.68, 528.48, 004.896

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ СОЦИАЛЬНОЙ ДОГАЗИФИКАЦИИ

Аразова Н.М., Белова А.В.

Email: nelli.arazova@mail.ru
Научный руководитель: Белова А.В., кандидат географических наук, доцент, заведующая базовой кафедрой ведения ЕГРН
«Северо-Кавказский федеральный университет», город Ставрополь, Российская Федерация

Статья рассматривает повышение эффективности комплексных кадастровых работ в программе социальной догазификации через внедрение аэрофотогеодезии и автоматизированной обработки данных. Интеграция этих технологий сокращает сроки, снижает затраты и повышает экономическую отдачу кадастровых мероприятий.

Ключевые слова: социальная догазификация, комплексные кадастровые работы, аэрофотогеодезия, автоматизированные информационные системы, согласование границ

Федеральная программа социальной догазификации направлена на обеспечение бесплатной подачи газа в жилые помещения граждан. Эта программа признана государством одной из ключевых мер для улучшения качества жизни населения и модернизации инфраструктуры регионов страны. Несмотря на положительные социальные последствия, практическая реализация программы сталкивается с множеством трудностей. Одна из наиболее острых проблем – это уточнение границ земельных участков и объектов недвижимости, что является неотъемлемой частью подготовки к подключению домовладений к газораспределительным сетям.

Комплексные кадастровые работы (ККР) становятся обязательными в процессе социальной догазификации, однако действующие подходы вызывают многочисленные осложнения. Длительность проведения работ, высокая доля ручного труда, сложность согласования границ и нехватка современных технологий приводят к значительному увеличению временных и финансовых затрат. Следовательно, существует острая необходимость в разработке и внедрении инновационных решений, направленных на повышение точности, оперативности и качества кадастровых работ.

Среди перспективных способов решения обозначенных проблем выделяется использование современных технологий, таких как

аэрофотогеодезия. Современные методы дистанционного зондирования земной поверхности, включая применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), лазерного сканирования и фотограмметрии высокого разрешения, позволяют оперативно получать точные пространственно-временные характеристики территории. Это даёт возможность существенно сократить сроки подготовки исходных материалов и обеспечить автоматизацию процессов внесения изменений в реестр недвижимости.

Применение аэрофотогеодезии даёт возможность повысить точность данных, избегать ошибок и минимизировать вероятность возникновения конфликтов при уточнении границ земельных участков. Особенно эффективны такие технологии в труднодоступных и больших по площади регионах, где традиционный подход оказывается дорогостоящим и трудоемким.

Аэрофотосъемка – это технология получения высококачественных изображений земной поверхности с воздуха. Снимки получаются с помощью самолетов, дронов или других летательных аппаратов, оснащенных специальными камерами и сенсорами. Получаемые фотографии позволяют точно определять координаты объектов на местности, что существенно повышает точность кадастровых данных.

Почему важна аэрофотосъемка в кадастровой деятельности?

Применение аэрофотосъемки дает следующие преимущества:

1. Быстрая фиксация территории: Используя аэрофотосъемку, можно оперативно зафиксировать текущие границы земельных участков, выявить изменения и ошибки в существующих кадастровых данных.
2. Высокое разрешение: Современные датчики позволяют получать изображения с точностью до сантиметров, что делает возможным обнаружение мелких деталей и объектов на местности.
3. Минимизация ошибок: Благодаря компьютерной обработке данных и использованию фотограмметрии, удается минимизировать вероятность ошибок при уточнении границ земельных участков.
4. Экстенсивное покрытие: Один полет позволяет охватить обширные территории, что ускоряет процесс выполнения кадастровых работ.

Другой эффективный путь повышения эффективности кадастровых работ – это внедрение автоматизированных информационных систем. Такие системы позволяют не только снизить временные и финансовые затраты, но и минимизировать появление технических ошибок, которые нередко становятся причинами юридических споров и конфликтов. За счет автоматизации значительно возрастает прозрачность и доступность информации для всех участников процесса, что способствует повышению качества управления земельными ресурсами и снижению коррупционных рисков.

Традиционно процесс согласования границ проходил медленно и мучительно. Каждому владельцу земельного участка приходилось физически присутствовать на встрече, посещать офисы кадастровых инженеров и тратить массу времени на подписание многочисленных документов. Мало

того, что собрать всех владельцев одновременно практически невозможно, так ещё и ошибки в документах могли приводить к долгим задержкам и судебным разбирательствам.

Новая автоматизированная система кардинально изменит ситуацию. Вот как это будет происходить:

1. Онлайн-пространство для согласования границ. Виртуальный портал предложит удобный интерфейс, где владельцы участков смогут проверить и согласовать границы дистанционно, сидя дома или в офисе. Всего несколькими кликами мыши можно будет подписать соглашение и продолжить процесс оформления документов.

2. Максимальная прозрачность и точность. Вся информация будет храниться в открытом доступе, позволяя каждому владельцу в любое время посмотреть точные границы своего участка и прилегающих владений. Это предотвратит разногласия и ускорит процесс.

3. Минимизация бюрократии. Вместо утомительного похода по инстанциям все данные будут передаваться электронным путём. Вам не придётся заполнять десятки бумажных бланков вручную – вся информация вводится онлайн, мгновенно отправляется и проверяется специалистами.

Комплексные кадастровые работы постепенно становятся предпочтительным выбором для проведения кадастровых процедур в рамках реализации программы социальной догазификации. В сравнении с индивидуальными кадастровыми работами, комплексные работы обладают целым рядом уникальных преимуществ, которые делают их оптимальным решением для большинства ситуаций.

Основное преимущество ККР – значительное сокращение времени и денег, затрачиваемых на проведение кадастровых процедур. В отличие от индивидуальных кадастровых работ, которые осуществляются последовательно для каждого отдельного участка, комплексные работы проводятся одновременно для большого массива земельных участков, расположенных в пределах одного кадастрового квартала или группы смежных кварталов. Это позволяет:

1. Параллельная обработка данных, что снижает сроки выполнения работ в целом.

2. Экономия средств, так как одна группа специалистов обрабатывает большое количество участков одновременно, что дешевле, чем привлечение отдельных сотрудников для каждого участка.

При проведении индивидуальных кадастровых работ согласования границ земельных участков происходят отдельно для каждого участка, что требует множества переговоров и консультаций. В рамках ККР согласование границ осуществляется совместно для всех участков, входящих в кадастровый квартал. Это существенно упрощает процедуру согласования и снижает вероятность возникновения пограничных споров.

Комплексные кадастровые работы способствуют формированию полномасштабной картины земельного устройства территории, что облегчает

последующее администрирование и управление земельными ресурсами. Результат ККР – актуальная и полная информация обо всех земельных участках и объектах недвижимости, находящейся на территории выполнения работ. Это улучшает качество принятия управленческих решений и обеспечивает прозрачность процесса распоряжения земельными ресурсами.

Выбор в пользу комплексных кадастровых работ оказывает существенное положительное влияние на экономику и государственную политику:

1. Снижаются расходы граждан и организаций на оформление документов.
2. Происходит рост стоимости недвижимости, поскольку участки получают официальное подтверждение своих границ.
3. Уменьшается вероятность юридических споров и сопутствующих судебных издержек.
4. Улучшается налогообложение, так как устраняются недостоверные данные о земельных участках.

Внедрение инновационных технологий и автоматизированных систем в процесс проведения комплексных кадастровых работ позволяет радикально повысить эффективность программы социальной догазификации. Современные методы дистанционного зондирования и автоматизация процессов позволяют существенно сократить временные и финансовые затраты, повысить точность и достоверность кадастровых данных, а также минимизировать вероятность возникновения юридических конфликтов. Всё это создаёт благоприятные условия для успешного выполнения программы социальной догазификации и дальнейшего улучшения качества жизни граждан.

Литература

1. Федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ «О кадастровой деятельности».
2. Федеральный закон от 29.07.2017 № 217-ФЗ «О ведении гражданами садоводства и огородничества для собственных нужд...».
3. Федеральный закон от 31.12.2013 № 431-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации».
4. Постановление Правительства РФ от 27.12.2017 № 1714 «Правила подключения объектов капитального строительства к сетям газораспределения».
5. Приказ Министерства экономического развития РФ от 06.06.2017 № 271 «Об утверждении требований к документам, представляемым для постановки на государственный кадастровый учет».
6. ГОСТ Р 59328-2021 «Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования».
7. Васильченко, В.И. Современные методы и технологии кадастровых работ: монография. – М.: КНОРУС, 2022.
8. Иванова, А.В. Теория и практика кадастровой деятельности: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2023.
9. Медведев, Д.Н. Современные технологии в кадастровой деятельности. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022.
10. Тарасова, О.В. Комплексные кадастровые работы: правовые и технологические аспекты. – Саратов: Наука, 2021.

УДК 504.064.43

ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

Башевая Т.С.

E-mail: t.s.bashevaya@donnasa.ru
«Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» – филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

В работе проведен анализ подходов к оценке экологичности технологий обращения с отходами. Установлено, что в настоящий момент используется ряд показателей, которые оценивают технологию (способ) обращения с отходами на конкретном объекте не комплексно, а по отдельным показателям. Разработан интегральный критерий экологичности технологий обращения с отходами.

Ключевые слова: отходы, вторичные ресурсы, показатель безотходности, рециклинг, показатель токсичности отходов, обращение с отходами.

Формулировка проблемы. Как экологически опасный фактор отходы являются одним из наиболее значительных факторов загрязнения окружающей среды. Существующий уровень утилизации отходов, снижение токсичности остаточных отходов и их негативного влияния на окружающую среду не влияет на улучшение состояния окружающей среды. Разрыв между темпами накопления отходов и объемами их утилизации усугубляет экологический кризис. Одной из самих радикальных мер защиты окружающей среды в данном случае является разработка и внедрение систем переработки промышленных и коммунальных отходов, которые должны рассматриваться как вторичные ресурсы (ВР), а именно малоотходных (безотходных) технологий и технологий замкнутых циклов.

В настоящее время термин «безотходные (малоотходные) технологии» крайне популярен. Любые отходы можно рассматривать в качестве ВР, поскольку они могут быть использованы в хозяйственных целях, либо частично, либо полностью замещая традиционные виды материально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов. Поэтому многие субъекты экономической деятельности, в результате которой образуются отходы, провозглашают, что они создают, используют или внедряют малоотходные технологии, имея в виду технологии рециклинга или повторного использования отходов. Однако, как оценить эти технологии относительно уровня их безотходности, при этом учитывая

уровень воздействия технологий рециклинга отходов на окружающую среду.

Таким образом, *целью* данной работы является разработка интегрального критерия экологичности для оценки технологий обращения с отходами.

Основной материал. Эффективная система обращения с отходами требует формирования соответствующего механизма управления. Согласно работам Воробьева А.В. «Управление отходами это – создание системы, позволяющей провести учет образования, утилизации, переработки или захоронения каждой тонны отходов, учитывая ее специфику; рассчитать и реализовать потребность в конкретных технологиях» [1].

Основная стратегия экологически эффективного обращения с отходами включает в себя реализацию следующего блока задач:

- сведение к минимально возможному объемов отходов в результате технико-технологической реорганизации и реконструкции производственных процессов;
- более полное извлечение ценных компонентов из отходов;
- снижение токсичности остаточных отходов и их негативного влияния на окружающую среду.

К концепции безотходной технологии существует два подхода [2]. Один основан на законе сохранения вещества, в соответствии с которым сырье (материя) всегда может быть преобразовано в ту или иную продукцию. Следовательно, можно создать такой технологический цикл, в котором все экологически опасные вещества будут преобразовываться в безопасный продукт или исходное сырье. В рамках этой концепции логично стремление к максимальному внедрению технологий рециклинга для отходов производства и потребления. Так как, рециклинг – это любой способ утилизации, в результате которого материалы отходов подвергают переработке, делающей изделия, материалы или вещества пригодными для их повторного использования (например, получение бумаги из макулатуры, металла из металлолома и др.) [3].

Согласно другому, полностью безотходную технологию нельзя создать ни практически, ни теоретически (подобно тому, как энергию нельзя полностью перевести в полезную работу в соответствии со вторым законом термодинамики, так и сырье невозможно полностью перевести в полезный экологически безопасный продукт). Другими словами, полностью безотходная технология – идеальная система, к которой должен стремиться всякий реальный технологический цикл, и чем больше будет это приближение, тем меньшим будет экологически опасный след.

В этом отношении более реальной является так называемая малоотходная технология – совокупность последовательных операций, при которых вредное воздействие на окружающую среду доведено до санитарно-гигиенических норм и соответствующих предельно допустимых

концентраций. Таким образом, приняв, что полностью безотходная технология – это идеальная модель производства, можно утверждать, что и малоотходная технология требует определенных корректирующих коэффициентов, оценивающих степень их приближения к безотходной.

Анализ литературных данных показывает, что при оценке экологически эффективного обращения с отходами в настоящий момент используется ряд показателей, которые оценивают технологию (способ) обращения с отходами на конкретном объекте не комплексно, а по отдельным показателям. Например, для оценки уровня снижения количества отходов, образующихся на предприятии или остаточных, от которых собственник имеет намерение избавится, используют такие показатели как [4-6]:

- коэффициент ресурсоотдачи ($K_{ро}$) определяется отношением объема произведённой продукции (Q) к количеству потребленных ресурсов (R). Высокий коэффициент показывает эффективное использование ресурсов.

$$K_{ро}=RQ; \quad (1)$$

- относительный объём отходов (α) вычисляется как отношение объёма образовавшихся отходов (W) к объёму выпущенной продукции (P). Обычно выражается в процентах. Минимальное значение α соответствует низкой доле образования отходов.

$$\alpha=PW\times 100\ \%; \quad (2)$$

- уровень повторного использования и утилизации отходов (U) рассчитывается как отношение количества переработанных и повторно введённых в цикл отходов ($W_{перераб}$) к общему количеству образовавшихся отходов (W). Максимальные значения указывают на высокий уровень безотходности.

$$U=W\times W_{перераб}\times 100\ \%; \quad (3)$$

- балансовый метод анализа безотходности технологий основан на составлении материальных балансов сырья, промежуточных продуктов, конечной продукции и отходящих потоков (жидких, газообразных, твёрдых). Анализируются входящие потоки (материал, энергия) и исходящие (продукт, отходы, выбросы), что позволяет точно рассчитать уровень потерь и неэффективности процесса:

$$\sum Материальных\ поступлений=\sum Получ.\ продукции+\sum Образовавш.\ отходов \quad (4)$$

Балансовый метод применяется преимущественно в химической промышленности, металлургии, агропромышленном комплексе и других отраслях с интенсивным материальным потоком.

Следует отметить, что все критерии и методы, описанные формулами (1–4) применимы для оценки безотходности производственных процессов и технологий, и не эффективны для анализа способов обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО).

Для характеристики полноты использования полезных веществ отходов предлагается учитывать коэффициент безотходности. В литературе при описании данного показателя встречаются выражения «критерий безотходности», «индекс безотходности». В общем понимании коэффициент безотходности ($К_б$) – это отношение количества (доли) (%) полезных веществ, извлекаемых из перерабатываемого отхода по отношению ко всему его количеству [7]:

$$К_б = \frac{M_П}{M_О} \quad (5)$$

где $M_П$ – количество (доля) полезных веществ, извлекаемых из утилизируемого отхода, т; $M_о$ – общая масса перерабатываемого отхода, т.

В ряде отраслей промышленности уже имеются количественные показатели оценки безотходности. Так, в цветной металлургии широко используется коэффициент комплексности, определяемые долей полезных веществ (в %), извлекаемых из перерабатываемого сырья по отношению ко всему его количеству.

Кроме оценки количества отходов, образующихся при том или ином производственном процессе, важнейшим показателем является их токсичность и опасность для окружающей среды. С учетом этого приводится методика экономического совершенствования химических процессов и удельного образования отходов с помощью критерия экологичности ($К_{эк}$), который учитывает количество *i*-го токсичного компонента в жидких, газообразных и твердых отходах.

Следовательно, наиболее адекватно проводить анализ экологической значимости технологии обращения с отходами на основании двух составляющих:

- уровня токсичности образовавшихся отходов по классу опасности через определения индексов токсичности;
- количества отходов, имеющих дальнейшее применение по отношению к общему объему отходов.

Для оценки экологической безопасности при обращении с отходами нами, на основании экспериментальных и теоретических исследований, разработан *интегральный критерий экологичности* $В_{эк,}$ который учитывает

токсические характеристики образующихся отходов путем отношения концентрации компонентов, входящих в состав отходов, к их предельно допустимым концентрациям, и долю отходов, которые используются в качестве вторичных материальных ресурсов (ВМР):

$$B_{ЭК} = \frac{K_C}{1 - K_Б} \tag{5}$$

где K_C – интегральный коэффициент токсичности; $K_Б$ – интегральный коэффициент безотходности.

Следовательно, что у абсолютно "чистой" технологии критерий экологичности должен быть равен нулю.

Интегральный коэффициент токсичности представляет собой сумму коэффициентов токсичности всех компонентов входящих в состав отходов:

$$K_C = \sum_{i=1}^{k} K_{Ci} \tag{6}$$

где k – количество токсичных компонентов входящих в состав отходов; K_{Ci} – коэффициент токсичности i -го вещества, содержащегося в отходах, который определяется по формуле:

$$K_{Ci} = 0{,}001 \frac{C_i}{W_i} \tag{7}$$

где C_i – концентрация токсичного компонента в отходах, мг/кг; W_i – коэффициент степени опасности компонента в отходе, мг/кг.

K_{Ci} находится в пределах $0 \le K_{Ci} \le 1$, для каждого значения i, то есть для каждого вещества, так как, в противном случае, оценивать технологию на экологичность нецелесообразно. Для интегрального коэффициента токсичности K_C тогда имеет место оценка:

$$k \cdot \min_i K_{Ci} \le K_C \le k \cdot \max_i K_{Ci} \tag{8}$$

Интегральный коэффициент безотходности определяем из выражения:

$$K_Б = \frac{\sum_i M_{Pi}}{M_O} \tag{9}$$

где M_{Pi} – масса рециклируемого i-го вещества, извлеченного из отходов, т; M_O – общая масса отходов, т.

Подставляем значения из приведенных выше выражений в формулу (5) получаем выражение для расчета интегрального критерия экологичности:

$$B_{эк} = \frac{\sum_{i=1}^{k} \frac{C_i}{W_i}}{1-\left(\frac{\sum_{i=1}^{k} M_{Pi}}{Mo}\right)} \qquad (10)$$

Выводы: На основании проведенных исследований разработан интегральный критерий экологичности технологий обращения с отходами ($B_{эк}$), учитывающий и токсичность образующихся отходов, и долю отходов, используемых в качестве вторичного материального ресурса.

Литература

1. Воробьев, А.Е. Целенаправленное управление преобразованием свалочного материала / А.Е. Воробьев, А.В. Джанянц // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. – № 8. – С. 109-110. – ISSN 0236-1493.

2. Овсянникова, Д. К. Развитие нормативной правовой базы как основы совершенствования механизма обращения с отходами / Д. К. Овсянникова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2021. – № 4-2(74). – С. 51-53. – DOI 10.24412/2411-0450-2021-4-2-51-53.

3. Федеральный закон от 24.06.1998 №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

4. Майорова, Л. П. Анализ методических подходов к оценке экологичности технологических процессов / Л. П. Майорова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № S4. – С. 385-401.

5. Волошин В. С. Природа отходообразования (в приложении к управлению отходами) : [моногр.] / В. С. Волошин. Мариуполь : Рената, 2007. 666 с.

6.. Григорьев, Л. Н. Оценка уровня ресурсо- и энергосбережения для технологий очистки выбросов, сбросов и обращения с отходами / Л. Н. Григорьев, О. А. Шанова, А. Э. Оревинина // Безопасность в техносфере. – 2017. – Т. 6, № 6. – С. 54-60. – DOI 10.12737/article_5af029c462cd67.51343889.

7. Никомбеков, А.К. Способ расчёта экологической оценки технологических процессов / А.К. Никомбеков, Р.М. Оспанов // Медицина и экология. – 2010. – №1 (54). – Текст : электронный – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-rascheta-ekologicheskoy-otsenki-tehnologicheskih-protsessov (дата обращения: 14.08.2025).

8. Башевая, Т. С. Анализ подходов к решению проблемы твердых коммунальных отходов / Т. С. Башевая // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2022. – № 5(157). – С. 62-67.

УДК 504.5:628.4

ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ КАК УГРОЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Вендин Д.Н., Жегулина М.А., Ховрах Е.Ю.

E-mail: 1953213@bsuedu.ru
Научный руководитель: Киреева-Гененко И.А., доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности, к.г.н., доцент
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

В статье рассматривается динамика образования и обращения с отходами производства и потребления в РФ, как ключевой фактор обеспечения экологической безопасности. На основе данных официальной статистики (Росприроднадзор, Росстат) проанализированы тенденции роста объемов отходов, структурные изменения по видам экономической деятельности и федеральным округам. Особое внимание уделено проблеме низкого уровня утилизации и переработки при доминировании практики захоронения, что создает значительную нагрузку на окружающую среду. Исследуются текущие государственные меры, включая национальный проект «Экология», и дается оценка их эффективности.

Ключевые слова: отходы производства и потребления, экологическая безопасность, утилизация, захоронение, твердые коммунальные отходы (ТКО), национальный проект «Экология», негативное воздействие на окружающую среду.

Экологическая безопасность является неотъемлемой составляющей национальной безопасности любого государства. Одной из наиболее масштабных и растущих угроз в этой сфере выступает проблема отходов производства и потребления. Их накопление, неэффективное обращение и захоронение приводят к загрязнению всех компонентов природной среды: почв, подземных вод, атмосферного воздуха, а также к деградации экосистем и прямому воздействию на здоровье населения [5, 6].

Российская Федерация, обладая значительным промышленным и сырьевым потенциалом, сталкивается с серьезными вызовами в сфере обращения с отходами. Устойчивый рост их объемов, сохраняющаяся зависимость от захоронения и недостаточное развитие инфраструктуры для переработки и утилизации усугубляют экологические риски. Целью данной статьи является анализ текущего состояния и динамики образования и обращения с отходами в РФ для оценки степени их угрозы экологической безопасности и определения ключевых направлений для ее нейтрализации.

По данным Росприроднадзора, в 2023 г. в России было образовано 9278,8 млн т отходов производства и потребления, что на 2,9 % превысило показатель 2022 г. Долгосрочная динамика демонстрирует устойчивую тенденцию роста: за период с 2014 по 2023 гг. совокупный объем образованных отходов увеличился на 79,5 %. Такой рост напрямую связан с увеличением масштабов экономической деятельности и создает постоянно растущую нагрузку на экосистемы.

Основным источником отходов является добывающая промышленность, на долю которой в 2023 г. пришлось более 93 % от общего объема (8666,3 млн т). В структуре добывающего сектора наибольшие объемы приходятся на добычу сырой нефти и природного газа (6018,9 млн т) и добычу металлических руд (2285,0 млн т). Эти отходы, преимущественно
V и IV классов опасности (вскрышные и вмещающие породы), требуют значительных площадей для складирования и хранения, приводя к нарушению или полной деградации земель и ландшафтов.

Географическое распределение отходов носит крайне неравномерный характер. Почти 60 % всех отходов в РФ образуется в Сибирском федеральном округе (СФО) – 5546,7 млн т в 2023 г. [1]. Это связано с концентрацией в регионе добывающих и перерабатывающих отраслей промышленности, что приводит к высокому уровню экологических рисков и угроз.

Анализ данных по обращению с отходами демонстрирует значительное превышение объемов образования отходов над объемом их утилизации. Так, 2023 г. было утилизировано и обезврежено 3960,9 млн т (42,7 % от образованных отходов), при этом объем захоронения составил 1623,3 млн т. Однако за этими цифрами скрывается отраслевая специфика: 90 % утилизированных и обезвреженных отходов приходится на долю добывающей промышленности, где под утилизацией часто понимается складирование вскрышных пород в отвалы или их использование для закладки выработанного пространства.

Масса отходов, находящихся на специализированных объектах хранения (накопления), продолжает расти, и в 2023 г. достигла 4196,5 млн т, увеличившись на 10,5 % по сравнению с 2022 г. Накопление отходов – это отсроченная экологическая угроза, создающая риски аварий, загрязнения подземных вод и атмосферы.

Для твердых коммунальных отходов (ТКО), наиболее заметных для населения, ситуация также остается сложной. В 2023 г. было образовано 45,98 млн т ТКО. Из них на обработку (сортировку) было направлено 53,4 % (24,57 млн т), на утилизацию – лишь 13,0 % (6,0 млн т), а на захоронение – 80,5 % (37,02 млн т) от общего объема образованных

ТКО [1]. Это указывает на то, что даже после обработки значительная часть отходов направляется на полигоны.

Анализ данных по субъектам РФ выявляет значительную дифференциацию в подходах к обращению с ТКО. Например, в Белгородской области в 2023 г. наблюдался рост образования ТКО на 8,8 % (до 432,9 тыс. т). При этом доля отходов, направленных на утилизацию, выросла до 6,5 % (28,1 тыс. т), а на обработку – до 66 % (285,6 тыс. т) [2]. Это выше среднероссийских показателей и свидетельствует о проводимой в регионе политике в рамках регионального проекта «Комплексная система обращения с ТКО».

Однако параллельно с этим в Белгородской области сохраняется проблема промышленных отходов. Так, в 2022 г. на территории Белгородской области было образовано 157,75 млн т отходов, из которых 93,3 % (146,99 млн т) составили практически неопасные отходы V класса, основная масса которых образовалась в результате добычи полезных ископаемых. Их размещение и хранение требуют постоянного контроля и рекультивации нарушенных земель.

Государство предпринимает меры для снижения экологических рисков. В рамках национального проекта «Экология» реализуются федеральные проекты «Чистая страна» (ликвидация свалок) и «Комплексная система обращения с ТКО» (внедрение раздельного сбора и строительство объектов обработки). Инвестиции в обращение с отходами в 2023 г. составили 26 656,3 млн руб. [3].

Однако, темпы создания новой инфраструктуры отстают от роста объемов отходов. Так, в 2023 г. в РФ было введено лишь 17 предприятий по утилизации и захоронению отходов и 11 установок по переработке [1]. Мощности введенных объектов значительно колеблются от года к году, что не позволяет говорить об устойчивом развитии отрасли переработки.

Проведенный анализ позволяет констатировать, что отходы производства и потребления представляют собой системную и масштабную угрозу экологической безопасности Российской Федерации. Основными проявлениями этой угрозы являются:

1. Постоянный рост объемов образования отходов, опережающий темпы их утилизации.

2. Структурное доминирование отходов добывающей промышленности, ведущее к нарушению и загрязнению обширных территорий.

3. Неэффективная система обращения, основанная на практике захоронения и накопления, а не на принципах экономики замкнутого цикла (утилизация, переработка).

4. Значительная региональная дифференциация экологической нагрузки и потенциала для переработки.

Для нейтрализации данной угрозы необходим переход от политики размещения отходов к политике управления отходами. Ключевыми направлениями должны стать:

– Внедрение доступных эффективных малоотходных технологий на стадии производства.

– Развитие и модернизация инфраструктуры для сортировки, переработки и утилизации отходов, особенно ТКО.

– Введение мер экономического стимулирования (запретительные, стимулирующие) для вовлечения отходов во вторичный оборот (рециклинг).

– Усиление контроля за деятельностью объектов размещения отходов и ликвидация накопленного экологического вреда.

Только комплексный подход, интегрирующий технологические, экономические и административные инструменты, позволит трансформировать угрозу отходов в возможность развития новой отрасли – индустрии рециклинга и обеспечить долгосрочную экологическую безопасность страны.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году» // Минприроды России: URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvenny_doklad_o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/.

2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Белгородской области в 2022 году» // Министерство природопользования Белгородской области: URL:https://belregion.ru/documents/ %D0 %93 %D0 %BE %D1 %81 %D0 %B4 %D0 %BE %D0 %BA %D0 %BB %D0 %B0 %D0 %B4 %202022 %20 %D0 %B3 %D0 %BE %D0 %B4.pdf.

3. Паспорт национального проекта «Экология» (утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 16) // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_316096/.

4. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (с изменениями и дополнениями) // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/.

5. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изменениями и дополнениями) // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. – URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/.

6. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. N 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (с изменениями и дополнениями) // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/.

УДК

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОПУСТЫНИВАНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Власов Ю.С.

E-mail: Yvlass@yandex.ru
Научный руководитель: Сопнев Н.В., доцент департамента географии и геоинформатики факультета международных отношений, кандидат географических наук.
Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

В статье рассматриваются способы применения данных космических аппаратов и Sentinel-2 при мониторинге процесса деградации почв и опустынивания местности на базе геоинформационных технологий. Проведен разновременной анализ оптических данных дистанционного зондирования. В результате исследования были выявлены климатические изменения и динамика изменений в период с 2015 по 2025 годы, на территории озера Дадынского и реки Восточный Маныч.

Ключевые слова: Опустынивание, Sentinel-2, космоснимки, ГИС, NDMI, деградация почв, мелиорация

Технология дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является динамично развивающейся и широко применяемой областью научных исследований. Данные ДЗЗ находят применение в различных сферах, включая узкоспециализированные задачи и глобальные исследования экологических, природных и антропогенных процессов.

ДЗЗ широко применяется в исследованиях, включая климатические и почвенные изменения. В.В. Дорошенко [1] детально изучил опустынивание восточных районов Ставропольского края, оценив динамику открытых песков, факторы их формирования, лесомелиоративную классификацию пастбищ и прогноз изменений площади песков при эоловом переносе. Также в работах других авторов описывается выявление процессов опустынивания на прибрежных территориях в Италии и подробно описываются способы анализа влажности почвы путем аэрокосмического зондирования и применением данных различных типов от Sentinel-1 и Sentinel-2 [3].

Одним из наиболее распространенных видов данных ДЗЗ являются космические снимки, которые обладают широким спектром характеристик, определяемых их назначением и областью применения. Использование космических снимков позволяет осуществлять мониторинг одних и тех же территорий с применением различных технических средств, а также

анализировать одни и те же процессы и явления с использованием разнообразного оборудования.

Опустынивание земель – это процесс деградации земель в засушливых, полузасушливых и сухих регионах, при котором плодородная почва превращается в бесплодные пустыни. «Опустынивание ведет к утрате растительного покрова – засухи и деградация почв приводят к гибели растений... Для человечества опустынивание чревато продовольственным кризисом – снижение урожайности из-за деградации почв ведёт к голоду, особенно в бедных регионах» – отмечают представители Минприроды.

Наиболее важным для противодействия и контроля данного процесса является его мониторинг. Многие методы позволяют выявлять ранние признаки деградации земель, оценивать антропогенное воздействие и принимать меры по восстановлению земель. «Наиболее распространенными методами мониторинга опустынивания являются ГИС-технологии (геоинформационные системы). Цифровая обработка космических снимков позволяет оценить масштабы распространения опустынивания в конкретном регионе и даже в пределах отдельного поля... [2].

В рамках исследования были использованы данные ДЗЗ, полученные с космических аппаратов Sentinel-2, полученные с ресурса ESA Copernicus Browser. Также для обработки и анализа материалов было задействовано программное обеспечение платформ QGIS и SNAP. Для проведения исследования была взята территория Дадынских озер, находящихся на северо-востоке Ставропольского края, а также часть Республики Калмыкия. Исследование охватывает временной интервал 10 лет с 2015 по 2025. Всего было подобрано 5 подходящих снимков 2015, 2017, 2020, 2022 и 2025 годов. Основным критерием была видимый диапазон окна прозрачности и обзорность снимка без влияния облачной активности и помех, вызванных пылевыми бурями на данной территории. Все снимки подбирались на период первой недели сентября.

Сентябрь является оптимальным периодом для комплексного исследования почв, за счет завершения активного вегетационного периода, что позволяет оценить реальное состояние растительного покрова после летнего периода, выявить участки с нарушенным растительным покровом и начальными признаками деградации, оптимального водного режима почвы в сентябре обеспечивает наиболее точные показатели влажности и содержания питательных веществ, так как летние засухи уже прошли, а осенние осадки еще не успели существенно изменить характеристики почвы, возможности оценки последствий летнего периода, воздействия высоких температур и недостатка влаги на состояние почв, выявления участков с нарушенным гидрологическим режимом до начала осенних осадков, определения степени засоления почв после периода интенсивного испарения.

Первым шагом практической части исследования стало получение материалов, их подготовка и анализ. Распаковка и преобразование

материалов были проведены с помощью программного обеспечения SNAP. Далее путем сложения растров, для дальнейшего анализа был рассчитан индекс влажности почвы (NDMI). Так путем визуального и математического анализа были выявлены очаги опустынивания и деградации почв, а также восстановления истощенных земель.

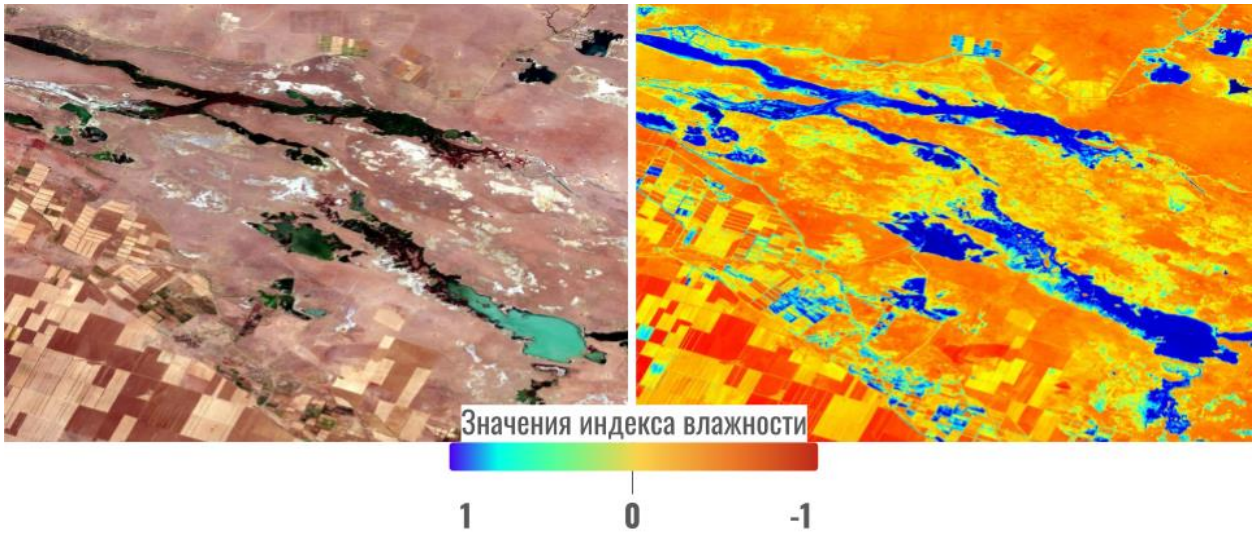


Рис. 1. Спутниковые изображения Sentinel-2, 03.09.2015 год (1а – снимок в натуральной цветовой гамме; 1б – снимок после расчета индекса NDMI)

В результате исследования был сформулирован ряд выводов и закономерностей.

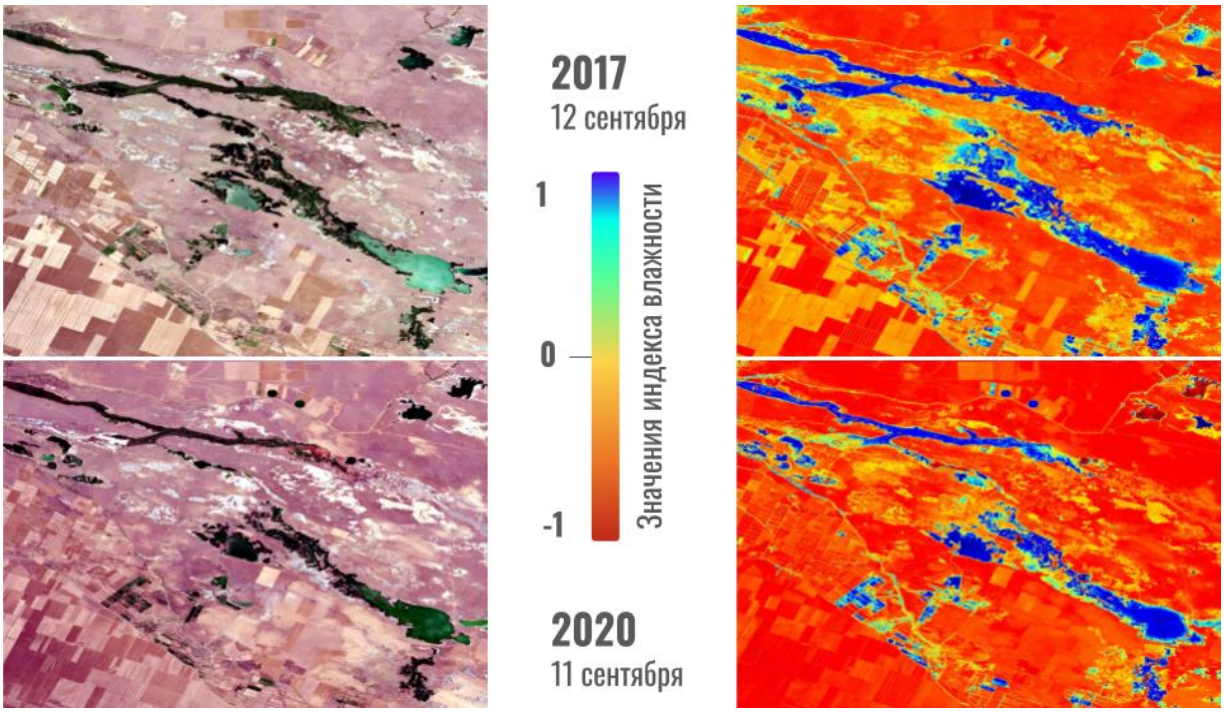


Рис. 2. Спутниковые изображения Sentinel-2, 2017, 2020 годы (2а – снимок в натуральной цветовой гамме; 2б – снимок после расчета индекса NDMI)

В 2015 году территория включала водоемы, сельскохозяйственные угодья, засоленные участки и пастбища. Наблюдался дефицит влаги, что является характерным для данной климатической зоны. В пастбищной зоне вблизи водоемов была выражена растительность, сохранившаяся до сентября.

На снимках 2017 года отмечается резкое уменьшение, относительно 2015 года растительного покрова и удельного веса почв с нормальным для данной местности индексом влажности, как на территории пастбищ, так и на сельхозугодьях, также отмечается увеличение засоленности.

В 2020 году наблюдается беспрецедентное проявление аридных условий, характеризующихся значительным дефицитом влаги, деградацией почвенного покрова и интенсификацией процессов опустынивания. Это выражается в масштабном иссушении почвенных горизонтов, деградации водных ресурсов и увеличении уровня засоленности почвенных профилей. Кроме того, отмечается активное формирование подвижных песчаных массивов (барханов), что свидетельствует о прогрессирующем процессе эрозии и дестабилизации экосистем.

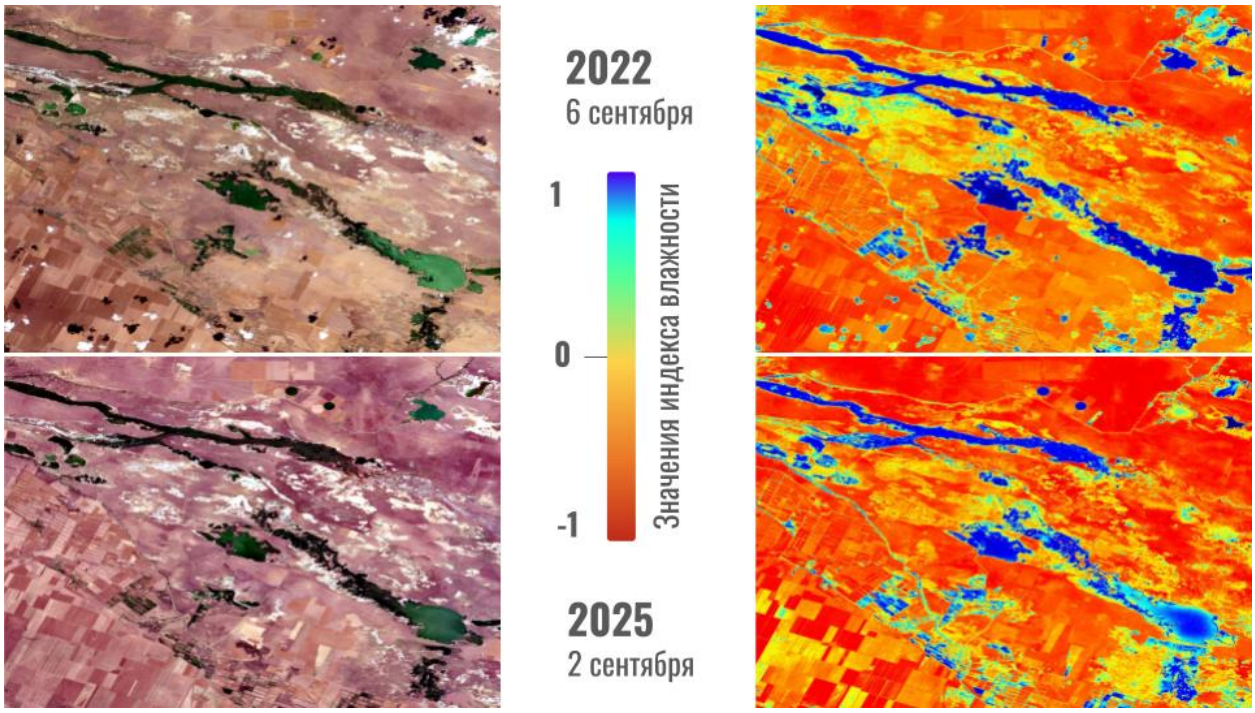


Рис. 3. Спутниковые изображения Sentinel-2, 2022, 2025 годы (3а – снимок в натуральной цветовой гамме; 3б – снимок после расчета индекса NDMI)

Однако на снимках 2022 года тенденция предыдущих лет приобретает обратный характер. В результате процессов аккумуляции эоловых наносов и изменений климатических параметров некоторые регионы, ранее характеризующиеся высоким уровнем аридности, демонстрируют позитивную динамику в экологическом плане. Отмечено восстановление и

расширение растительных сообществ, которые были значительно редуцированы или полностью уничтожены в предыдущие периоды.

Анализ спутниковых снимков, датированных 2025 годом, демонстрирует продолжение позитивной динамики в агроклиматических показателях по сравнению с 2017 и 2020 годами. Однако наблюдается регрессия индекса увлажнения на пастбищных угодьях относительно уровня 2022 года. В то же время, на сельскохозяйственных территориях фиксируется улучшение показателей влажности, что свидетельствует о повышении эффективности ирригационных мероприятий. Следует также отметить устойчивое проявление процессов засоления почв в нераспаханных зонах, что требует дальнейшего изучения и разработки соответствующих мер по их нейтрализации.

В дополнение к вышеупомянутым наблюдениям, следует выделить еще одну значимую тенденцию, характеризующуюся продолжительным и устойчивым процессом деградации водных экосистем. Анализ серии спутниковых снимков позволяет зафиксировать устойчивую динамику снижения уровня воды в озере Дадынское, а также в озерах Сага-Бирючья и Сага-Оца. Эти данные свидетельствуют о наличии долгосрочной гидроэкологической деградации.

На космоснимках отображен процесс формирования и развития мелиоративных систем, а также расширение сельскохозяйственных площадей. Этот феномен является значимым фактором, способствующим улучшению агроэкологических условий в рассматриваемый пятилетний период. Однако при сопоставлении с состоянием на 2015 год выявляются признаки деградации почвенного покрова. Тем не менее, наблюдаемая позитивная динамика указывает на возможность минимизации негативных тенденций и оптимизации сельскохозяйственных процессов.

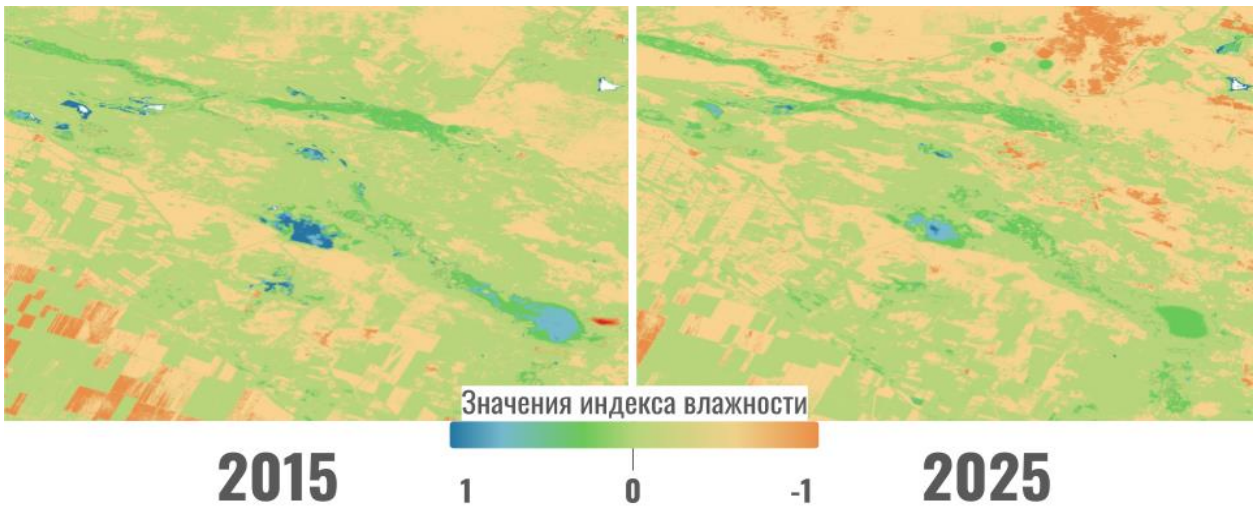


Рис. 4. Спутниковые изображения Sentinel-2 с рассчитанным NDMI,
(4а – снимок 2015 год; 4б – снимок 2025 год)

Основные изменения в структуре почвенного покрова исследуемой территории отражены на рисунке 4. Процессы опустынивания и деградации водных ресурсов представляют собой серьезные экологические угрозы, актуальные не только для данного региона, но и для всей климатической зоны. Для эффективного противодействия этим негативным тенденциям необходимо внедрение системы непрерывного мониторинга, а также реализация комплекса мероприятий, включающих создание лесозащитных полос и совершенствование мелиоративных систем. Эти меры должны быть направлены на стабилизацию почвенного покрова и обеспечение устойчивого функционирования экосистем в условиях усиливающихся климатических изменений.

Таблица 1

Изменения степени увлажнения почвы за 10-летний период. Данные представлены в га

Индекс влажности	-1 – -0,75 (бесплод-ная почва)	-0,75 – -0,25 (острый дефицит влаги)	-0,25 – 0,25 (дефицит влаги)	0,25 – 0,5 (среднее увлаж-нение)	0,5 – 0,75 (высокое увлажнения)	0,75 – 1 (очень высокое увлажнение/ водоем
2015	81,6	15 737,4	207 270	6026,7	1307,1	157,3
2025	0,9	40 761,6	184 222,4	5 275,2	263,7	56,3
Изменения	-98,9 %	+159 %	-11,1 %	-12,5 %	-79,8 %	-64,2 %

В результате комплексного анализа выявлены существенные изменения по ряду ключевых почвенно-климатических показателей. Наиболее значительные трансформации коснулись характеристик водного режима почвенного покрова, который перешел в категорию земель с экстремально низким уровнем увлажнения (+159 %) и в категорию земель с высоким уровнем увлажнения (-79,8 %). Эти данные свидетельствуют о нарастающих процессах опустынивания в данной климатической зоне, что отражает динамику и риски деградации земельных ресурсов и ускоренного аридирования ландшафтов. Кроме того, зафиксировано значительное сокращение площади открытых солончаков, классифицируемых как бесплодные почвы (-98,9 %).

Эти результаты указывают на комплексное изменение гидрологического баланса территории, что является индикатором прогрессирующей аридизации и деградации почвенного покрова. Полученные данные требуют дальнейшего детального изучения и разработки стратегий по стабилизации и восстановлению экосистем в условиях нарастающих климатических изменений.

Таким образом, метод дистанционного зондирования с использованием космических аппаратов является наиболее целесообразным для исследования

актуальной проблемы опустынивания в засушливых районах юга России, где наблюдается долгосрочная тенденция деградации экосистем.

В рамках настоящего исследования был применен метод анализа и оценки состояния почвенного покрова на протяжении десятилетнего периода, основанный на измерении степени влажности почвы. Данный подход, опирающийся на количественные показатели влагосодержания, позволил выявить уровень угрозы деградации почвенных ресурсов и развития процессов опустынивания в исследуемом регионе. Преимущество предложенного метода заключается в его простоте и универсальности, что делает его пригодным для проведения масштабных исследований динамики климатических изменений и состояния почвенного покрова в различных географических и климатических зонах.

Он также позволяет осуществлять анализ состояния и динамики почвенных процессов как в долгосрочных, так и в краткосрочных временных рамках, обеспечивая высокую степень точности и надежности получаемых данных. В перспективе данный подход может быть интегрирован в системы экологического мониторинга для оценки состояния почв и разработки стратегий их рационального использования. В сочетании с данными о состоянии растительного покрова и характеристиках фитоценозов, данный метод обладает значительным потенциалом для создания эффективных инструментов экологического мониторинга и управления природными ресурсами.

Одним из ключевых преимуществ спутниковой съемки является возможность охвата любой территории планеты и наличие обширной базы данных, позволяющей осуществлять комплексный анализ и мониторинг процессов на протяжении длительных временных периодов.

Литература

1. Дорошенко В.В. Лесомелиоративная оценка и геоинформационный анализ процессов опустынивания территорий восточных районов Ставропольского края – Город: Волгоград, «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», 2024. – 23 страницы.

2. Пресс-служба Минприроды России. Борьба с опустыниванием: чем опасна деградация земель // Пресс-центр – 2025. – № выпуска. – URL: https://www.mnr.gov.ru/press/news/borba_s_opustynivaniem_chem_opasna_degradatsiya_zemel_/

3. «Surface soil moisture estimate from Sentinel-1 and Sentinel-2 data in agricultural fields in areas of high vulnerability to climate variations: the Marche region (Italy) case study» // Environment, Development and Sustainability. – 2023. – Volume 26. – pages 24083–24105.

УДК 628.544

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАГНИТНЫЕ СОРБЕНТЫ ИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Демиденко Е.С., Лихачева А.В.

E-mail: katya.demidenko.2003@gmail.com
Научный руководитель: Лихачева А.В., доцент кафедры промышленной экологии, кандидат технических наук, доцент
«Белорусский государственный технологический университет», Минск, Республика Беларусь

Рассмотрена актуальная проблема утилизации промышленных отходов и их применения в качестве сырья для получения эффективных сорбционных материалов. Целью работы являлась разработка технологии получения композиционных магнитных сорбентов (КМС) на основе железосодержащей пыли литейного производства ОАО «Минский тракторный завод» и растительных отходов ЗАО «Витэкс». Методом соосаждения синтезированы пять вариантов сорбентов, отличающихся составом и способом модификации. Проведена оценка их основных сорбционных характеристик: адсорбционной активности по метиленовому синему, плавучести и нефтепоглощению. Установлено, что наибольшей эффективностью обладает магнитный сорбент, модифицированный активированным углем и жидкой фракцией растительных отходов (содержащей олеиновую кислоту). Его сорбционная емкость по железу составила 7,39 мг/г, а нефтепоглощение – 4,19 г/г. Показана принципиальная возможность и экологическая целесообразность использования техногенного сырья для создания магнитных сорбентов, предназначенных для очистки водных сред от загрязнений.

Ключевые слова: композиционный магнитный сорбент, железосодержащая пыль, растительные отходы, соосаждение, сорбционная емкость, нефтепоглощение, очистка воды, утилизация отходов.

Загрязнение водных объектов тяжелыми металлами, нефтепродуктами, органическими соединениями остается одной из наиболее острых экологических проблем. Традиционные методы очистки зачастую недостаточно эффективны или экономически невыгодны. В связи с этим перспективным направлением является разработка новых высокоэффективных и регенерируемых сорбционных материалов.

Особый интерес представляют магнитные сорбенты, обладающие способностью к быстрому отделению от очищенной среды с помощью внешнего магнитного поля. Однако их производство из первичного сырья (чистых веществ, полученных из руд) может быть дорогостоящим.

Альтернативой является использование вторичных материальных ресурсов – промышленных отходов. Данное решение позволяет не только снизить себестоимость конечного продукта, но и решить проблему утилизации отходов, сократив антропогенную нагрузку на окружающую среду.

Целью данной работы являлось исследование возможности получения эффективных композиционных магнитных сорбентов на основе отходов литейного производства (железосодержащая пыль ОАО «Минский тракторный завод») и переработки растительного сырья (ЗАО «Витэкс»), оценка их свойств и определение потенциальных областей применения.

Выбор отходов, используемых для синтеза композиционных магнитных сорбентов обусловлен следующими положениями:

– традиционно магнитные сорбенты получают из оксидов железа, синтезированных из солей металлов, полученных при переработке железных руд. Однако в качестве сырья могут выступать железосодержащие отходы металлургической и машиностроительной промышленности: пыли, шламы, окалина [1];

– для получения магнитного ядра сорбента необходим отход, содержащий значительное количество соединений железа;

– железосодержащая пыль литейных цехов ОАО «Минский тракторный завод» содержит железа 50–70 %, что делает ее ценным вторичным ресурсом;

– для придания магнитным сорбентам свойства высокой плавучести, было решено ввести в композицию олеиновую кислоту. Поэтому использовали отход переработки растительного сырья, содержащий олеиновую кислоту.

В качестве сырьевых ресурсов для получения магнитных сорбентов рассматривались:

– железосодержащая пыль:

а) в соответствии с Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь [2]:

1) Блок 3. Отходы минерального происхождения.
2) Раздел 5. Отходы металлов и сплавов.
3) Группа 1. Лом и отходы черных металлов.
4) Код отхода: 3510101.
5) Наименование отхода: Железосодержащая пыль без вредных примесей.
6) Класс опасности: четвертый класс.
7) Код вида отхода по классификации Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением

от 22 марта 1989 г.: Y17 (Отходы обработки металлических и пластмассовых поверхностей).

б) образуется в процессе обрубки и очистки деталей литейного производства;

– растительные отходы ЗАО «Витэкс»:

а) в соответствии с Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь [2]:

1) Блок 1. Отходы растительного и животного происхождения.

2) Раздел 1. Отходы пищевых и вкусовых продуктов.

3) Группа 4. Отходы производства вкусовых продуктов.

4) Код отхода: 1142800.

5) Наименование отхода: Отработанное сырье (трава, корни, ветки и прочее).

б) Класс опасности: неопасные отходы.

б) образуются после экстракции растительного сырья.

Магнитные сорбенты представляют собой материалы, обладающие магнитными свойствами и высокой сорбционной емкостью по отношению к целевым загрязнителям. Как правило, они состоят из магнитного ядра (чаще всего на основе магнетита Fe_3O_4 или маггемита γ-Fe_2O_3) и функционализированной оболочки или матрицы, обеспечивающей селективность и емкость сорбции.

В качестве матрицы для создания композиционных материалов могут использоваться различные органические отходы, такие как отходы переработки пищевых продуктов, текстиля, древесины или полимеров, что позволяет управлять свойствами сорбента (гидрофобностью, плавучестью, емкостью).

Для проведения исследований отход растительного сырья необходимо разделить на компоненты (твердую и жидкую составляющие). Твердая составляющая использовалась для получения композиционных магнитных сорбентов. Жидкая составляющая, содержащая олеиновую кислоту, использовалась для получения плавучих магнитных сорбентов.

Для синтеза магнитных сорбентов применяются различные методы, включая золь-гель процесс, термолиз, сольвотермальный синтез, механическое измельчение и ультразвуковую обработку. Наиболее простым, экономичным и широко применяемым методом является соосаждение (метод Массара).

Данный метод основан на соосаждении ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} в щелочной среде (pH 8-14) при молярном соотношении 1:2.

Процесс включает стадии быстрого образования гидроксидов, их последующего превращения и твердофазной реакции с образованием

магнетита. Для предотвращения окисления магнетита в маггемит процесс рекомендуется проводить в инертной атмосфере. Метод позволяет получать наночастицы с контролируемыми размерами и высокой магнитной отзывчивостью, а также легко наносить магнитную фазу на различные носители (активированный уголь, полимеры, растительные материалы) в процессе синтеза.

Синтез магнитной основы (вариант 1) проводили методом соосаждения. Железо выщелачивали из пыли раствором H_2SO_4при нагревании до 100 °С в течение 3-х суток. После фильтрации осадок оксидов железа осаждали из полученного раствора гидроксидом калия при pH 8-12. Осадок выдерживали для старения, промывали до нейтрального pH и высушивали при 105 °С.

На основе полученного магнитного сорбента были синтезированы четыре композиционных материала:

Вариант 2: Смесь магнитной основы с твердой фракцией растительных отходов с последующим прокаливанием при 300 °С.

Вариант 3: Магнитная основа, обработанная жидкой фракцией растительных отходов, с последующим прокаливанием при 300 °С.

Вариант 4: Сорбент по варианту 3, смешанный с активированным углем (АУ), с последующим измельчением.

Вариант 5: Смесь магнитной основы с АУ, обработанная жидкой фракцией растительных отходов, с последующим прокаливанием при 300 °С.

Для всех полученных образцов определяли адсорбционную активность по метиленовому синему [3], плавучесть и нефтепоглощение. Эффективность очистки оценивали на модельных растворах, содержащих ионы железа.

Наибольшую адсорбционную активность по метиленовому синему продемонстрировали сорбенты, модифицированные активированным углем: вариант 5 (22,6 мг/г) и вариант 4 (11,1 мг/г), что существенно превосходит показатель чистого АУ (1,5 мг/г) и исходного магнитного сорбента (0,5 мг/г). Это свидетельствует о синергетическом эффекте при комбинации магнитной составляющей и высокопористого углеродного материала.

Наибольшее нефтепоглощение было характерно для сорбентов вариант 5 (4,19 г/г) и вариант 4 (3,52 г/г). Высокий результат варианта 5 объясняется как наличием АУ, так и гидрофобизирующим действием олеиновой кислоты, содержащейся в жидкой фракции растительных отходов.

Исследование плавучести показало, что обработка растительной фракцией, содержащей олеиновую кислоту, придает сорбентам гидрофобные свойства. Сорбенты вариантов 3 и 4 показали 100 % плавучесть даже после 92 часов пребывания в воде, что делает их перспективными для сбора нефтепродуктов с поверхности воды. Сорбент вариант 5 также показал высокую плавучесть (64 %).

Наибольшая эффективность удаления железа из водных растворов (74 %) была достигнута с использованием сорбента по варианту 5.

Проведенные исследования подтвердили принципиальную возможность получения композиционных магнитных сорбентов из производственных отходов. Наиболее перспективным оказался сорбент, полученный путем совмещения магнитной составляющей (из железосодержащей пыли), активированного угля и жидкой фракции растительных отходов (вариант 5). Он сочетает в себе высокую сорбционную емкость по органическим загрязнителям и ионам металлов, выраженные магнитные свойства для легкого отделения и гидрофобность, обеспечивающую плавучесть.

Использование отходов в качестве сырья не только снижает себестоимость сорбентов, но и вносит вклад в решение проблемы утилизации промышленных отходов, реализуя принципы циркулярной экономики. Полученные материалы перспективны для применения в технологиях очистки сточных вод предприятий, ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов и других природоохранных мероприятиях.

Литература

1. Казимирская Е.Н., Лихачева А.В. Производственные отходы как сырьевой ресурс для получения магнитных сорбентов // Химия и жизнь. Сб. статей XXI Международной научно-практической студенческой конференции. Новосибирск, 2022. – С. 322-324.

2. ОКРБ 021-2019. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь. Пост. Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 9.09.2019. № 3-Т. – 88 с.

3. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный = Вугаль актываваны асвятляльны драўняны парашковы: ГОСТ 4453–74. Введ. 01.07.1977. – Москва: Издательство стандартов, 1976. – 23 с.

УДК 66.081 + 622.55 : 628.33 / 35 + 622.279.8

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА

Казакова Ю.П.

E-mail: yuliya.kazakova241987@mail.ru
Научный руководитель: Долженков А.Ф., д-р техн. наук, нач. отд.
ФГБО ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», Макеевка, Российская Федерация

В статье оценивается сорбционная емкость природных мезопористых углей метода мианализа эффективности нейтрализации жидких опасных химических веществ (ОХВ), для определения их удельной поверхности. Из этого обстоятельства вытекает актуальность настоящей работы – разработка сорбентов на основе природных пористых материалов, позволяющих повысить эффективность нейтрализации химического заражения и выгодно снизить стоимость материалов, используемых при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера, вызванных авариями (разрушениями) на химически опасных объектах и транспорте.

Ключевые слова: аварийно химически опасные вещества, сорбенты, мезопористые угли, сорбционная емкость углей, хлорбензол, фенол

Введение. Заражение воздуха, почвы и воды водоемов токсичными химическими веществами, в случае возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС), весьма интенсивно из-за несовершенства технологических процессов, аварийности хранилищ исходных, промежуточных и конечных высокотоксичных продуктов [1], чтоприводит к выбросам ОХВ.Заражение ОХВ атмосферного воздуха и воздуха производственных помещений, а также проливы на землю [8], чреваты тяжелыми последствиями и, требуют применения комплекса мер по обеззараживанию воздуха, почвы и воды водоемов, что является задачей весьма актуальной и своевременной при ликвидации последствий ЧС.

Одними из самых эффективных средств, применяемыми для экологической безопасности при нейтрализации химического заражения почвы и воды водоемов, и способов сокращения времени испарения пролитых ОХВ, с целью ограничения распространения облака зараженного воздуха является применение сорбирующих веществ на основе сыпучих пористых материалов [4]. Особый интерес, как сырье для переработки в сорбционные материалы различного назначения, представляют каменные угли. По имеющимся литературным источникам [7], установлено, что наилучшими сорбентами для поглощения органических примесей из водных растворов являются активные угли с развитой мезопористой поверхностью, причем очень важную роль играет размер пор. Дубинин и

Радушкевич [2] предложили теорию объемного заполнения пор, где важным параметром описания адсорбций на микропористых адсорбентах является степень заполнения микропор (Ѳ), определяемая выражением (1).

$$\Theta = W/W_0, \quad (1)$$

где W_0 – общий объем микропор, W – объем пор, заполненных при некотором относительном давлении P/Ps.

Традиционные технологии получения сорбентов из каменного угля включают достаточно энергоемкие и длительные по времени стадии карбонизации (температура процесса 650 – 700 °С, продолжительность несколько часов) и окислительной активации (температура 800 – 1000 °С), которые, в целом, и определяют высокую себестоимость готового продукта – активированных углей различных марок. Высокая стоимость активных углей существенно ограничивает их применение для нейтрализации ОХВ даже при их возможной регенерации. Использование дорогих активированных углей для поглощения ОХВ при промышленных авариях на технологических емкостях, хранилищах, транспорте, в случае разрушения химически опасных объектов, связанных с масштабными разливами АХОВ, нецелесообразно.

Одним из самых недорогих и эффективных способов сокращения времени испарения пролитых ОХВ и ограничения распространения облака зараженного воздуха [3], является применение сорбирующих веществ на основе сыпучих пористых материалов, таких как уголь, порода, кокс, доломит, керамзит, опилки, шлак, золошлак, зола-уноса, песок и др. В связи с этим представляет большой интерес применение сорбентов на основе природных пористых материалов для нейтрализации разливов ОХВ. Ценность этих сорбентов заключается в том, что они могут заменить дефицитные и дорогостоящие материалы, полученные, в основном, искусственным путем и, вследствие своей относительной дешевизны, не нуждаются в регенерации.

Цель исследования – сорбционная способность пористых материалов для поглощения опасных химических веществ.

Объект исследования – пористые материалы для поглощения опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах и транспорте.

Методы проведения исследования – экспериментальные исследования сорбционной способности пористых материалов в статических условиях весовым и эксикаторным методами, в динамических условиях адсорбционным методом в газовом потоке.

Область применения – ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера, вызванных разливом ОХВ.

Практическая значимость исследований состоит в разработке доступных сорбентов для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций при авариях на химически опасных объектах и транспорте, повышении качества мероприятий по защите населения в случае разлива ОХВ.

Результаты исследования

В результате проведенного исследования изучена сорбционная способность шести марок каменного угля, кокса, металлургического и котельного шлака, золошлака, золы-уноса и зольных алюмосиликатных микросфер тепловых электростанций и древесных опилок к жидкому бензолу и парам бензола. Впервые изучена сорбционная способность природных материалов с целью разработки на их основе эффективных сорбентов. Исходя из положений теории объемного заполнения микропор, установлен главный критерий сорбционной способности материалов – сорбционная емкость. Сравнение сорбционной емкости исследуемых пористых материалов является основанием для выбора наиболее эффективных сорбентов для поглощения ОХВ.

Сорбционная емкость сорбента зависит от геометрической характеристики материала – его сорбционного объема. Без знания сорбционного объема невозможно дать количественную оценку процессу сорбции природными сорбентами химически опасных веществ. Представление о микропорах, как пустотах в твердом теле, соизмеримых с размерами сорбируемых молекул, позволяет утверждать, что при сорбционном взаимодействии сорбционное поле проявляется во всем пространстве микропор. Ограниченность пространства микропор, соизмеримых с диаметром молекул сорбата, приводит к тому, что сорбция в микропорах характеризуется объемным заполнением всего пространства микропор. Поэтому основным параметром, характеризующим сорбент, становится объем микропор.

Определить объем микропор и установить тот или иной структурный тип сорбента можно на основании анализа изотерм сорбции газов и паров органических веществ.

Теория объемного заполнения предлагает термическое уравнение сорбции:

$$a = a_0 exp\left[-\left(\frac{A}{E}\right)^n\right], \quad (2)$$

где a – количество вещества, поглощенного 1 г сорбента, г/г; a_0 – предельная величина сорбции, г/г; A – дифференциальная мольная работа сорбции, Дж/моль; E – характеристическая энергия сорбции, Дж/моль; n – показатель степени, зависящий от размеров пор сорбента, 1.

Сорбционный объем у природных углей, в основном состоящий из объема микропор, является основной величиной, характеризующей сорбционную способность природных углей.

Применив теорию объемного заполнения микропор к каменным углям, можно оценить их сорбционную способность по отношению к жидкой или паровой фазе ОХВ, путем расчета объема микропор из экспериментальной изотермы адсорбции по уравнению (2).

В таблице 1 приведены данные по объему пор (объем микропор, фильтрационный объем и общий объем пор) и сорбционной метаноемкости углей Донецкого угольного бассейна, не зависящие от величины горного давления и определенные, исходя из экспериментальных изотерм сорбции метана при температуре 30 °С, с применением теории объемного заполнения микропор академика М.М. Дубинина [5].

Таблица 1

Сорбционная метаноемкость каменного угля шахт Донецкого угольного бассейна [5]

Объем пор, $см^3/г$				Сорбционная метаноемкость при 0,1 МПа
объем микропор	фильтрационный объем	общий объем пор		
		$см^3/г$	%	1,3-2,8
0,020-0,035	0,009-0,047	0,031-0,051	4,3-6,3	

Сорбционная метаноемкость каменного угля, представленная в таблице 1, получена объемным методом на сухих углях при температуре 30 °С и давлении метана 0,1 МПа, в пересчете на нормальные условия, с учетом поправки на объемное заполнение микропор при полной сорбции [5]. В работе приведена таблица 2 с результатами определения удельной поверхности углей Донецкого угольного бассейна, сопоставленные со средними значениями внешней поверхности зерен для каждой испытанной фракции угля.

Таблица 2

Результаты определения удельной поверхности углей Донецкого угольного бассейна, сопоставленные со средними значениями внешней поверхности зерен для каждой испытанной фракции угля

Удельная и внешняя поверхность угля, $м^2/кг$						
фракции, мм						
0 – 0,2	0,2 – 0,5	0,5 – 1,0	1 – 2	2,0 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,5
$\frac{410-1170}{43,8-83,9}$	$\frac{130-450}{12,53-53,3}$	$\frac{70-210}{5,8-22,9}$	$\frac{40-120}{2,9-10,7}$	$\frac{30-100}{1,9-5,3}$	$\frac{20-130}{1,6-3,6}$	$\frac{20-120}{1,1-2,9}$

* В числителе приведено значение удельной поверхности углей, а в знаменателе – внешней поверхности углей.

Впервые изучена сорбционная емкость каменных углей разной стадии метаморфизма, а также промышленных отходов предприятий Донецкого региона по отношению к бензолу, как одному из наиболее распространенных на территории Донецкого региона ОХВ.

Таблица 3

Сорбционная емкость углей

№ п/п	Марка угля	Концентрация фенола, г/л					
		0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
1.	Природные мезопористые угли	4,4	8,5	16,6	24,2	32,5	39,7
2.	Коксовая мелочь	0,2	0,4	0,8	1,2	1,7	2,1
3.	Термоантрацит	0	0	0	0	0	0
4.	Сульфоуголь	3,8	7,3	14,4	21,6	28,5	34,4
5	Активированный уголь АГ-3	8,9	17,8	34,6	51,4	65,9	81,7
6	Активированный уголь АГ-5	8,5	16,7	32,9	45,4	59,7	73,1

Исходя из установленных требований к пористым материалам, для дальнейших экспериментальных исследований по определению сорбционной емкости, выбраны каменные угли шахт Донецкого угольного бассейна разных марок: газовый (Г), коксовый (К), тощий (Т), длиннопламенный газовый (ДГ), жирный коксовый (ЖК), антрацит (А). Кроме каменного угля в качестве объектов исследования взяты отходы промышленного производства Донецкого региона: шлак металлургический отвальный, кокс котельный шлак, золошлак, зола-уноса и зольные алюмосиликатные микросферы, а также золошлак и зола-уноса энергоблоков тепловых электростанций.

Сорбенты на основе перечисленных пористых материалов экономически выгодны, так как их добывают и получают во многих районах Донецкого региона в непосредственной близости от места потребления. По структурным свойствам (пористость и фракционный состав) кокс, котельный шлак, золошлак, золу-уноса, зольные алюмосиликатные микросферы можно рассматривать как в значительной мере подготовленное сырье для нейтрализации химически опасных веществ. Не менее важными критериями выбора материалов для разработки природных сорбентов являются доступность, как местного сырья, невысокая стоимость и экологическая безопасность материалов.

Определены ОХВ, используемые и стационарно хранящиеся на химически опасных объектах Донецкой Народной Республики, которые могут являться потенциальными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с авариями (разрушениями) на химически опасных объектах и транспорте. К таким аварийно химически опасным веществам относятся: аммиак (NH_3), бензол (C_6H_6), хлор (Cl_2).

Выполнены сравнительные экспериментальные исследования по определению статической сорбционной емкости к бензолу природных пористых материалов – образцов угля шести марок: Г (газовый), Т (тощий), К (коксовый), ДГ (длиннопламенный газовый), ЖК (жирный коксовый), А (антрацит), шлака отвального и котельного, кокса доменного, золошлака, золы-уноса, алюмосиликатных микросфер.

Проведены экспериментальные исследования и определена динамическая сорбционная емкость исследуемых пористых материалов к бензолу. Установлено, что для нейтрализации ОХВ при ликвидации последствий ЧС, вызванных разливом химически опасных веществ, при авариях на технологических емкостях и хранилищах, при транспортировке железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта, а также в случае разрушения химически опасных объектов, наиболее перспективным из рассмотренных методов, является ускоренный весовой метод. Результаты испытаний по данному методу представляют собой максимально возможную сорбционную способность за минимальное время насыщения, что приближено к реальным условиям применения сорбента. Установлено, что наилучшими сорбционными свойствами обладают образцы котельного шлака (1,30 г/г) и зольных алюмосиликатных микросфер (1,23 г/г).

Выводы. Таким образом, на основании положений теории объемного заполнения микропор и проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод, что главным критерием сорбционной способности является сорбционный объем материала.

Литература

1. Булаченков С.А., Воронов С.И., Губченко П.П. и др. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций – Калуга: ГУП "Облиздат", 2001. – 408 с.

2. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. – М.: Мир, 2014. – 36 с.

3. Климов Е.С., Бузаева М.В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. – Монография. – Ульяновск:УлГТУ, 2011. – 201 с.

4. Кобелев А.А. Выявление и оценка химической обстановки при разрушениях (авариях) на ХОО // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сборник тезисов докладов 4-й Международной научно-практической конференции.– 2007. – Т.2. – С. 139–141.

5. Кривицкая Р.М., Струковский Т.В., ЛатышеваТ.Г. и др.Каталог коллекторских свойств каменных углей и антрацитов Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов. – Макеевка, 1985. – 48 с.

6. Пашковский П.С. Эндогенные пожары в угольных шахтах. – Донецк:Ноулидж (Донецкое отделение), 2013. – 792 с.

7. Передерий М.А. Углеродные сорбенты из ископаемых углей: состояние, проблемы и перспективы развития // Химия твердого топлива. – 2005. – № 1. – С. 76–90.

8. Сычев Ю.Н. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях: учеб.пособие / Ю.Н. Сычев. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 222 с.

УДК 556.537

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Карташова Д.А., Вершинин Д.А.

E-mail: kartashova-darya@bk.ru
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, Россия

Рассматривается возможность применения гидроморфологической теории к расчёту русловых деформаций рек. Приводится информация об изучении взаимосвязи характеристик стока и скоростей плановых деформаций берегов русла р. Чулым.

Ключевые слова: русловые процессы, размывы берегов, излучины, гидроморфологический подход

Изучение механизмов формирования речных русел в настоящее время приобретает особую значимость. Около 70 % длины всех рек в Северной Евразии имеют извилистые русла [10]. Для равнинных рек Западной Сибири характерно формирование русла в свободных условиях развития русловых деформаций, что приводит к широкому распространению размываемых берегов и переформированию русла. Интенсивное разрушение берегов рек южной части Западной Сибири (до 20-25 м/год [9]), особенно вблизи населённых пунктов приводит к чрезвычайным ситуациям, ухудшает качество жизни людей и наносит значительный материальный ущерб. Во многих субъектах остро стоит вопрос безопасного управления территориями, подверженными боковой эрозии рек.

Большинство городов и населенных пунктов находится на берегах рек [7]. Эти населённые пункты рек часто сталкиваются с проблемами, связанными с русловыми переформированиями, которые могут привести к потере городских кварталов, повреждению инфраструктуры инженерных коммуникаций, рекреационных зон, сопровождаются активизацией склоновых и овражных процессов на подмываемых берегах. Для предотвращения ущерба важно принимать упреждающие меры по мониторингу и устранению последствий изменений русла, особенно на урбанизированных участках рек. Изучение русловых процессов важно и для прикладных целей (проектирование гидротехнических сооружений, поддержание навигации, прогноз деформаций русла и др.).

Таким образом, изучение пространственных и временных закономерностей развития горизонтальных русловых деформаций и их прогноз являются важными и необходимыми в социально-экологическом плане.

Гидроморфологический подход предполагает считать русловой процесс результатом изменения морфологии русла под действием руслового потока. Этот метод получил теоретическое обоснование и оказался эффективным при решении прикладных задач, т.к. позволил получить конечный результат

(динамику самих русловых форм), а не всей совокупности процессов, вызвавших изменение русла [6].

В общей сложности, гидроморфологический метод представляет собой совокупность способов изучения данных для выявления форм проявления руслового процесса и его закономерностей. В его основе лежит представление о русловом процессе как о непрерывном процессе. Гидроморфологический анализ включает в себя выявление и описание различных форм русел и пойм рек и их классификацию, получение точных данных о размерах форм и их изменениях (деформациях), а также определение причин, вызывающих эти процессы, установление количественных закономерностей развития русловых процессов и их связи с факторами, влияющими на них [9].

На основе морфологических исследований можно решать больший круг инженерных задач. К ним принадлежат вопросы выбора мест расположения на берегах рек переходов линий высоковольтных передач, переходов трубопроводов через реки, водозаборных сооружений и вопросы составления фоновых прогнозов руслового процесса в условиях регулирования стока [8].

Для получения значений плановых деформаций излучин и других русловых форм применяется методика наложения и сравнения картографического материала (лоций, топографических карт, аэрофотоснимков, землеустроительных съёмок и др.). Задача заключается в том, чтобы по одной и той же реке собрать картографический материал разных лет съёмки, сопоставить его между собой и таким путём проследить эволюцию излучин [1].

В настоящее время при изучении русловых процессов активно используются геоинформационные методы и методы компьютерного моделирования, анализа данных дистанционного зондирования. Применение гидроморфологического подхода для анализа горизонтальных деформаций осуществляется в виде выполнения определенных ГИС-задач, включающие в себя: оцифровку космоснимков конкретно взятых излучин и выявление на них плановых деформаций, составление схем динамики береговых переформирований и расчет показателей активности горизонтальных деформаций, определение морфометрических характеристик излучин, характерных для извилистых русел.

На кафедре гидрологии ТГУ в последние десятилетия проводится исследование плановых деформаций на основе космоснимков, разрешения не более 20 м с максимально возможно короткими интервалами времени (от 2 до 7 лет), что позволяет более точно определить морфометрические показатели излучин и динамику их развития.

Для исследования горизонтальных русловых деформаций выбраны участки русел рек, которые развиваются по схеме свободного меандрирования. Наиболее детально проработаны излучины рек Чулым и Кеть в нижнем течении. На данный момент в процессе анализа русловых переформирований находятся реки Обь, Чумыш, Чарыш. Важным моментом исследования является прогноз смещения берегов, который дается на основе совмещения

разновременных космических снимков за период 2002–2023 гг. помощью ПО «SAS.Planet» и «Google Earth».

При выборе излучин на выбранных реках визуально оценивается их береговая ситуация – анализируются вогнутые берега, т. к. именно они подвержены интенсивным плановым естественным деформациям. Известно, что вогнутые берега – обрывисты и имеют, как правило, четкие очертания [4]. Это позволяет провести наиболее точный и оптимальный анализ горизонтальных деформаций, исходя из хорошей выраженности бровок берегов.

Таким образом, были получены схемы динамики смещения вогнутых берегов излучин – определены показатели активности горизонтальных деформаций (средние и максимальные скорости размыва), рассчитаны некоторые морфометрические характеристики (длина и шаг излучины).

Для понимания динамики деформаций русла важно учитывать, как гидрологические характеристики всего бассейна, так и морфологические особенности русла и аллювиальных материалов, состав которых определяет русло и пойму рек, находящихся в пределах исследуемого участка. В годы с высоким уровнем воды степень размыва берегов, вероятно, будет больше, чем в годы с низким уровнем. Кроме того, в многолетних изменениях водности рек Западной Сибири в период половодья эти изменения могут по-разному повлиять на точность прогноза размыва берегов, рассчитанного традиционными методами. Например, сравнение различных положений береговой линии в периоды высокого уровня воды может привести к завышенным оценкам размыва, особенно при общем снижении водности, и наоборот. По этой причине исследование связей проводится с использованием снимков, выполненных между периодами высокой водности.

В качестве показателя водности реки принят расход воды, превышенный 30 дней в году (30-дневный), и затем осредненный за период между разновременными снимками русла с ближайшего гидрологического поста на исследуемых участках рек.

В результате уже проведён анализ зависимости среднемноголетних расходов воды реки Чулым, со скоростью плановых деформаций более чем на 50-ти излучинах [2, 3, 5]. В итоге получены статистически значимые уравнения зависимости средней и максимальной скорости размыва берега реки Чулым в верхнем и среднем течениях от 30-ти дневного расхода.

Во всех исследованиях связь между расходами воды и смещением в плане бровки вогнутого берега требовала учёта показателя развитости излучины – S/λ (отношение длины излучины к ее шагу), который хорошо описывает связь между скоростью деформаций русла в плане и данным морфометрическим показателем. Известно, что наибольшие значения средних скоростей размыва на излучине достигаются при степени развитости равной 1,6, что также было принято во внимание. При прочих равных условиях увеличение длины излучины и S/λ больше значения 1,6 приводило к снижению скоростей размыва берега.

Кроме того, увеличение длины излучины сказывается на уменьшении скорости размыва берега, что позволяет вводить параметр S в знаменатель уравнения.

В конечном итоге была получена зависимость значений средней скорости размыва берега от показателей водности (30-ти дневного расхода воды) и морфометрических показателей (степени развитости излучины и её длины).

Следует отметить, что ранние исследования в этой области на р. Чулым [5] в результате расчетов располагали коэффициентом регрессии ниже, чем в более поздних исследованиях [2, 3]. Вероятно, это связано с количеством взятых для изучения излучин, что должно быть принято во внимание при дальнейших исследованиях.

Тем не менее, результаты исследования взаимосвязей морфометрических характеристик и показателей водности по вышеописанной методике требуют более детального подхода, т.к. они важны в современной практике прогнозирования русловых переформирований. Полученные результаты требуют проверки на независимом материале, учёта региональных особенностей и увеличения базы первичной информации. Исследование деформации берегов равнинных рек юга Западной Сибири в плане их взаимосвязей с показателями водности не изучены повсеместно и требуют расширения географии применения методики.

Литература

1. Барышников Н.Б. Русловые процессы. Учебник. – СПб.: изд. РГГМУ, 2008. – 439 с.
2. Вершинин Д.А., Земцов В.А., Инишев Н.Г. Домрачев А.Е. Проблемы русловых процессов рек Западной Сибири и результаты исследования в этой области // Тридцать третье пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – 2018. – С. 30-38.
3. Домрачев, Е.А. Горизонтальные деформации крупных равнинных рек Западной Сибири (на примере Р. Чулым) // Эрозионные, русловые и устьевые процессы (исследования молодых ученых университетов): сборник статей по материалам XI семинара молодых ученых вузов, объединяемых советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – 2016. – С. 105-109.
4. Земцов В.А., Вершинин Д.А., Крутовский А.О., Каменсков Ю.И. Русловые и пойменные процессы рек Сибири: учеб. пособие – Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. – 182 с.
5. Новиков Д.В. Вершинин Д.А. Исследование плановых деформаций р. Чулым от с. Зыряское до с. Сергеево // Современные проблемы географии и геологии: матер. Всероссийской молодеж. науч. конф. – 2011. – С. 145-147.
6. Каменсков Ю.И. Русловые и пойменные процессы. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 1987. – 171 с.
7. Ковалев, С.Н. Чалов Р.С. Инфраструктура населенных пунктов и эрозионно-русловые системы // Тридцать шестое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов: Доклады и краткие сообщения. – 2021. – С. 108-110.
8. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Снищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 272 с.
9. Крутовский А.О. Способы повышения эффективности геоэкологического мониторинга при исследовании деформаций берегов рек у населенных пунктов (на примере крупных рек Томской области. Автореф. дис. … канд. гегр. Наук: Томск, 2002. – 147 с.
10. Чалов, Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины – Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. Географический факультет (Издательский Дом (Типография), 2004. – 371 с.

УДК 620.92(075.8)

ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ПО СОЗДАНИЮ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЖИГАНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА В НЕФТЕЗАВОДСКИХ ПЕЧАХ С ПОДАЧЕЙ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ РЕЦИРКУЛЯЦИИ В ТОПКУ И В ДУТЬЕВОЙ ВОЗДУХ

Катин В.Д. [1, 2], Журавлев А.А. [1]

E-mail: goposor@yandex.ru
Научный руководитель: Катин В.Д., профессор кафедры «Техносферная безопасность», д.т.н., профессор
[1]ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», г. Хабаровск, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск, Россия

В статье приводится анализ метода частичной рециркуляции дымовых газов в зону горения и в воздушный канал горелочных устройств как эффективного способа сокращения вредных выбросов оксидов азота. Дается теоретическое обоснование экологичности предлагаемого технического решения и рекомендуются устройство новой конструкции для сжигания мазута с использованием указанного способа. Показаны технические и экологические преимущества авторского инновационного решения.

Ключевые слова: сжигание жидкого топлива, котельные и печные агрегаты, водомазутная эмульсия, сжигание жидкого топлива, оксиды азота, газы рециркуляции, степень рециркуляции, рециркуляционный дымосос, подача части дымовых газов в топку и в воздушный канал.

При сжигании газообразного и жидкого топлив в печных и котельных агрегатах в атмосферу поступают загрязняющие вещества наиболее опасными из которых являются токсичные оксиды азота. По данным [1, 2] рециркуляция части продуктов сгорания в топку котлов или печей является одним из эффективных способов сокращения выбросов NO_x при сжигании жидкого и газообразного топлива. При этом более рациональной является не внутренняя рециркуляция топочных газов, а внешняя рециркуляция охлажденных дымовых газов на выходе из печного или котельного агрегата. В связи с этим влияние газов рециркуляции на выход NO_x объясняется следующими факторами:

– снижением максимальной температуры в зоне горения из-за разбавления охлажденными продуктами сгорания;

– уменьшением концентраций реагирующих веществ O_2 и N_2 из-за разбавления балластными дымовыми газами.

Если обозначить степень рециркуляции, определяемую соотношением $r = V^{рец}/V^{отб}$, то с увеличением суммарного объема воздуха и газов

рециркуляции в (1 + r) наблюдается снижение максимальной температуры горения по формуле

$$T_{макс} = \frac{Q_н^р + \alpha_T L_0 c_{возд} T_{возд} + V_r c_r T_r \cdot 0{,}01r}{c_{см} V_{см}(1+0{,}01r)},$$

где r – коэффициент рециркуляции, представляющий собой отношение объема рециркулирующих газов к объему газов и воздуха; c_r и $c_{см}$ – соответственно теплоемкости рециркулирующих газов и смеси из воздуха и рециркулирующих газов; V_r и $V_{см}$ – объемы рециркулирующих газов и смеси из воздуха и рециркулирующих газов. Кроме того, наблюдается уменьшение концентрации кислорода O_2 по зависимости

$$C_{O_2} = 0{,}21[(1 + \alpha_T L_0) + (\alpha_T - 1)L_0 \cdot 0{,}01r]/[(1 + \alpha_T L_0)(1 + 0{,}01r)].$$

Таким образом, рециркуляция газов наряду с уменьшением температуры горения приводит к снижению концентрации кислорода, т.е. падению скорости цепных реакций образования NO_x.

При этом отметим, что при рециркуляции дымовых газов повышается вероятность появления продуктов химического недожога топлива, что вызывает необходимость определения оптимальной степени рециркуляции. В этой связи показательны результаты экспериментальных исследований, проведенных на трубчатой печи мощностью 10,5 МВт технологической установки АВТ Киришского НПЗ [3].

Опытами установлено, что оптимальная степень рециркуляции, при которой достигается подавление токсичных NO без заметного ухудшения процесса горения нефтезаводского газа, должна составлять r = 15-20 %. В этом случае содержание оксидов азота уменьшается с 240 мг/м^3 до 130 мг/м^3, т.е. на 40-45 %. Следует отметить, что наиболее целесообразно на НПЗ в первую очередь переводить на рециркуляцию дымовых газов трубчатые печи с достаточным объемом топочной камеры и в которых сжигаются нефтезаводские газы с умеренным содержанием пропан-бутановых фракций (с теплотой сгорания не более 50 МДж/м^3).

Известно устройство для сжигания жидкого топлива, в котором применяется метод частичной рециркуляции дымовых газов в зону горения, подробно описанное в патенте [4].

Данное устройство содержит последовательно соединенные на трубопроводе подачи жидкого топлива фильтр, насос, диспергатор, теплоиспользующий агрегат, нефтезаводская печи с форсункой и топкой, дымовую трубу, соединенную через дымоход с теплоиспользующим агрегатом, участок трубопровода подачи жидкого топлива, примыкающий к теплоиспользующему агрегату, проложенный в канале дымохода, дополнительно установлен рециркуляционный дымосос, соединенный с

помощью дымового канала с дымовой трубой и топкой теплоиспользующего агрегата.

Принцип работы известного устройства взятого за прототип описан ниже. Жидкое топливо по трубопроводу подачи поступает в фильтр, где оно очищается от механических примесей, и далее при помощи насоса проходит по участку трубопровода, проложенному в канале дымохода (длиной 50-100м), в котором жидкое топливо подогревается до необходимой температуры за счет теплоты уходящих дымовых газов. Подогретый мазут поступает в диспергатор, в котором из него приготавливается водомазутная эмульсия, подаваемая в форсунку, где происходит ее распыление и сжигание в топке агрегата. Затем уходящие из теплового агрегата дымовые газы поступают в дымовой канал и в рециркуляционный дымосос и далее по дымовому каналу в топку, что приводит к снижению максимальной температуры в зоне горения и уменьшению концентрации кислорода. В результате происходит снижение выбросов термических NO_x и тем самым повышается экологическая эффективность устройства.

Однако данное устройство обладает существенным недостатком, связанным с повышенным выбросом сопутствующих продуктов неполного сгорания: сажи, оксида углерода и углеводородов, в том числе канцерогенных, которое опасны для здоровья человека. Их образование объясняется балластированием дымовых газов в зоне горения мазута. В результате, в целом снижается экологическая эффективность сжигания водомазутной эмульсии.

Задачей авторского нового решения является повышение экологической эффективности сжигания жидкого топлива за счет подачи рециркулирующих дымовых газов в воздушный канал форсунки и далее в топку агрегата.

Для решения указанной задачи в известном устройстве для сжигания жидкого топлива, согласно поставленной цели, дымосос соединяют с помощью дымового канала с воздушным каналом форсунки, подают газы рециркуляции в дутьевой воздух и далее в топку теплоиспользующего агрегата.

Признаком, отличающим авторское решение от прототипа, является соединение рециркуляционного дымососа с помощью дымового канала с воздушным каналом форсунки топки теплоиспользующего агрегата. Далее газы рециркуляции подаются не в зону горения, а подмешиваются в дутьевой воздух. Благодаря отличительному признаку повышается экологическая эффективность сжигания жидкого топлива вследствие подачи газов рециркуляции в дутьевой воздух. Новое устройство показано на рис. 1.

Предлагаемое авторами устройство содержит агрегат 1 (печь или котел) с форсункой 2 и топкой 3, дымовую трубу 4, соединенную через дымоход 5 с агрегатом 1, трубопровод подачи жидкого топлива 6, диспергатор 7, расположенный на трубопроводе 6 перед форсункой 2,

насос 8 для перекачивания жидкого топлива по трубопроводу 6, фильтр 9 для удаления механических примесей, установленный на трубопроводе подачи жидкого топлива 6 перед насосом 8, участок трубопровода 6, расположенный в канале дымохода 5, рециркуляционный дымосос 10, дымовой канал 11 для соединения рециркуляционного дымососа 10 с дымовой трубой 5 с воздушным каналом форсунки 2 топки 3 агрегата 1.

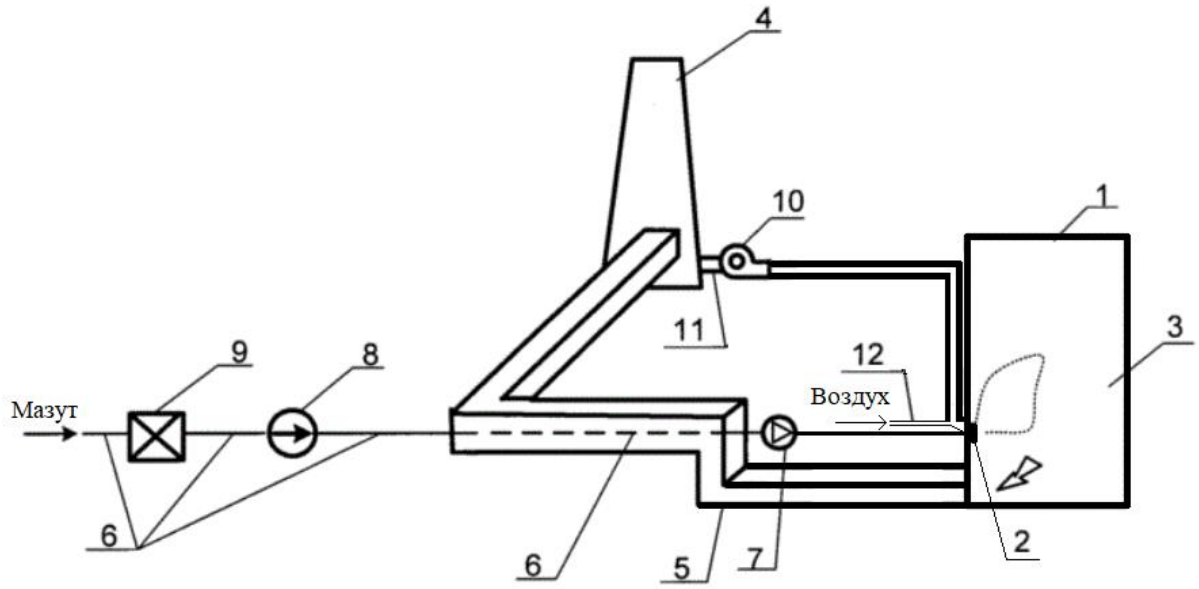


Рис. 1. Схема новой конструкции устройства для сжигания жидкого топлива

Очевидно, что при подаче (подмешивании) дымовых газов рециркуляции в дутьевой воздух горелки сокращаются выбросы NO_x, а образование продуктов неполного горения не наблюдается, что доказывает достаточно высокую экологическую эффективность предлагаемой авторами полезной модели. На данную конструкцию устройства авторами оформлена и подана заявка на полезную модель.

Использование предлагаемого устройства позволит сократить выбросы оксидов азота почти на 30-40 %. Кроме того, подача рециркулирующих дымовых газов сопутствует снижению сернокислотной коррозии поверхностей нагрева теплоиспользующего агрегата вследствие сокращения сопутствующих вредных выбросов диоксида и триоксида серы.

Литература

1. Кривоногов, В.М. Повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды / В.М. Кривоногов. – СПб : Недра, 1996. – 280 с.

2. Сигал, И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива / И.Я. Сигал. – СПб : Недра, 1998. – 312 с.

3. Катин, В.Д. Повышение эффективности использования топлива в трубчатых печах и охрана окружающей среды / В.Д. Катин. – Хабаровск : РИОТИП, 2004. – 240 с.

4. Патент №169530 РФ, МПК F23C 9/00. Устройство для сжигания жидкого топлива / В.Д. Катин, И.В. Вольхин. Опубл. 22.03.2017. Бюл. 9.

УДК 621.74

ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕЙ ПЫЛЬЮ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ковалева К.Д.

E-mail: karinakovaleva1309@gmail.com
Научный руководитель: Лихачева А.В., доцент кафедры промышленной экологии, кандидат технических наук, доцент.
«Белорусский государственный технологический университет», Минск, Республика Беларусь

В статье рассматриваются проблемы утилизации железосодержащей пыли без вредных примесей, образующейся на литейных предприятиях Республики Беларусь. Анализируется ее состав и существующие, но недостаточно эффективные, способы переработки, такие как использование в производстве строительных материалов. В качестве перспективного и инновационного решения предлагается метод получения из данной пыли фотокатализаторов на основе оксидов железа.

Ключевые слова: железосодержащая пыль, утилизация отходов, фотокатализатор, оксиды железа, очистка сточных вод.

Литейное производство является одной из ключевых, фундаментальных отраслей промышленности Беларуси. Оно обеспечивает металлическими заготовками (отливками) практически все машиностроительные и оборонные предприятия страны. Основное металлургическое производство в Республике Беларусь сосредоточено на предприятиях холдинга ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «БМК». Вместе с тем, литейно-металлургические производства в той или иной степени присутствуют практически на всех крупных машиностроительных предприятиях Беларуси:

– суммарные мощности литейных производств составляют 557,5 тыс. т литья в год;

– мощности литейных производств по видам сплавов (тыс. т литья в год): сталь – 86,4; серый чугун (СЧ) – 345,7; высокопрочный чугун (ВЧ) – 73,1; алюминий – 38,2; бронза – 2,1; латунь – 6,8; цинк – 5,17;

– общая загрузка мощностей литейных производств – 44,3 %.

Отливки из черных и цветных металлов и сплавов производятся как для нужд собственного производства, так и для различных потребителей (иные промышленные, строительные, металлообрабатывающие предприятия и организации, а также население республики).

Ключевые центры литейного производства в Беларуси: Минский тракторный завод (одно из самых современных предприятий в стране, используют передовое оборудование из Германии, Италии, Швейцарии), БелАЗ (крупнейший производитель карьерной техники, специализируется на

выпуске массивных и большегабаритных отливок из чугуна и стали), Минский автомобильный завод (производит чугунные и стальные отливки для производства грузовиков, автобусов и прицепов), Могилевский завод «Строммашина» (имеет мощное литейное производство и поставляет отливки не только для собственных и оборудования, но и другим предприятиям Беларуси и на экспорт).

Литейное производство характеризуется образованием специфических отходов. Для характеристики источников их образования рассмотрим технологическую схему литейного производства.

Сущность литья в песчаные формы заключается в получении отливок из расплавленного металла, затвердевшего в формах, которые изготовлены из формовочных смесей путем уплотнения с использованием модельного комплекта. Первой стадией является стадия плавки металла. На данном этапе образуются шлаки. Полученный расплав заливается в формы. Далее полученную отливку охлаждают и осуществляют выбивку отливок из литейных форм. На данном этапе образуется земля формовочная горелая. После выбивки осуществляют обрубку и шлифовку отливок. На этом этапе технологического процесса образуется железосодержащая пыль. После проводится термическая обработка деталей и получается продукт.

Железосодержащая пыль – это отход, который образуется в процессе очистки поверхности отливок. Данный отход образуется на различных предприятиях Республики Беларусь в небольших количествах, что затрудняет сбор и переработку отхода. Традиционно железосодержащая пыль складируется или используется при производстве низкокачественных строительных материалов, что не решает проблему обращения с отходом и оказывает негативное воздействие на окружающую среду.

В соответствии с Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь [1], имеется следующая информация о данном отходе:

Блок 3. Отходы минерального происхождения.

Раздел 5. Отходы металлов и их сплавов.

Группа 1. Лом и отходы черных металлов.

Код отхода: 3510101.

Наименование отхода: Железосодержащая пыль без вредных примесей.

Степень опасности и класс опасности: четвертый класс.

Код вида отхода по классификации Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением от 22 марта 1989 г.: Y17 (Отходы обработки металлических и пластмассовых поверхностей) [2].

Код отхода по решению Совета 2000/532/ЕС: 120102 (наименование отхода: пыль и частицы черных металлов. Группа: Отходы формовки и физической и механической поверхностной обработки металлов и пластмасс) [3].

Данный отход состоит из: Fe_2O_3 (50-70 %), Fe_3O_4 (10-30 %), металлического железа (5-15 %), SiO_2 (5-15 %) CaO (до 5 %) и MgO (до 3 %). Исходя из состава железосодержащей пыли, можно предположить, что отход

можно использовать в качестве железосодержащего сырья для получения различных продуктов.

Анализ научно-технической литературы позволил выявить следующие направления использования железосодержащей пыли:

– Использование железосодержащей пыли в производстве строительных материалов – это перспективное направление утилизации отходов, снижения себестоимости продукции и уменьшения экологической нагрузки [4]. Железосодержащая пыль может частично заменять железо в составе цементного клинкера, так как содержит оксиды железа (Fe_2O_3, Fe_3O_4), необходимые для корректировки химического состава. Железосодержащая пыль по причине своей мелкодисперсности может улучшать прочностные характеристики бетона за счет уплотнения структуры. Пыль с высоким содержанием оксидов железа придает бетону и растворам красновато-коричневый оттенок.

– Железосодержащая пыль может использоваться в производстве керамического кирпича и плитки, улучшая спекаемость и придавая изделиям терракотовый цвет [5]. Оксиды железа в составе пыли могут служить основой для цветных покрытий.

– Железосодержащая пыль может заменять часть минерального наполнителя (до 10–15 %). Она улучшает прочность и термостойкость за счет высокой адгезии битума к железным частицам [6].

– Железосодержащая пыль (особенно окисленные формы) может использоваться для укрепления слабых грунтов. В сочетании с цементом или известью она повышает несущую способность основания дорог [7]. Также она может частично заменять песок или мелкий заполнитель (до 5–10 %).

Однако эти методы часто не позволяют полностью реализовать потенциал отхода и могут быть экономически невыгодными.

При анализе состава железосодержащей пыли было выявлено, что содержание в ней железа составляет от 47 до 85 %. Это позволило предположить, что данный отход можно использовать в производстве магнитных сорбентов и фотокатализаторов.

Все вышеперечисленные направления использования железосодержащей пыли просты в реализации, предполагают использование большого количества отхода, но, при этом не используются полезные компоненты, содержащиеся в отходе. В Республике Беларусь нет промышленнопригодных месторождений железных руд, поэтому для республики большое значение имеет поиск альтернативных сырьевых ресурсов, какими и являются отходы. Поэтому целесообразно развивать такие направления использования отхода, как получение магнитных сорбентов и фотокатализаторов, позволяющех извлекать и повторно использовать невозобновляемый ресурс – соединения железа. Эти методы являются перспективными и инновационными.

На кафедре промышленной экологии Белорусского государственного технологического университета была выполнена работа по получению

фотокатализаторов из железосодержащей пыли без вредных примесей. Процесс состоит из двух этапов:

1. Выщелачивание железа из пыли раствором азотной кислоты.

2. Синтез фотокатализатора путём реакции горения полученного раствора нитрата железа с глюкозой.

В результате образуется высокодисперсный порошок оксида железа, обладающий фотокаталитической активностью.

Экспериментальные исследования показали, что полученный фотокатализатор эффективно очищает сточные воды от органических загрязнителей. Наилучшие результаты достигнуты при очистке модельных сточных вод сахарного производства:

– концентрация загрязняющих веществ: 175 мг/л;
– доза фотокатализатора: 1,35 г/л;
– продолжительность обработки: 42 минуты.

Эффективность очистки составила около 53 %. Дополнительное введение фульвокислот в качестве сенсибилизаторов позволило повысить эффективность очистки до 99 % и сократить продолжительность обработки.

Таким образом, железосодержащая пыль является ценным вторичным ресурсом, требующим разработки эффективных методов ее утилизации. Получение фотокатализаторов на её основе представляет собой перспективное направление, позволяющее решить как экологические, так и экономические задачи. Внедрение данной технологии на промышленных предприятиях позволит сократить объёмы отходов, захораниваемых на полигонах и создать новые экономически выгодные продукты.

Литература

1. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 021-2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь». Утвержден и введен в действие постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 9 сентября 2019 г. № 3-Т.

2. Базельская Конвенция «О контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением». Протокол об ответственности и компенсации за ущерб, причиненный в результате трансграничной перевозки опасных отходов и их удаления. – ЮНЕП. – 141 с.

3. Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ. Решение Европейской Комиссии 2000/532/ЕС. – 41 с.

4. Использование железосодержащих отходов в производстве строительных композитов / Королев Е.В., Губайдуллин А.Р. // Строительные материалы. – 2020. – №8. – С. 34–39.

5. Производство строительной керамики с добавлением железосодержащих отходов / Рыбьев И.А., Леонович С.Н. // Стекло и керамика. – 2021. – №4. – С. 15–20.

6. Применение железосодержащих отходов в дорожных покрытиях / Губайдуллин А.Р., Королев Е.В. // Строительные материалы.– 2020. – №5. – С. 45–49.

7. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы на основе промышленных отходов. Технические требования = ГОСТ Р 58406.1; введ. 01.06.2022. – Москва. – Стандартинформ. – 28 с.

УДК 004.8

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА BITCOIN И ТРАДИЦИОННЫХ БАНКОВСКИХ СИСТЕМ

Лобойко М.В., Бурлака С.Д.

E-mail: loboikomaks322@yandex.ru
Кубанский государственный технологический университет, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2

В статье проводится сравнительный анализ экологического воздействия системы Bitcoin и традиционных банковских платежных инфраструктур. На основе данных Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index, Digiconomist и исследований банковского сектора оцениваются энергопотребление, углеродный след и объем электронных отходов. Особое внимание уделяется перспективам снижения экологической нагрузки через переход на альтернативные технологии (Proof-of-Stake, «зеленый» майнинг).

Ключевые слова: Bitcoin, банковская система, энергопотребление, углеродный след, Proof-of-Work, электронные отходы, экологическая устойчивость, возобновляемая энергия.

Современный финансовый сектор стоит перед серьезной задачей – необходимостью совмещения технологического прогресса с экологической ответственностью. На фоне глобального усиления климатической повестки и перехода к устойчивому развитию участники рынка вынуждены пересматривать свою деятельность с точки зрения потребления электроэнергии, оставляемых углеродных отходах. В последнее десятилетие особое внимание привлекает проблема экологической устойчивости цифровых активов, особенно Bitcoin, как первой и наиболее капитализированной криптовалюты, основанной на энергозатратном алгоритме Proof-of-Work (PoW). PoW это механизм консенсуса в блокчейне, при котором майнеры соревнуются в решении сложных криптографических задач для подтверждения транзакций и создания новых блоков. Чем больше вычислительных мощностей задействовано, тем выше шанс получить вознаграждение, однако это приводит к экспоненциальному росту энергопотребления.

По данным [1] Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI) в 2024 году, сеть Bitcoin ежегодно потребляет около 120 ТВт·ч, что больше, чем некоторые страны, такие как Бельгия или Филиппины. При этом углеродный след Bitcoin в 2023 году варьируется от 35 до 65 млн тонн CO_2 в год по данным Digiconomist, что сопоставимо с выбросами целых промышленных отраслей. Однако критики часто

упускают из виду, что традиционная банковская система, остающаяся основой глобальной экономики, также оказывает колоссальное воздействие на окружающую среду. Масштабная инфраструктура, дата-центры, отделения банков, платежные процессинговые системы Visa, Mastercard требуют огромных энергетических ресурсов. Согласно исследованию CBECI [1], в 2023 году совокупное энергопотребление банковского сектора достигает 260 ТВт·ч в год, вдвое превышая затраты Bitcoin. При этом банки генерируют значительные объемы электронных отходов устаревшее оборудование, карты, серверы и косвенно способствуют выбросам за счет кредитования углеродоемких отраслей.

Актуальность исследования обусловлена ростом обеспокоенности мирового сообщества проблемами изменения климата, увеличением энергопотребления цифровых технологий, необходимостью разработки стандартов экологической отчетности для финансового сектора, поиском баланса между инновациями и устойчивым развитием. В то время как одни называют Bitcoin экологическим бедствием, другие указывают на его потенциал для стимулирования альтернативных источников энергии через гибкий спрос на электричество. В свою очередь, банковский сектор активно декларирует углеродную нейтральность, но редко раскрывает полную цепочку воздействия. Методология основывается на данных CBECI, Digiconomist, научных публикациях и отчетах банков [2]. Особое внимание уделяется сравнительному анализу на единицу полезной нагрузки, таких, как энергозатраты на одну транзакцию, что позволяет избежать некорректных сопоставлений. Поиск баланса между инновациями и устойчивостью требует объективных данных. Данная статья призвана структурировать существующие оценки и обозначить пути снижения экологического воздействия обеих систем.

Для комплексного сравнительного анализа экологического следа с выделением ключевых параметров воздействия на окружающую среду. Bitcoin необходимо решить следующие задачи. Провести анализ структуры энергопотребления обеих систем, оценить углеродный след на различных уровнях, источники энергии для майнинга, банковской инфраструктуры, сравнить объемы электронных отходов и возможности утилизации ASIC-майнеров, банковского оборудования. Исследовать перспективные направления снижения экологической нагрузки и возможный переход на PoS, «зеленый» майнинг, ESG-банкинг.

Методологическую основу исследования составляют принципы системного анализа и сравнительной оценки. Работа опирается на данные авторитетных международных организаций и последние научные публикации в области устойчивого развития и финансовых технологий.

Для проведения комплексного анализа были использованы сравнительный анализ абсолютных и относительных показателей, оценка жизненного цикла (LCA) для ключевых компонентов систем, статистический анализ временных рядов, нормативный анализ существующих стандартов экологической отчетности. Сравнение проводилось по таким параметрам, как прямое энергопотребление, углеродная интенсивность, водопотребление, объемы электронных отходов, эффективность на единицу транзакции, использование возобновляемых источников энергии. Для обеспечения сопоставимости данных все показатели приведены к единому временному периоду 2020-2023 гг. и пересчитаны в сопоставимых единицах измерения.

Анализ энергетической эффективности рассматриваемых финансовых систем [2] выявил существенные различия в их структуре потребления.

Bitcoin потребил в 2023 г. 95-105 ТВт·ч 0,38-0,42 % мирового потребления. Географически майнинг распределяется в Северной Америке 35-40 %, Центральной Азии 20-25 %, Европе 15-18 % и остальном мире 17-20 %.

Среди альтернативных энергоисточников доля в энергопотреблении распределяется с заметными региональными различиями следующим образом на гидроэнергию приходится 23 %, энергию ветра 12 %, солнечная энергетика составляет 8 %, прочие источники потребляют 15 %. На долю традиционных источников энергии приходится уголь 22 %, газ 15 %, нефть 5 %. потребления энергии. Банки в ЕС потребляют 60 % альтернативных энергоисточников, а в Азии 30 %.

Традиционные банки потребляют в год 180-220 ТВт·ч 0,7-0,9 % мирового потребления [4]. Основные потребители электроэнергии дата центры 45 %, банковские отделения 30 %, банкоматы 15 %, прочая инфраструктура 10 %. В таблице 1 приведены сравнительные показатели энергопотребления Bitcoin и банковского сектора.

Таблица 1

Сравнительные показатели энергопотребления 2023 г. [4]

Параметр	Bitcoin	Банковский сектор	Соотношение
Абсолютное потребление, ТВт·ч	100	200	1:2
Потребление на $1 млрд капитализации, ТВт·ч	0,95	0,15	6,3:1
Потребление на 1 млн транзакций, ТВт·ч	700	0,1	7000:1
Интенсивность потребления, кВт·ч/$ транзакции	250	0,003	83,000:1

Анализ энергопотребления показал, что по всем показателям Bitcoin превосходит банковский сектор многократно.

Динамика энергопотребления Bitcoin и банковского сектора представлена на рисунке 1.

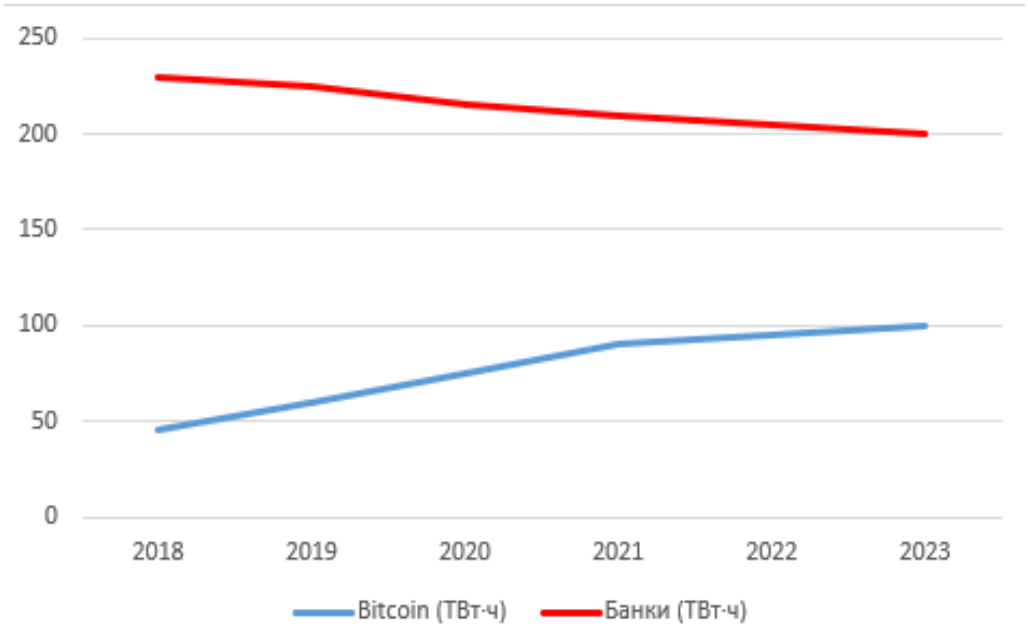


Рис. 1. Динамика энергопотребления Bitcoin и банковского сектора

Согласно данным представленным на рисунке 1 наблюдается стабильный рост энергопотребления Bitcoin с 45 ТВт·ч в 2018 г до 100 ТВт·ч в 2023 году, а энергопотребления банковским сектором демонстрирует постепенное снижение с 230 ТВт·ч в 2018 г до 200 ТВт·ч в 2023 г.

Был проведён анализ углеродного следа Bitcoin, который показал годовые выбросы CO_2 составляют 48-53 млн тонн, а на углеродную интенсивность приходится 480-530 г CO_2/кВт·ч. [3]. Анализ количества электронных отходов от Bitcoin, показал, что объем их составил 28-32 тыс. тонн/год, причем на долю ASIC-майнеры приходится 90 %, а на охлаждающее оборудование 10 %. Так как данные отходы имеют короткий жизненный цикл оборудования 1,5-2 года, а также отсутствуют стандартизированные программы переработки такого оборудования, то утилизировать их очень проблематично.

В банковском секторе годовые выбросы CO_2 380-420 млн тонн, углеродная интенсивность 190-210 г CO_2/кВт·ч [5]. Объем электронных отходов составляет 190-210 тыс. тонн/год, в состав которых входит серверное оборудование 40 %, терминалы и банкоматы 30 %, пластиковые карты 15 % и прочее 15 %. Уровень переработки данных отходов составляет 25-30 %.

Анализ выявил кажущийся парадокс, в абсолютных цифрах банковский сектор потребляет в 2 раза больше энергии, однако на единицу полезного действия транзакция, капитализация Bitcoin значительно менее эффективен. Это можно объяснить принципиальными различиями в архитектуре и разной

степени безопасности с учетом того, что децентрализованная природа Bitcoin требует избыточных вычислений, а банковская система оптимизирована десятилетиями эволюции.

Экологический след существенно варьируется по регионам. Bitcoin в Скандинавии потребляет 90 % альтернативных источников энергии в то время, как в Казахстане 80 % электроэнергии для Bitcoin поставляется при помощи сжигания угля. Вследствие проанализированной информации, можно отметить, что перспективными решениями для Bitcoin будут являться переход на Proof-of-Stake, использование попутного газа, локализация в регионах с избытком нетрадиционных источников энергии. Для банков перспективными решениями будут являться оцифровка процессов, снижение потребления зданий, переход на облачные решения, стандартизация экологической отчетности.

В заключении можно сказать, что банковская система создает больший абсолютный экологический след. Однако Bitcoin менее эффективен на единицу полезного действия поэтому обе системы имеют значительный потенциал для экологизации. Необходим дифференцированный подход к регулированию, внедрение современных экологических технологий и искусственного интеллекта в решении создавшихся проблем [6, 7].

Литература

1. Cambridge Centre for Alternative Finance. Bitcoin Electricity Consumption Index. 2023. URL: https://ccaf.io/cbnsi/cbeci

2. de Vries, A. Bitcoin's Growing e-Waste Problem // Resources, Conservation & Recycling. 2021. Vol. 168. P. 105-114. URL: https://www.researchgate.net/publication/354554919_Bitcoin's_growing_e-waste_problem

3. World Economic Forum. Green Digital Finance. 2023. URL: https://www.weforum.org/publications/annual-report-2023-2024/in-full/our-organization-5f5b6f9aba/

4. Центральный банк Швеции. Отчет об экологических рисках финансового сектора. 2022. URL: https://www.riksbank.se/en-gb/financial-stability/financial-stability-report/?year=2022

5. Бондарев, А. В. Роль искусственного интеллекта в решении экологических проблем / А. В. Бондарев, С. Д. Бурлака // Молодежная наука. Сборник лучших научных работ молодых ученых: Материалы LI студенческой научной конференции, Краснодар, 29 февраля – 21 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2024. – С. 300-305.

6. Гриценко, В. С. Современные экологические технологии и перспективы их развития в Российской Федерации / В. С. Гриценко, Д. М. Щегула, С. Д. Бурлака // Молодежная наука. Сборник лучших научных работ молодых ученых : Материалы LI студенческой научной конференции, Краснодар, 29 февраля – 21 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2024. – С. 331-338

7. Международное энергетическое агентство. Отчет по энергопотреблению финансового сектора. 2023. URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023

УДК 631.4

АНАЛИЗ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНДЕКСА ОКУЛЬТУРЕННОСТИ

Малышева Е.С.[1], Малышев А.В.[1], Костин И.Г.[2]

E-mail: helen2907a@mail.ru
[1] Белгородский филиал ФГБУ «Росагрохимслужба», Белгород, Россия
[2]ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В статье рассматривается значимость агроэкологических показателей состояния почв. Определены оптимальные значения их содержания. Приведены данные о средневзвешенных величинах основных агроэкологических показателей плодородия почв Белгородской области, полученные в ходе 11 цикла агрохимического обследования. Также представлен анализ средневзвешенного значения индекса окультуренности по Белгородской области за период 2019-2022 гг.

Ключевые слова: пахотные почвы, индекс окультуренности, агроэкологическая оценка, оптимальные параметры плодородия, использование ГИС

Введение. Повышение плодородия почв – одна из частей глобальной проблемы оптимизации использования сельскохозяйственных земель и повышения продуктивности агроэкосистем. Оно может быть достигнуто определением оптимальных параметров свойств почв, позволяющих максимально использовать их потенциал и получать высокие урожаи. По мнению Т.Н. Кулаковской (1990), оптимальные свойства почв – это такие показатели, при которых максимально используются все важные для растений факторы, реализуется потенциал культур, и достигаются достаточно высокие урожаи без потери качества.

Термины «окультуривание» и «окультуренность» почв появились в начале XX века и означают изменение свойств почвы под воздействием сельскохозяйственной деятельности, отражающиеся в её продуктивности [5, 6, 15]. Под «уровнем плодородия» почв понимается количественная характеристика их продуктивности, выраженная в урожае сельскохозяйственных культур и отражающая степень их окультуренности в конкретных условиях [10, 16].

Оценка плодородия основана на основных показателях свойств почв: pH, содержание органического вещества, подвижных форм фосфора и калия, а также некоторых микроэлементов. Эти данные не позволяют точно оценить уровень плодородия, поскольку отдельные показатели могут по-разному влиять на урожайность. Определить влияние каждого параметра в чистом виде сложно, так как изменение одного

сопровождается изменением других. Наиболее объективным является оценивание по комплексному показателю – индексу окультуренности почв. Данный индекс учитывает все свойства в относительных величинах и отражает их соответствие требованиям культурных растений.

Одновременно с этим, в сельском хозяйстве активно применяются информационные технологии и геоинформационные системы (ГИС), позволяющие мониторить экологическую ситуацию, анализировать условия роста сельскохозяйственных культур, прогнозировать урожаи и учитывать различные природные факторы (климат, почвенное состояние и т.д.) в реальном времени.

Целью данного исследования является анализ целесообразности применения степени окультуренности почв для оценки агроэкологического состояния Белгородской области.

При оценке почв относительно их свойств, режимов и протекающих в них процессов, важно учитывать наиболее устойчивые показатели, которые не меняются при сельскохозяйственном использовании и сохраняют стабильность в течение полевого сезона и в разных районах. Эти показатели, помимо отражения генезиса почв, существенно влияют на их плодородие и урожайность культур.

Индекс окультуренности основан на определении влияния агрохимических свойств почв на уровень плодородия [10, 16]. При его расчёте учитываются как фактические показатели плодородия (кислотность, содержание органического вещества, подвижные формы фосфора и калия), так и их оптимальные и минимальные значения, а также потребности культур в минеральных элементах [9].

Оптимальные показатели почв зависят от множества условий, таких как выращиваемая культура, гранулометрический состав почвы, кислотность, емкость катионного обмена, соотношение элементов питания и др. [14].

Объекты, материалы и методы исследований. Объектами изучения выступают участки пахотных почв на территории Белгородской области.

Для работы были использованы материалы 11 цикла (2019-2022 гг.) агроэкологического мониторинга почв, проводимого ФГБУ «ЦАС «Белгородский» (после реорганизации 2025 года – Белгородский филиал ФГБУ «Росагрохисмлужба»). Почвенные пробы отбирались с глубины 0-25 см тростевым буром. Площадь элементарного участка составляла 15-20 га. За цикл обследования отобрано около 70000 проб. По завершении пробоподготовки в почве определяли содержание органического вещества [3], pH солевой вытяжки (pH_{KCl}) [4]. Концентрации подвижных форм фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) определяли по методу Чирикова [2].

По каждому показателю рассчитано средневзвешенное значение, почвы разбиты на группы по величине агроэкологических параметров. В данной работе анализируются данные по степени окультуренности почв, рассчитанные с помощью программного комплекса «ГИС Агроэколог Онлайн» [1, 8]. В расчет входит вычисление индекса степени окультуренности почв по Т.Н. Кулаковской (1990). Сначала рассчитываются относительные индексы по каждому рассматриваемому параметру плодородия: pH солевой вытяжки, содержание органического вещества, подвижных форм фосфора и калия. Затем рассчитывается индекс окультуренности ($И_{ок}$) почвы (среднее арифметическое относительных индексов всех показателей). Если величина фактического показателя плодородия выше оптимального, то относительный индекс приравнивается к 1,0.

Результаты и обсуждение. Согласно данным одиннадцатого цикла обследования (2019-2022 гг.), наименьшее средневзвешенное содержание подвижных форм фосфора (99 мг/кг) было отмечено в МО «Красненский район» и «Ровеньской район», а калия (117 мг/кг) – в МО «Краснояружский район». Максимальные показатели содержания подвижных форм фосфора (185 мг/кг) и калия (199 мг/кг) зарегистрированы в почвах Новооскольского городского округа (табл. 1).

Минимальное средневзвешенное значение pH_{KCl} (5,49) наблюдалось в почвах Грайворонского городского округа, расположенного в лесостепной зоне, где почвенный покров представлен преимущественно выщелоченными черноземами. Наивысшее средневзвешенное значение pH_{KCl} (6,68) было выявлено в почвах МО «Ровеньской район», находящегося в степной зоне, где преобладают черноземы обыкновенные. Степные подтипы черноземов характеризуются низкой склонностью к подкислению [7, 12].

Минимальное содержание органического вещества (4,07 %) выявлено в почвах Грайворонского городского округа, в то время как максимальное значение (6,02 %) отмечено в почвах МО «Прохоровский район». Такие различия прежде всего обусловлены специфическими процессами почвообразования и в меньшей степени влиянием человеческой деятельности. Белгородская область является единственным регионом Центрального Черноземья, где за период с девятого цикла обследования (2010-2014 гг.) по одиннадцатый (2019-2022 гг.) отмечается прирост средневзвешенного показателя содержания органического вещества в почвах на 0,3 %. Это обусловлено активным внесением значительных доз органических удобрений, широким применением сидеральных культур и сокращением площадей, занятых под чистыми парами, где наблюдается некомпенсированная минерализация органики почвы [11].

Таблица 1

Средневзвешенные значения основных агроэкологических параметров состояния почв по данным обследования 2019-2022 гг.

Муниципальное образование	**Площадь, тыс. га**	**Содержание подвижных форм по Чирикову, мг/кг**		**pHKCl**	**Содержание органического вещества, %**
		P_2O_5	**K_2O**		
Городской округ					
Алексеевский	84,13	118	153	6,4	5,2
Валуйский	62,40	123	148	6,2	5,0
Грайворонский	47,91	127	137	5,5	4,1
Губкинский	78,78	119	141	5,7	6,0
Новооскольский	63,10	185	199	5,9	5,5
Старооскольский	61,97	122	142	6,0	5,3
Шебекинский	83,47	157	183	5,7	5,1
Яковлевский	55,37	168	182	5,7	5,3
Муниципальный район					
Белгородский	61,99	174	163	5,8	4,9
Борисовский	32,80	118	168	5,6	4,5
Вейделевский	74,80	108	155	6,3	5,6
Волоконовский	73,92	162	167	6,0	5,5
Ивнянский	52,05	157	162	5,5	5,7
Корочанский	72,97	140	181	5,7	5,5
Красненский	42,17	99	124	6,1	5,5
Красногвардейский	66,58	141	180	6,1	5,4
Краснояружский	24,49	130	117	5,7	4,6
Прохоровский	78,98	136	171	5,6	6,0
Ракитянский	53,32	168	165	5,6	5,5
Ровеньский	73,68	99	136	6,7	5,3
Чернянский	66,46	154	160	6,0	4,8
Область	**1311,34**	**138**	**159**	**5,9**	**5,3**

Для расчёта индекса окультуренности пахотных почв Белгородской области установлены следующие обоснованные оптимальные показатели: pHKCl – 6,0, содержание органического вещества – 6,0 % и подвижных форм фосфора – 200 мг/кг, калия – 180 мг/кг [13].

С использованием системы «ГИС Агроэколог Онлайн» производится автоматический расчет индекса окультуренности ($И_{ок}$) и формируется соответствующая картограмма. Для каждой группы, выделенной по индексу степени окультуренности, предусмотрена собственная цветовая схема в легенде картограммы (рис. 1). Такие картограммы можно

создавать для конкретного хозяйства, муниципального образования либо для всего региона.

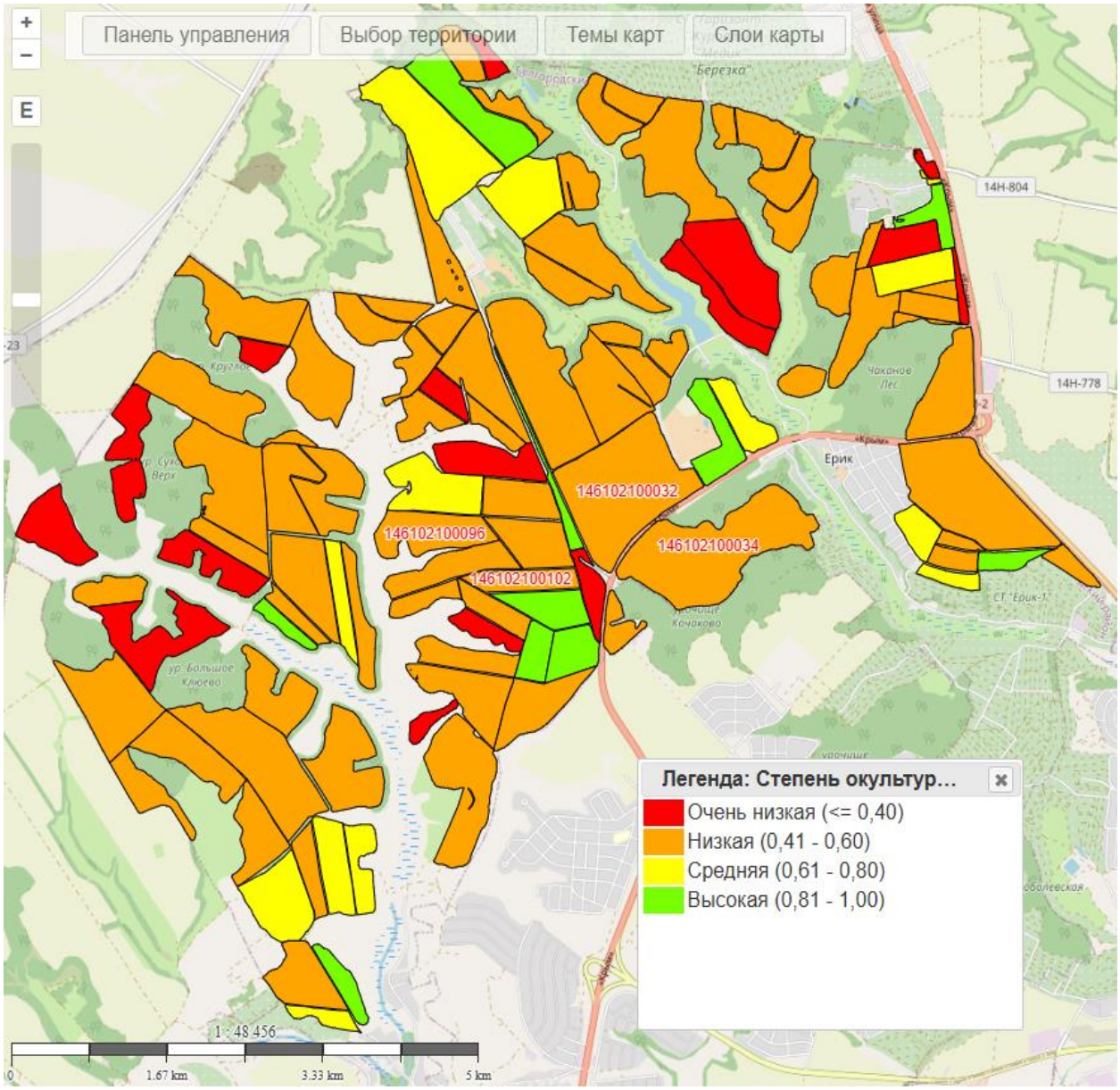


Рис. 1. Картограмма степени окультуренности почв
ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» МО Белгородский район
за 11 цикл агрохимического обследования

Самое низкое значение индекса окультуренности выявлено для почв Грайворонского городского округа (0,45). Это объясняется тем, что почвы этого муниципального образования обладают самым низким в регионе средневзвешенным уровнем pH_{KCl} и минимальным количеством органического вещества. В Грайворонском городском округе наибольшая часть почв (45,0 %) имеет $И_{ок}$ меньше 0,4 (табл. 2; рис. 2).

Таблица 2

Средневзвешенные значения и группировка пахотных почв по величине индекса окультуренности (2019-2022 гг.)

Муниципальное образование	Общая площадь, тыс. га	Группировка почв по степени окультуренности, %				Средневзвешенный индекс окультуренности
		очень низкая (менее 0,40)	низкая (0,41 – 0,60)	средняя (0,61 – 0,80)	высокая (более 0,80)	
Городской округ						
Алексеевский	84,13	9,76	33,49	39,02	17,72	0,72
Валуйский	62,40	12,18	29,80	41,42	16,60	0,69
Грайворонский	47,91	45,04	36,51	16,73	1,73	0,45
Губкинский	78,78	19,89	31,63	34,25	14,22	0,67
Новооскольский	63,10	4,12	17,04	39,76	39,09	0,90
Старооскольский	61,97	23,29	30,98	30,92	14,81	0,70
Шебекинский	83,47	10,02	27,53	39,00	23,44	0,76
Яковлевский	55,37	9,9	26,96	43,82	19,32	0,80
Муниципальный район						
Белгородский	61,99	11,45	32,77	35,82	19,96	0,74
Борисовский	32,80	23,85	44,36	25,63	6,16	0,59
Вейделевский	74,80	10,83	25,03	40,61	23,53	0,75
Волоконовский	73,92	3,91	19,28	44,50	32,31	0,84
Ивнянский	52,05	15,50	32,13	31,07	21,30	0,73
Корочанский	72,97	12,84	29,07	34,20	23,89	0,77
Красненский	42,17	12,46	46,83	32,58	8,14	0,64
Красногвардейский	66,58	8,69	30,35	41,52	19,44	0,84
Краснояружский	24,49	29,97	47,15	20,24	2,64	0,52
Прохоровский	78,98	9,96	33,53	36,41	20,10	0,76
Ракитянский	53,32	16,74	29,47	28,66	25,13	0,76
Ровеньский	73,68	10,53	35,85	39,34	14,29	0,65
Чернянский	66,46	11,61	32,34	40,53	15,52	0,74
Итого	1311,34	13,57	30,84	36,30	19,29	0,73

Максимальное значение индекса окультуренности отмечается в почвах Новооскольского городского округа (0,90), что связано с приближенными к оптимальным показателями кислотности и концентрации доступных форм фосфора и калия. В данном муниципальном образовании наблюдается также самая значительная доля почв с высоким уровнем $И_{ок}$ (39,1 %) (рис. 3).

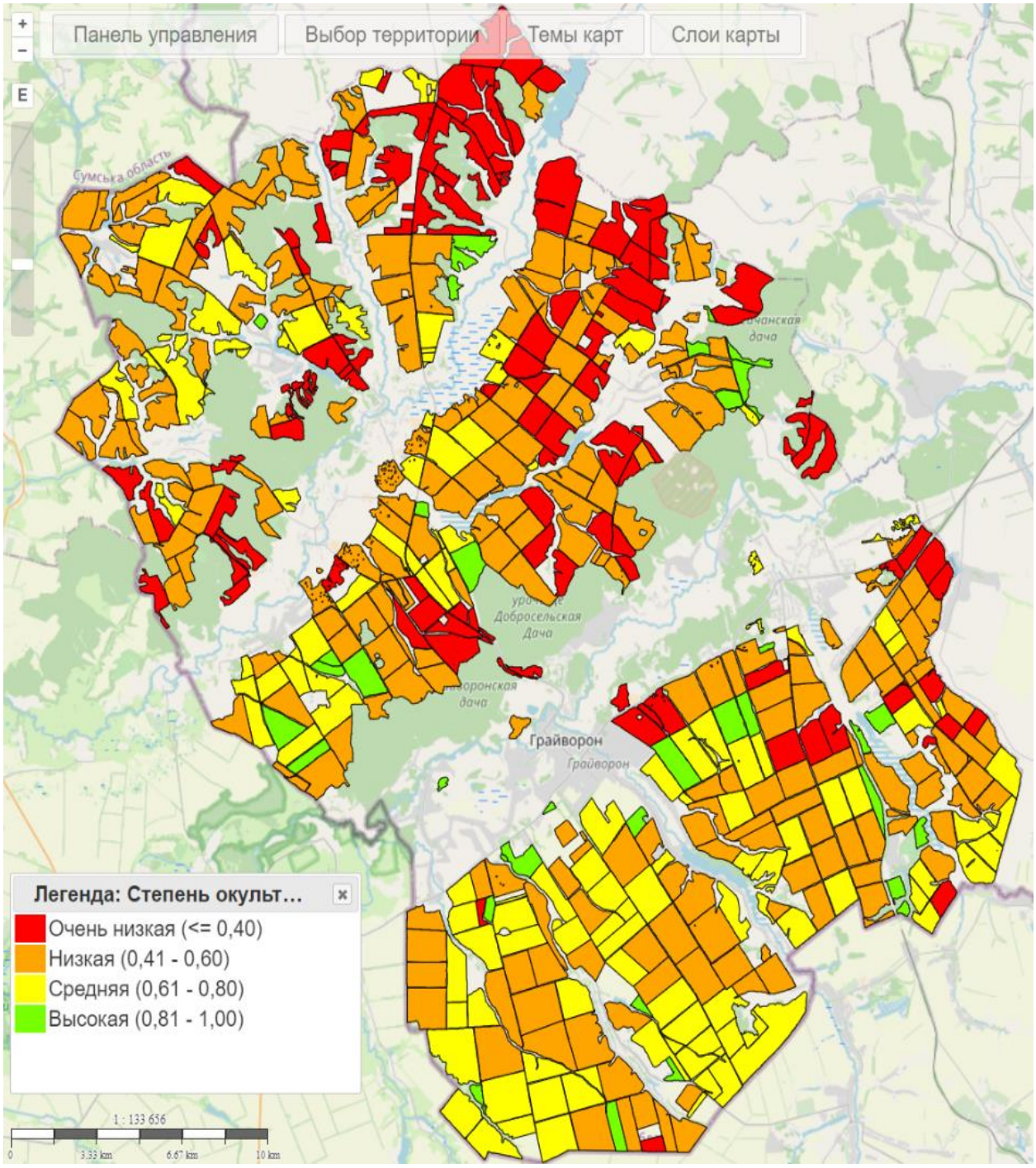


Рис. 2. Картограмма степени окультуренности почв МО «Грайворонский городской округ» за 11 цикл обследования

В целом по региону за период 2019-2022 годов средневзвешенное значение индекса окультуренности достигло 0,73. Процент почв с очень низким уровнем индекса (менее 0,40) составил 13,57 %, с низким (0,41-0,60) – 30,84 %, со средним (0,61-0,80) – 36,30 %, с высоким (свыше 0,80) – 19,29 % (см. табл. 2; рис. 4).

Заключение. С применением «ГИС Агроэколог Онлайн» на примере Белгородской области была проведена оценка текущего (2019–2022 гг.)

агроэкологического состояния пахотных земель на основе вычисленных индексов степени окультуренности.

В целом по региону средневзвешенное значение индекса окультуренности составило 0,73. Доля участков с очень низким значением этого индекса (менее 0,40) составила 14,9 %, с низким (0,41-0,60) – 32 %, со средним (0,61-0,80) – 35,0 %, с высоким (свыше 0,80) – 18,1 %. Максимальное значение данного параметра зарегистрировано в почвах Новооскольского городского округа (0,90), что объясняется приближённостью параметров кислотности и содержания подвижных форм фосфора и калия к оптимальным значениям. Наименьшее значение индекса окультуренности было свойственно почвам Грайворонского городского округа (0,45), что связано с тем, что средневзвешенные показатели pH_{KCl} и количества органического вещества значительно ниже рекомендуемых оптимальных величин.

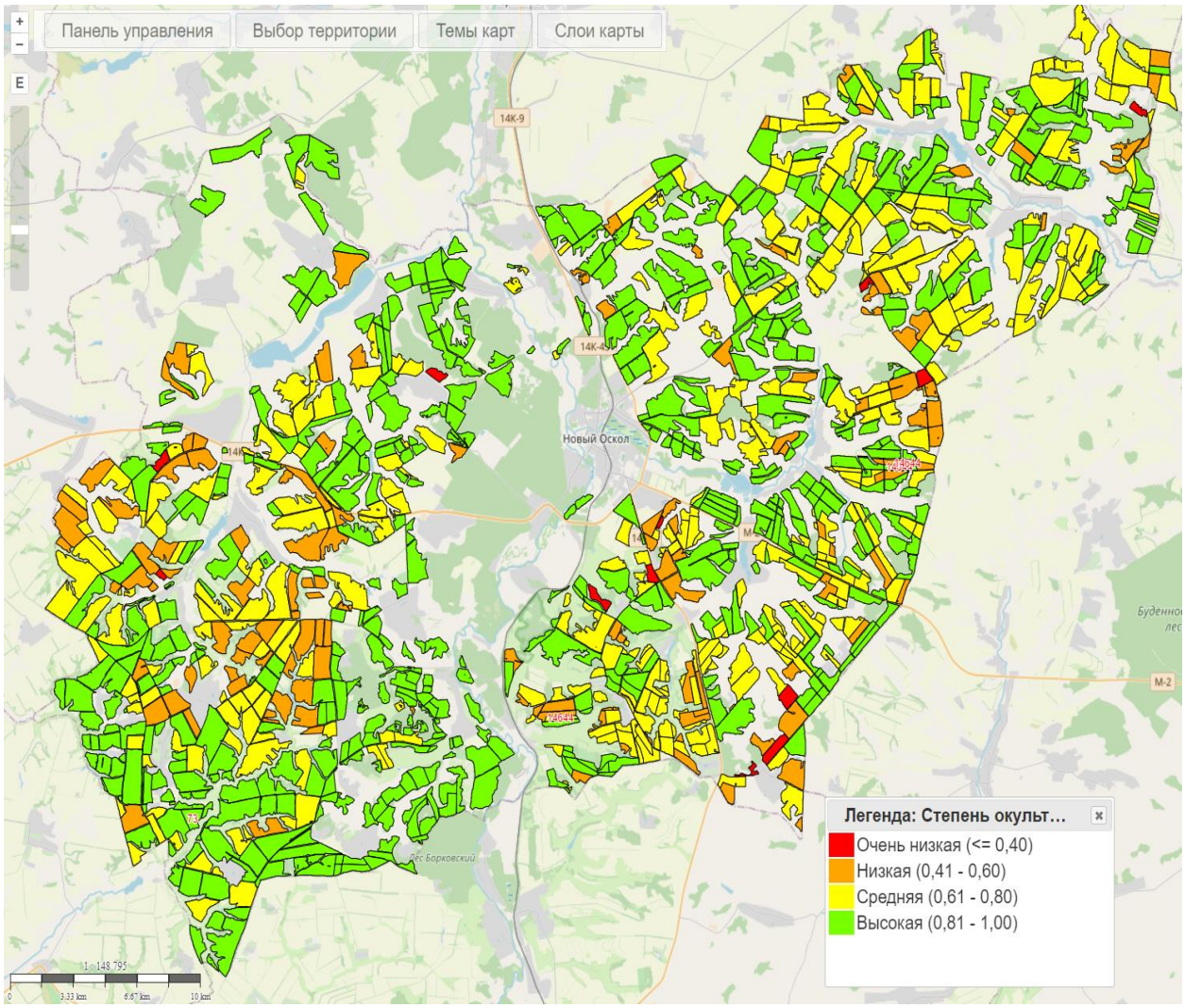
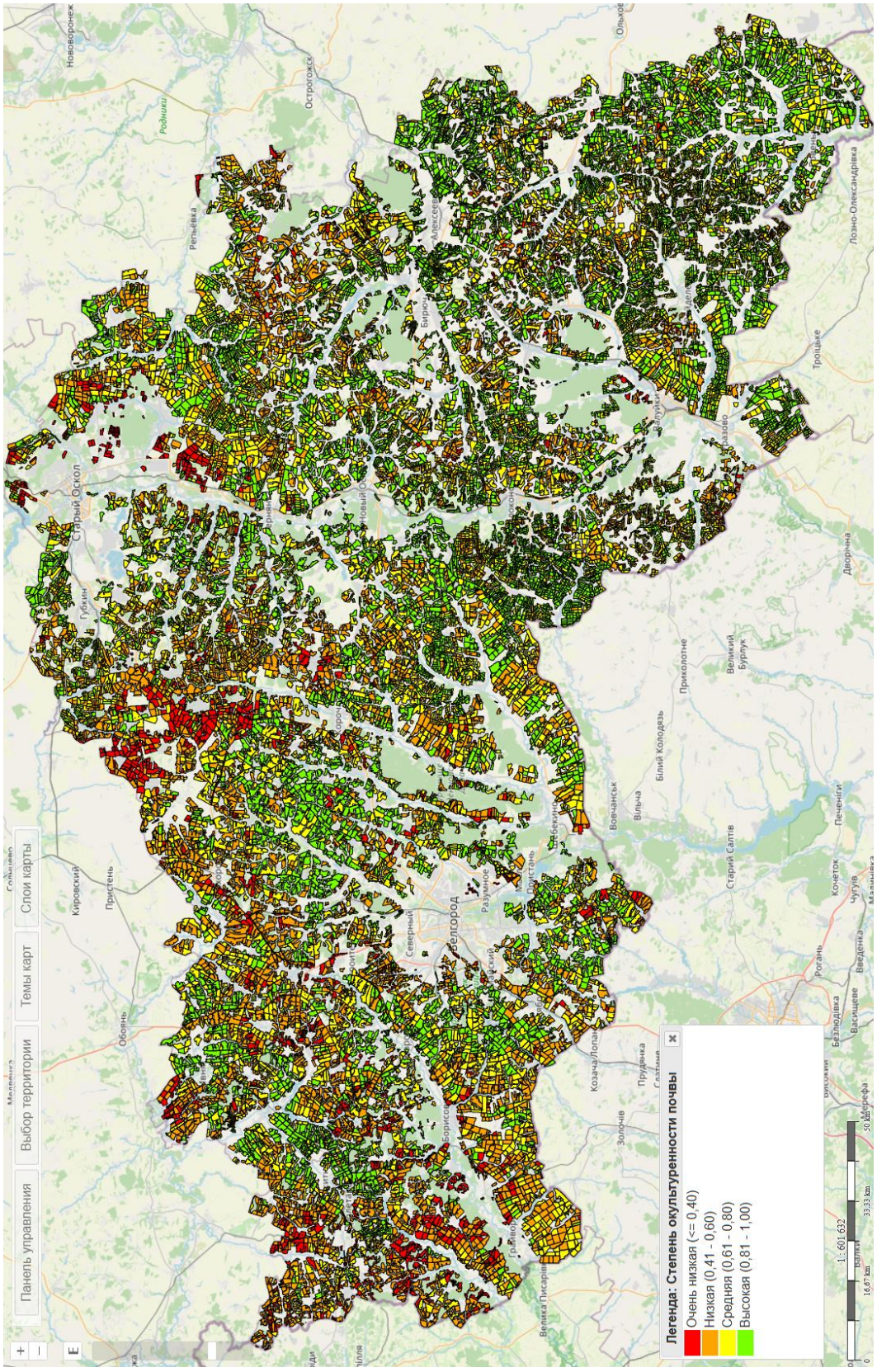


Рис. 3. Картограмма степени окультуренности пахотных почв МО «Новооскольский городской округ» за 11 цикл обследования


Панель управления
Выбор территории
Темы карт
Слои карты
Легенда: Степень окультуренности почвы
Очень низкая (<= 0,40)
Низкая (0,41 - 0,60)
Средняя (0,61 - 0,80)
Высокая (0,81 - 1,00)
Белгород
Старый Оскол
Новый Оскол
Шебекино
Губкин
Алексеевка
Валуйки
Строитель
Ровеньки
Красногвардейское
Красная Яруга
Ивня
Грайворон
Волоконовка
Борисовка
Ракитное
Яковлево
Корочанский
Короча
Новая Таволжанка
Чернянка
Прохоровка
Ивнянский
Губкинский
Белгородский
Шебекинский
Старооскольский
Алексеевский
Валуйский
Ровеньский
Красногвардейский
Грайворонский
Волоконовский
Борисовский
Яковлевский
Корочанский
Прохоровский

Литература

1. Malysheva, E.S. Complex analysis of data from agrochemical and soil-erosion monitoring using geoinformation systems / E.S. Malysheva, A.V. Malyshev, I.G. Kostin // VI International Scientific Conference «Current state, problems and prospects of the development of agrarian science», Simferopol, Russian Federation, 4-8 October 2021: conference proceedings / FSBSI «Research Institute of Agriculture of Crimea». – Simferopol, 2021. – IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, № 937 032070.

2. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. – Введ. 01.07.1993. – М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. – 6 с.

3. ГОСТ 26213-21. Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 01.08.2022. – М. : Российский институт стандартизации, 2021. – 8 с.

4. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. – Введ. 26.03.1985. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 6 с.

5. Егоров, М.А. Подвижное органическое вещество почвы как один из показателей степени окультуренности ее // Записки Харьк. с.-х. ин-та, Т.1. – Вып. 2. – Харьков, 1938. – С. 3-38.

6. Карпинский, Н.П. Основные вопросы современного почвоведения, № 1. – 1954.

7. Корнейко, Н.И. Агрохимическое состояние пахотных почв Белгородской области / Н.И. Корнейко // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 9-2. – С. 120-124.

8. Костин, И.Г. Использование геоинформационных систем для анализа экологического состояния агроландшафтов // И.Г. Костин / Московский экономический журнал. – 2023. – № 2. – С. 8-21.

9. Костин, И.Г. Мониторинг основных параметров плодородия почв с применением геоинформационных систем / И.Г. Костин, Е.С. Малышева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15, № 2(58). – С. 96-101.

10. Кулаковская, Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 220 с.

11. Лукин, С.В. Мониторинг агроэкологического состояния пахотных почв Центрально-Черноземного района России / С.В. Лукин // Агрохимия. – 2023. – № 4. – С. 67-77.

12. Лукин, С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземного района России / С.В. Лукин // Агрохимия. – 2021. – № 3. – С. 3-14.

13. Малышева, Е.С. Комплексная оценка агроэкологического состояния почв Белгородской области с использованием индекса окультуренности / Е.С. Малышева, И.Г. Костин, А.В. Малышев // Земледелие. – 2024. – № 8. – С. 14-18.

14. Оптимизация почвенного плодородия в агроэкосистемах: краткий курс лекций для аспирантов 2 курса направления подготовки 06.06.01 Биологические науки / Сост.: Т.И. Павлова // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 35 с.

15. Францессон, В.А. Об окультуренности и окультуривании почв / В.А. Францессон // Химизация соц. землед. – 1934. – № 11.

16. Шафран, С.А. Оценка окультуренности почв по комплексу агрохимических показателей / С.А. Шафран // Агрохимия. – 2022. – №4. – С. 3-10.

УДК 502.36

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ И БЕДНОГО СЫРЬЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫХ РЕСУРСОВ

Мельник М.А.

E-mail: mma-sviblovo@rambler.ru
Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ), Москва, Россия

В докладе приведены способы переработки и использования основных отходов, в том числе в виде источника дефицитных ресурсов. Указывается возможное теоретическое обоснование для разработки и выбора способов дальнейшего использования отходов.

Ключевые слова: законы термодинамики, отходы, рассеивание ресурсов, повторное использование

Продолжающийся рост производства и потребления сопровождается накоплением отходов и изъятием природных ресурсов. На фоне всё возрастающих объёмов отходов производства и потребления, и при этом ограниченности доступных к использованию ресурсов возрастает значение как отходов, так и бедного сырья в качестве перспективных источников ресурсов. Возникает цель создания теоретической базы и разработки технологий использования и переработки накапливаемых материалов с составом, отличающегося от исходного, а также всё менее концентрированных ресурсов.

В общем случае взаимодействие производственной деятельности с природной средой может быть отображено следующей схемой (рис. 1). На этой схеме цель производственных процессов – конечная продукция. При этом часть использованного в производстве вещества и энергии не входят в конечную продукцию производственных процессов, они названы (рис. 1) побочной продукцией. На конечную продукцию приходится 2 % используемого материального сырья [1], остальная часть становится побочной, в том числе при имеющихся технических возможностях не используемой, и вызывающей в итоге загрязнение окружающей среды. Частично оно вовлекается в геохимический кругооборот. Его процессы приводят в конечном счёте к одному результату – вещество возвращается в состояние, аналогичное исходному. Но они характеризуются низкой скоростью протекания. Не изучены в полной мере и природные механизмы превращения веществ и их накопления. Многие из них сопровождаются затратами поступающей извне энергии. К таким природным процессам относится и фотосинтез с последующей минерализацией биогенного вещества.

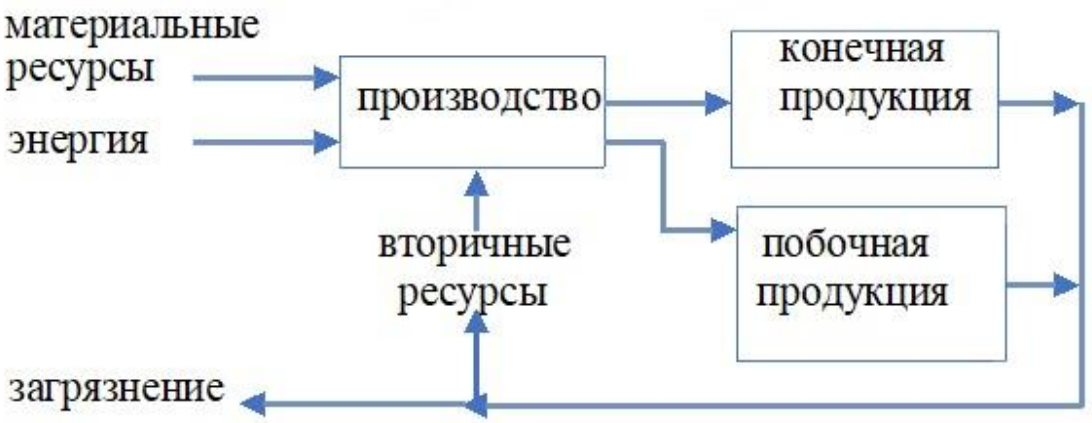


Рис. 1. Схема взаимодействия производства с окружающей средой

Практикуемое рассредоточенное хранение антропогенных отходов в сочетании с миграцией вещества в природных процессах также приводит к рассеиванию многих веществ, в том числе способных быть вторичными ресурсами.

В составе конечной и побочной продукции присутствуют материальная и энергетическая составляющая. Они могут быть использованы в других видах деятельности, вовлекаются они и в природные процессы. В первом случае они рассматриваются как вторичные ресурсы. Но в отличие от природных процессов, в антропогенной деятельности повторно используется не всё ранее задействованное вещество, а примерно 10 %, остальная часть идёт в отходы и вызывает загрязнение окружающей среды. Только для некоторых малораспространённых химических элементов повторное использование приближается к полному по сравнению с изначальным. Также полный переход на вторичные ресурсы невозможен пока ещё и потому, что производственные показатели продолжают расти. При этом в более раннее время не образовалось количество вторичных ресурсов, достаточное для полной замены природного сырья. Тем не менее одна из главных задач природоохранной производственной деятельности – увеличение доли вторичного использования всех видов ресурсов, всё большее вовлечение отходов, не только материальных, в производственную деятельность. К последнему относится и использование тепловыделения производственных процессов. Также при использовании вторичного сырья, например, металлов, требующих восстановления из соединений, потребление энергии снижается до уровня, в 20 раз меньшего по сравнению с использованием первичного сырья [1]. Не используется и значительная часть побочной энергетической продукции, до 90 % [1], но и средства для этой цели не разработаны. Эта энергия характеризуется малой концентрацией, в частности это тепло отходящих производственных газов и готовой продукции при хранении.

Считается, что общее количество присутствующих в исходных материалах, продукции и отходах химических элементов остаётся постоянным. При этом в природе и технике происходят рассеивание и накопление тех элементов. Рассеивание (по второму закону термодинамики) – процесс с ростом энтропии, в изолированной системе идущий самопроизвольно.

Существующие на данный момент технические возможности и границы системы ставят вопрос об изолированности термодинамической системы, которой считается антропогенная деятельность. Её с вовлечёнными в неё и разведанными аналогичными ресурсами можно считать изолированной системой, если исключать поступление энергии из мирового пространства, в технике используемой мало. Невозможно также говорить об общем направлении изменения энтропии, для оценки можно считать это изменение нулевым (отсутствующим). Общее изменение энтропии складывается из изменений в отдельных процессах, а сами значения изменений в каждом процессе могут быть положительными и отрицательными.

Наличие отрицательных изменений энтропии вместе с положительными означает, что параллельно со снижением энтропии (ростом упорядоченности) происходят процессы с ещё большим её повышением [2]. К процессам второй группы относятся сопровождающиеся увеличением объёма вовлечённого в них вещества. Это, например, горение с образованием газов или рассеивание вещества в твёрдом состоянии. Но в последнем случае рост энтропии считается ниже на порядок, как и в целом для твёрдых веществ по сравнению с газами. Получение конечной продукции рассматривается как выполнение работы против внешних сил и снижение энтропии, а образование побочной – как повышение энтропии. Процессы концентрации ресурсов в окружающей среде также рассматриваются как идущие со снижением энтропии.

Используемые ресурсы тоже обладают своей энтропией. Она в исходном состоянии принимается как более высокая в том случае, если вещество находится в менее концентрированном состоянии. К нему относится бедное сырьё и многие виды антропогенных отходов, имеющих газовое, жидкое, растворённое, сильно перемешанное твёрдое состояние. Приведение таких материальных ресурсов в состояние с более низкой энтропией в соответствии с законами термодинамики требует больших затрат и энергии, и других веществ. Отходы же, представляющие собой подлежащую переработке конечную продукцию, рассматриваются как вторичные ресурсы с более низкой энтропией, а само снижение при этом происходит в процессах производства той продукции. Остальные же отходы – рассматриваются как имеющие более высокую энтропию по сравнению с исходными материалами.

Соответственно при требовании все возрастающих затрат энергии требуется и рост её выработки, в том числе за счёт принципиально иных источников. К ним относится и избыточное тепло, выделяемое в производственных процессах. Но затраты энергии и дополнительных веществ для переработки отходов зависят ещё от природы самих отходов и бедного сырья, и от конечной цели их переработки. Поэтому при нескольких возможностях переработки значение приобретает энергетический анализ процесса и окупаемость его при использовании результата. Пример чему – различные виды переработки синтетических полимерных материалов, с сохранением их состава (регенерация) или полным разрушением (деструкция, к которой относится пиролиз до углерода и превращение в мономеры). Окупаемость можно определять исходя из показателей стоимости продукции переработки и затраченной энергии. Примером переработки отходов, при котором возможная выгода от использования конечного продукта окупает затраты энергии на проводимый процесс, может считаться выделение ртути из отработанных газонаполненных ламп, содержащих ртутный пар (рис. 2). Переработка содержащих ртуть отходов по этой схеме, согласно представлениям выше, сопровождается снижением энтропии, а соответственно затратами энергии. Затрачивается энергия прежде всего на разложение электрическим током основного используемого в ней реагента – дихлорида ртути. Побочный продукт, образующийся при работе по этой схеме– хлор – всё время вовлекается в процесс.

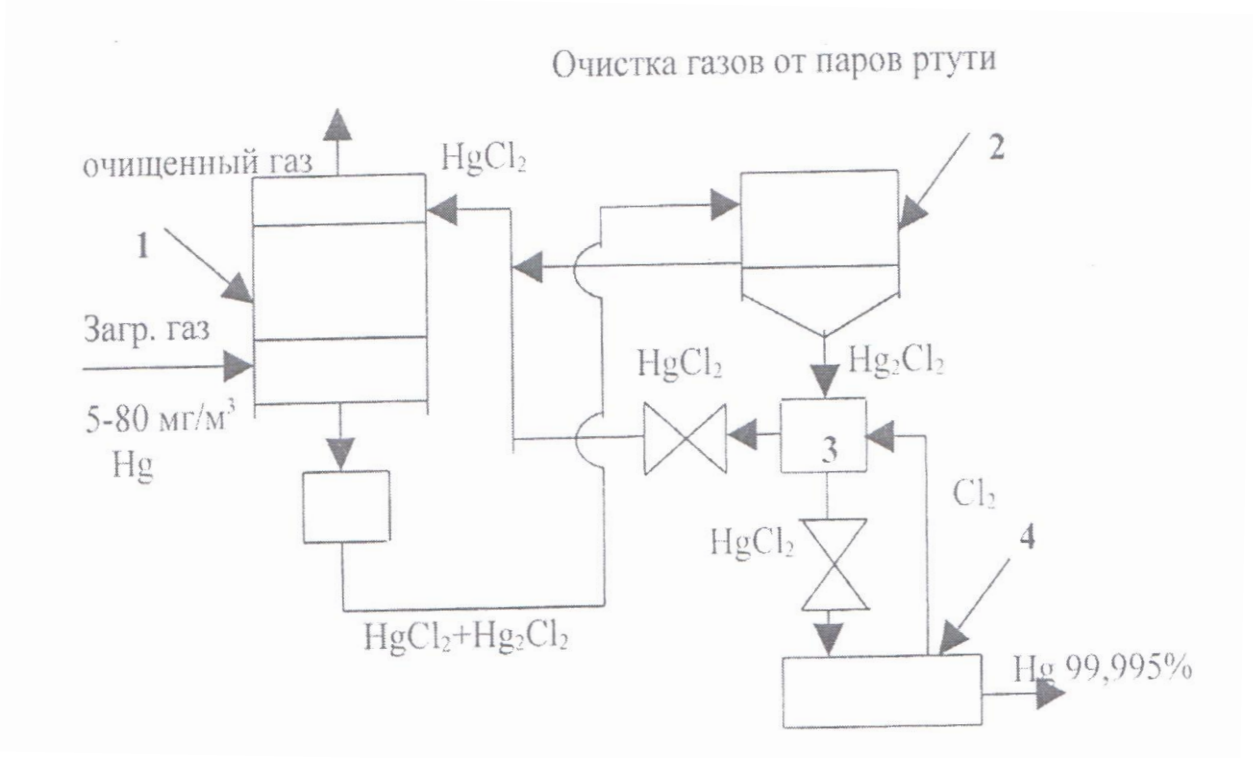


Рис. 2. Схема очистки газов от паров ртути с переводом их в конденсированное состояние

Далее перечисляются наиболее распространённые или значимые виды отходов, способных быть вторичным сырьём, а также ресурсы, подверженные рассеиванию. Из отходов такими надо считать синтетические углеводородные полимеры, отходы строительства и добывающей промышленности. Первые – один из наиболее быстро растущих в количественном отношении видов отходов, с веществами, не встречающимися в природе, с медленным разложением и подверженными рассеиванию. Вторые – максимальный в количественном отношении, более 75 % от общего количества [3], хотя во многом по составу аналогичный природным веществам и химически инертный. Отходы строительства, прежде всего от снесённых зданий, рассматриваются и как дополнительный источник вторичных ресурсов, в том числе железа, используемого в армированных бетонных конструкциях. Но выделение железа из армированных бетонных конструкций – пока что проводится мало, по причине больших энергозатрат на разделение.

К отходам добычи минерального сырья и строительства по составу и химическим свойствам близки шлак металлургического производства и зола от сгорания ископаемого углеродного топлива. При этом твёрдое топливо отличается гораздо большим выходом золы по сравнению с жидким и газовым. Количество золы от сгорания для России составляет 20 млн т в год при общем потреблении твёрдого топлива 120 млн т в год, в отдельных странах ещё больше. Представляет собой зола в основном химически и термически стойкие силикатные минералы попутных пород, в меньшей степени оксиды металлов – продукты разложения карбонатов и сульфатов. Основное их использование – в производстве строительных материалов и для раскисления почв. Но используется немного более 10 % таких отходов. Их применение ограничивается наличием в подобных отходах тяжёлых металлов, способных к миграции. Разделение же отходов по веществам требует в том числе дополнительного оборудования, к возможным способам разделения относится флотация, использование разницы по плотности, химические методы, основанные на разных химических свойствах присутствующих элементов. Обычно соединения более тяжёлых элементов обладают большей плотностью и химической инертностью.

По составу к минеральной золе ископаемого топлива приближаются металлургические шлаки. На 1 т выплавки чугуна приходится такое же их количество [3]. Их потребителем также стало производство строительных материалов. Использование в нём металлургического шлака и минеральной золы от сжигания топлива обычно не сопровождается их химическими превращениями с разложением по более простым структурам – оксидам отдельных элементов.

В последнее время всё больше растёт как накопление отходов минеральных строительных материалов – использованной конечной

продукции и побочной продукции производства, так и их повторное использование. Эти отходы – одни из самых крупномасштабных по количеству, на них и на выбранные при строительстве и разработке минерального сырья грунты приходится до 80 % от всех образующихся. Основной вид их повторного использования не предполагает изменения их химического состава. Соответственно, минимизируются затраты других веществ и энергии, кроме как на перемещение. Сфера использования отходов строительных материалов – опять же строительство, но обычно другие его участки, такие как засыпка территории и выравнивание рельефа.

Синтетические полимерные материалы относятся к видам сырья, подлежащего повторному использованию с разработанной технологией. Эти материалы не имеют природных аналогов и обладают очень медленным разложением. Конечный продукт при этом – составляющие их мономеры или более низкомолекулярные вещества. Сырьевая база для производства полимеров – углеводородные жидкости и газы, но только примерно 20 % их добычи используется в этих целях. Основная же их часть – топливо. Сжигается и часть синтетических полимеров. Но от него приходится отказываться по причине образования при их горении наиболее высокотоксичных веществ, таких как полициклические ароматические углеводороды.

Поэтому значение приобретает переработка полимерных материалов, прежде всего – повторное их использование. При этом сами вещества претерпевают минимальные изменения, температура используется относительно низкая, при которой полного их разложения не происходит.

К важным видам сырья относятся минералы фосфора. Фосфор – важный элемент для живых организмов, он включается в состав минеральных удобрений. Для этого природные фосфатные минералы переводятся (кислотами) в водорастворимые формы – кислые соли, такие как $Ca(H_2PO_4)_2$. Но живыми организмами потребляется не больше 4 % фосфора, как и в целом вещества и энергии. Остальная же часть возвращается в исходное состояние – нерастворимые фосфаты, например, $Ca_3(PO_4)_2$, аналогичные природным минералам фосфора, чему способствуют минералы и соли поверхностных пород со щелочной средой, такие как карбонаты. В итоге фосфор рассеивается в твёрдом состоянии в поверхностных породах, частично ещё попадает в воду. В дальнейшем из пересыщенных растворов – морской воды, от высыхания солёных озёр и отступления морских мелководий происходит повторное накопление фосфора в поверхностных породах, но ожидаемая его концентрация там долго ещё сильно меньше имеющихся первичных его источников. Образуются же многие из них тем же образом, но в течение сильно более длительного времени. Поэтому в данном случае значение приобретает получение фосфора из бедного сырья и отходов, в том числе из

гидросферы, в которой избыток фосфора считается нежелательным. Перспективный способ получения фосфора и его потребляемых соединений – сорбция из растворов с предварительным переводом в них твёрдых форм природного и антропогенного происхождения с малым содержанием как фосфора, так и других элементов. К растворам, содержащим фосфор, относится также морская и загрязнённая им пресная вода. Но этот способ требует больших материальных затрат.

Аналогично фосфору рассеиваются и другие элементы, при обычных условиях не образующие газовых и растворимых соединений. К ним относятся сера в виде нерастворимых сульфатов, фтор, не используемые в элементном виде активные металлы. Образуются те нерастворимые сульфаты при выделении кислот – фосфорной, галогеноводородных – при действии серной кислоты на минералы, содержащие соли тех кислот и прежде всего кальция. Накопление побочного продукта – сульфата кальция, фосфогипса – при этом гораздо больше, чем существует потребность в нём. Предполагаемая же химическая переработка гипса в серную кислоту – его разложением с выделением оксидов серы, восстановлением до сульфида – требует энергетических затрат и сопровождается потерями газов. Хотя аналогичным выделением газов сопровождается и производство серной кислоты из основного природного сырья – серы и сульфидных минералов, но оно не требует затрат энергии на восстановление и разложение солей. Также способом снижения образования сульфата кальция при получении растворимых фосфатов и фосфорной кислоты считается отказ от использования при этом серной кислоты, с заменой её на другие, в том числе присутствующие в биогенных отходах.

Соответственно, в качестве возможного способа переработки биогенных, в том числе пищевых и сельскохозяйственных отходов, рассматривается их превращение в почвогрунт и биогенную матрицу для внесения минеральных удобрений. Осуществляется такое превращение в результате микробиологических процессов с наличием воздуха, в том числе специально подводимого при хранении и переработке.

Перечисленные примеры – только небольшая часть в числе возможного использования и переработки отходов. Сама работа по использованию и переработке требует рассмотрения её не только с физических позиций, но также экономических обоснований и новых управленческих решений.

Литература

1. Демьяненко А.Ф. Промышленная экология: ВСНТ. Часть 1. Учебное пособие. – М.: МИИТ, 2007. – 215 с.

2. Пригожин И.Р., Кондепуди Д. Современная термодинамика. М.: Мир, 2002. – 416 с.

3. Ягодин Г.А., Раков Э.Г., Третьякова Л.Г. Химия и химическая технология в решении глобальных проблем. М.: Химия, 1988. – 176 с.

УДК 004.8

РАНЖИРОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО КРИТЕРИЯМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Мишаков Д.А., Нитенко В.И.

E-mail: mishakov2005@gmail.com
Научный руководитель: Бурлака С.Д. (доцент кафедры Безопасности жизнедеятельности, канд. хим. наук)
Кубанский государственный технологический университет, Российская Федерация, г. Краснодар

В данной статье проведен сравнительный анализ различных геоинформационных систем, таких как ArcGIS, QGIS, NextGIS и GRASS GIS, с акцентом на их применение в сфере промышленной экологии. ГИС-системы оценивались по девяти ключевым критериям: эффективность, функциональность, стоимость, совместимость, производительность, интерфейс, масштабируемость, мобильность и поддержка на русском языке. В ходе исследования были выделены оптимальные решения для важных задач, включая мониторинг загрязнений, управление отходами и прогнозирование экологических рисков. По результатам сравнения ArcGIS был признан лидером по функциональности, QGIS оказался лучшей бесплатной альтернативой, а NextGIS – наилучшим решением для российских условий. Также были рассмотрены и выявлены специализированные системы, такие как GRASS GIS для научного моделирования и Bentley Map для управления инфраструктурой, а также ограничения отечественных продуктов, таких как НАША ГИС и ГИС Интегро. Рекомендации по выбору системы основаны на бюджете, поставленных задачах и региональных особенностях. Актуальность исследования обусловлена возрастающими рисками в области промышленной экологии, требующими эффективных инструментов для мониторинга и анализа, а также недостатком русскоязычных материалов, объективно сравнивающих ГИС для этой сферы.

Ключевые слова: ГИС-системы, промышленная экология, мониторинг загрязнений, пространственный анализ, сравнительный анализ ГИС, ArcGIS, QGIS, NextGIS, экологические риски, геоинформационные системы, Россия, русификация, выбор ГИС.

В настоящее время геоинформационные системы (ГИС) представляют собой современный междисциплинарный инструментарий, который коренным образом преобразовал способы работы с пространственной информацией. Возникнув на стыке картографии, информатики и географии, ГИС эволюционировали от простых систем цифрового картографирования до сложных аналитических платформ, способных решать комплексные пространственные задачи.

Современные промышленные предприятия сталкиваются с рядом экологических вызовов, связанных с их производственной деятельностью от загрязнений окружающей среды до управления отходами. На первый план выходят важные, перспективные цифровые технологии и искусственный

интеллект [3]. Использование геоинформационных систем диктуется создавшимися обстоятельствами и в настоящий момент они не просто являются инновацией, а становятся необходимостью.

ГИС-технологии помогают в решении ключевых задач. Это мониторинг загрязнений путем отслеживания выбросов в режиме реального времени, прогнозирование рисков за счет моделирования распространения загрязнений при авариях и оптимизации природоохранных мероприятий [2].

Выбор наиболее подходящей геоинформационной системы для обеспечения экологической безопасности на промышленных предприятиях требует комплексной оценки, учитывающей множество критериев, сформулированных с учетом особенностей задач промышленной экологии и требований к программному обеспечению.

Эффективность системы оценивается ее способностью достигать заданных показателей при минимальных затратах ресурсов. Учитываются такие индикаторы, как коэффициент полезного действия, надежность, скорость обработки данных и соответствие задачам промышленной экологии.

Функциональность системы отображает полноту её инструментов для решения профессиональных задач, включая поддержку мультимодальных данных таких как векторные, растровые, 3D. Наличие специализированных аналитических модулей, геостатистика, гидрологическое моделирование, возможности пространственного моделирования и степень автоматизации процессов с использованием различных языков программирования и API позволяет ГИС беспрепятственно интегрироваться с внешними системами.

Экономическая целесообразность внедрения и использования ГИС определяется через стоимость и лицензирование. Доступность специализированных лицензий и возможные скрытые издержки включают модель лицензирования – проприетарная, открытый код, SaaS, общую стоимость владения, первоначальные и эксплуатационные затраты.

Оцениваются совместимость, а также поддержка с международными и национальными стандартами обмена данными, возможность интеграции с отраслевым программным обеспечением и наличие программных интерфейсов для создания единой геосервисной платформы.

Производительность системы оценивается возможностью обработки большого объема данных, свойственного промышленному экологическому мониторингу, через ключевые индикаторы, включающие пропускную способность при работе с Big Data, стабильность под нагрузкой, поддержку параллельных вычислений и скорость визуализации сложных сцен.

Пользовательский интерфейс важен с точки зрения удобства работы для специалистов различного уровня. Учитывается интуитивность навигации, возможность кастомизации интерфейса под требования экологического отдела и доступность обучающих материалов.

Постоянно меняющиеся потребности предприятия, диктуют необходимость оценивать масштабируемость системы, выраженную через

потенциал роста и учет возможности работы с проектами разного масштаба, увеличения числа пользователей и объемов данных.

Мобильность системы определяется возможностью применения в полевых исследованиях, включая наличие мобильных приложений, качество синхронизации полевых данных, поддержку внешних GNSS-приемников и совместимость с различными мобильными устройствами.

Русская поддержка является критически важным аспектом для эффективного внедрения системы в РФ. Степень локализации интерфейса, полнота перевода документации, качество технической поддержки на русском языке, активность русскоязычного пользовательского сообщества, обязательно должно соответствовать требованиям российского законодательства в сфере экологии.

Учитывая все вышеперечисленные критерии эффективности работы ГИС, с целью выбора наиболее оптимальной, рассмотрим сравнительную характеристику показателей используемых геоинформационных систем и оценим перспективы внедрения (таблица 1)

Для удобства сравнения используем буквенные количественно-качественные оценки по каждому критерию A – отлично, B – хорошо, C –удовлетворительно, D – плохо, которые помогут отразить степень соответствия ГИС-системы требованиям промышленной экологии.

Таблица 1

Сравнительная характеристика показателей используемых геоинформационных систем

Критерии оценки		Эффек-тивность	Функцио-нальность	Стоимость	Совмести-мость	Произво-дительность	Интерфейс	Масштаби-руемость	Мобильность	Русская поддержка
Геоинформационные системы (ГИС)	Аксиома	B	B	плат	C	B	удобный	C	C	A
	НАША	B	C	плат	B	C	сложный	C	D	A
	Arc	A	A	плат	A	A	удобный	A	A	B
	Isoline	D	D	плат	D	D	базовый	D	D	B
	Next	B	B	плат	A	B	удобный	A	B	A
	Интегро	B	B	плат	B	B	средний	C	D	A
	Горизонт	C	C	плат	D	C	сложный	D	D	B
	QGIS	A	A	б/п	B	B	удобный	A	B	B
	GRASS	B	A	б/п	B	B	сложный	A	D	C
	Bentley Map	B	B	плат	A	A	удобный	A	B	C

Анализ данных ГИС-систем по основным ключевым критериям показал, что некоторые ГИС являются оптимальными для целей использования в промышленной экологии, а некоторые наоборот, являются узкоспециализированными программами и неэффективны в данном направлении.

В результате ArcGIS, является наиболее перспективным по функциональности, производительности и мобильности, что позволит широко применить его в нефтегазодобывающей индустрии. Предприятия ПАО «Газпром», «Норникель», «Северсталь» эффективно используют ArcGIS, для мониторинга выбросов на месторождениях, оценки загрязнения атмосферы и водных объектов, для контроля санитарно-защитных зон и моделирования рассеивания загрязняющих веществ в зонах деятельности предприятий. Однако высокая стоимость требует значительных инвестиций.

В то время как QGIS лучшая бесплатная альтернатива с высокой эффективностью и функциональностью, расширяемой плагинами. Ее применение рекомендуется для мониторинга придорожных территорий в сфере деятельности региональных экологических служб, малых и средних предприятий таких как мясоперерабатывающие комбинаты, целлюлозно-бумажные предприятия, для учета отходов и контроля стоков, научных организаций и РЖД. Мобильное решение QField активно используется для полевых обследований [1].

Сравнительный анализ выявил, что NextGIS с полной русификацией и высокой совместимостью с российскими стандартами оптимален для РФ особенно в области деятельности Росреестра. Крупные промышленные холдинги ПАО «Роснефть», Московский НПЗ, работающие в тесной связке с государственными органами используют NextGIS для создания корпоративных экологических ГИС и мониторинга состояния окружающей среды в режиме реального времени [6]. Муниципальные управляющие компании эффективно применяют ее для управления отходами и контроля за промышленными зонами.

GRASS GIS незаменима для сложного научного моделирования ситуаций связанных с распространением загрязнений в грунтовых водах. эрозией почв и для глубокого анализа рисков. Сложный интерфейс ограничивает широкое ее промышленное использование. В то время как Bentley Map, благодаря глубокой интеграции с CAD идеальна для проектирования и мониторинга промышленной инфраструктуры и эффективна для строительных компании, эксплуатирующих сложные инфраструктурные объекты [5].

Российские системы «НАША ГИС» и «ГИС Интегро» эффективны для кадастрового учета и отчетности в рамках российского законодательства, но малоэффективны в аналитике и моделировании. Такие программы, как «IsolineGIS» и «Горизонт» не рекомендуются использовать для решения задач промышленной экологии из-за низкой производительности и функционала.

Ключевыми факторами для выбора ГИС являются бюджет, масштаб и специфика задач, а также географический регион. С учетом этих критериев можно рекомендовать использовать – «ArcGIS» для международных проектов и крупных корпораций с высокими требованиями к аналитике. Для РФ с приоритетом на российские стандарты и полную поддержку лучшим

выбором является система «NextGIS». Для научных исследований и моделирования эффективна «GRASS GIS». Для энтузиастов, малого, среднего бизнеса, образовательных и бюджетных организаций порекомендуется пользоваться «QGIS».

Развитие облачных ГИС-сервисов «ArcGIS Online», «NextGIS Cloud» сделает технологии доступнее для малого бизнеса, упростит совместную работу и масштабирование. ГИС-системы доказали свою эффективность в снижении экологического ущерба от сокращения выбросов, до оптимизации затрат.

ГИС-мониторинг в скором будущем будет широко использоваться в сельском хозяйстве для прецизионного земледелия, которое основано на точных данных и современных технологиях, используемых для достижения максимальной урожайности и качества продукции при оптимальном расходе ресурсов [1].

Перспективными направлениями для использования ГИС могут стать логистика, контроль за полигонами ТКО и объектами утилизации. Оценка экологического следа городской инфраструктуры, управление зелеными насаждениями, шумовое загрязнение, воздействия альтернативной энергетики на окружающую среду, выбор оптимальных мест размещения объектов солнечной и ветровой энергетики также направление применения ГИС технологий [4].

Перед внедрением критически важно провести тестирование демоверсий и проконсультироваться с экспертами для выбора системы, максимально соответствующей конкретным задачам и условиям эксплуатации.

Литература

1. Белорусцева, Е. В. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Нечерноземья с применением ГИС-технологий: специальность 25.00.26 "Землеустройство, кадастр и мониторинг земель": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Белорусцева Екатерина Викторовна. – Москва, 2013. – 23 с.

2. Братко, И. Ю. Контроль и минимизация выбросов на производстве с применением искусственного интеллекта / И. Ю. Братко, И. В. Гук, С. Д. Бурлака // Молодежная наука. Сборник лучших научных работ молодых ученых : Материалы LI студенческой научной конференции, Краснодар, 29 февраля – 21 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2024. – С. 306-310.

3. Бурлака, С. Д. Перспективы использования цифровых технологий с целью обеспечения экологической безопасности в нефтяной отрасли / С. Д. Бурлака, М. А. Сохт, А. К. Архипов // Парадигма. – 2025. – № 7. – С. 223-228.

4. Муллаярова, П. И. Использование геоинформационных систем для изучения и контроля состояния зеленых насаждений урбанизированных территорий / П.И. Муллаярова, Л. К. Трубина, О. Н. Николаева // Информационные технологии в экологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России, Нижневартовск, 23 ноября 2017 года. – Нижневартовск: Нижневартовский государственный университет, 2018. – С. 90-94.

5. Радченко, Л.К. Применение ГИС-технологий при капитальном строительстве объектов / Л.К. Радченко, А. М. Ярошунас // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 9, № 1. – С. 95–99.

6. Склярова, А. Анализ проблемы утилизации и переработки нефтешламов / А. Склярова, С. Д. Бурлака // Chronos. – 2022. – Т. 7, № 9(71). – С. 64-65.

УДК 551.58

СТРАХОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА: АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИИ СТРАХОВЫХ ПРОДУКТОВ И КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Мун Д.В., Морозова О.А.

E-mail: dima.mun2013@yandex.ru, morozovaoa@vniigochs.ru
ФГБУ «Агентство «Эмерком», ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва, Россия

В статье рассматривается усиление влияния климатических факторов на устойчивость общества. Представлена информация о росте глобальных страховых убытков от стихийных бедствий, приведены примеры влияния климатических факторов на некоторые виды страхования. Представлен пример экспертной оценки взаимовлияния климатических рисков между собой и видами страхования. Для проведения точной оценки предложена математическая модель с использованием метода множественного регрессионного анализа.

Ключевые слова. Климатический фактор, климатический риск, ущерб, страхование, страховые убытки

«Наблюдаемое в последние десятилетия глобальное потепление, беспрецедентное по темпу и масштабам в последние десять тысяч лет, является серьезным вызовом для устойчивого развития человечества»
И.А. Шумаков, Руководитель Росгидромета, Москва 2024 г.

Каждый из последних 10 лет (2015–2024) был одним из десяти самых теплых за всю историю наблюдений. Повышение глобальной температуры по данным [1] в ближайшее время продолжится и приведёт к изменениям в количестве и распределении атмосферных осадков. На этом фоне произойдет увеличение интенсивных ливней, циклонов и наводнений в одних регионах, с одновременным усилением засух и расширением длительности и интенсивности лесных пожаров в других областях. Также ускорится таяние полярных ледников и зон вечной мерзлоты. Уровень Мирового океана, согласно реалистичным прогнозам, уже к середине XXI века может повыситься на 2–3 метра [2-4].

Согласно данным экспертов Всемирной метеорологической организации от 2021 года, в целом в мире за истекшие 50 лет, наблюдался пятикратный рост стихийных бедствий [5]. Количество, масштабы и интенсивность стихийных бедствий, связанных с климатом, с каждым годом расширяют свою географию и охватывают все большее количество людей [6-8]. В 2022 году группа экспертов из Управления ООН по снижению риска бедствий уже рассчитала и спрогнозировала в своем докладе [9], что за последние два десятилетия в мире ежегодно происходило от 350 до 500 бедствий среднего и крупного масштаба, однако к 2030 году число стихийных бедствий увеличится и достигнет 560 в год (1,5 бедствия в день).

С каждым годом ущерб от природных катастроф стремительно растет, а также стремительно растут во всем мире расходы на ликвидацию природных ЧС. Глобальный экономический ущерб от стихийных бедствий ежегодно составляет более $200 млрд. Основная часть экономического ущерба от стихийных бедствий приходится на наводнения, тропические циклоны, снежные бури и конвективные шторма [10]. Мировые страховые убытки от стихийных бедствий продолжают расти на 5-7 % в год (в реальном выражении), что является нормой последних лет. Если тенденция сохранится, то в 2025 году застрахованные убытки приблизятся к 145 млрд долларов США. По словам Дженти Кирш-Вуд, главы отдела глобального анализа рисков и отчетности Управления ООН по снижению риска бедствий, это «лишь малая часть ущерба», а реальный показатель приближается к 2,3 триллиона долларов [11, 12].

Цель устойчивого развития №13 (ЦУР 13, Цель 13) называется «Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями». Цель 13 включает 5 задач, в том числе первой стоит задача 13.1 по повышению устойчивости и адаптационного потенциала к климатическим рискам и стихийным бедствиям во всех странах. [13, 14] Таким образом, подчеркивается необходимость не только смягчения последствий стихийных бедствий, но и адаптации к ним.

Климатический (климатообусловленный) риск – совместная характеристика вероятности опасных проявлений климатического фактора и его воздействия (в виде вреда или ущерба) на объект этого воздействия, которая выражается в величине ущерба (в натуральном и (или) стоимостном выражении), характерного для повторяемости заданных значений опасного климатического фактора [15]. Климатические риски включают в себя физические климатические риски и переходные климатические риски [16].

Климатический фактор (фактор климата) – параметр климатической системы, меняющийся под воздействием внутренней динамики климатической системы и (или) в силу воздействий на эту систему внешних факторов (колебания солнечной радиации, изменение химического состава атмосферы, изменение радиационных свойств поверхности и т.д.) [15].

Страхование является это не только финансовым механизмом компенсации ущерба, но и ключевым проактивным инструментом адаптации к изменениям климата, способным повысить устойчивость экономических систем. Проактивные инструменты предполагают заблаговременную оценку потенциальных рисков и подготовку к ним. Объектами анализа могут быть любые сегменты страхового рынка, например, страхование КАСКО, страхование жилья, страхование от несчастных случаев, страхование грузов, страхование промышленных объектов и другие.

В таблице 1 представлены примеры связи между некоторыми климатическими факторами и видами страхования.

Таблица 1

Влияние климатических факторов на виды страхования

Климатические факторы / **Виды страхования**	**Интенсивность экстремальной жары**	**Экстремальные осадки и наводнения**	**Снежный покров**
Страхование КАСКО	Перегрев двигателя автомобиля	Затопление припаркованных автомобилей, гидроудар двигателя движущихся автомобилей	Увеличение числа ДТП из-за сложных дорожных условий. Заносы грузовых автомобилей
Страхование жилья	Перегрев кондиционеров, нагрузка на электропроводку, риск пожаров	Затопление зданий на 1 и 2 этажах, порча имущества	Обрушение крыши
Страхование от несчастных случаев	Тепловые удары, обострение течения хронических сердечно-сосудистых заболеваний	Утопления, травмы, переохлаждение, инфекции	Травмы, переохлаждение, риск лавин

Источник: Таблица составлена авторами.

Наводнения являются самыми разрушительными стихийными бедствиями на территории России [17]. В качестве примеров наводнений можно привести следующие [18]:

2012 год – внезапный паводок на реке Адакум, г. Крымск, Краснодарский край, ущерб составил 20 млрд рублей.

2013 год – наводнение на Дальнем Востоке вследствие затяжных интенсивных осадков, которые привели к увеличению уровня воды в реке Амур. В зону чрезвычайной ситуации попало шесть субъектов Российской Федерации. Прямой экономический ущерб населению и территории оценивается в 85-90 млрд рублей, а совокупные экономические издержки составили 527 млрд рублей [19].

2019 год – паводок на реке Ия в Иркутской области, ущерб составил свыше 30 млрд рублей.

2024 год – наводнение в Оренбургской области. От половодья на реке Урал пострадали города Орск и Оренбург. Ущерб составил более 21 млрд рублей.

Для анализа корреляции страховых продуктов и климатических рисков для повышения устойчивости экономических систем авторами статьи методом экспертной оценки все климатические факторы были объединены в климатические пары и определена взаимосвязь (или ее отсутствие) внутри

каждой пары. Примеры взаимовлияния климатических факторов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Примеры взаимовлияния климатических факторов

Климатические факторы	**Снежный покров**	**Гололедно-изморозевые отложения**	**Вечная мерзлота (оттаивание)**
Интенсивность экстремальной жары	Малоснежные зимы могут способствовать более быстрому прогреву почвы и раннему наступлению жары весной/летом. **Отрицательная корреляция**	-	Повышение температур – прямая и немедленная причина протаивания вечной мерзлоты.
Экстремальные осадки и наводнения	Осадки – общее понятие. Связь сезонная, когда осадки выпадают в виде снега	Осадки – общее понятие. Связь сезонная, когда осадки выпадают в виде дождя при отрицательной температуре земли	-

Источник: Таблица составлена авторами.

Далее была определена корреляция между климатическим фактором и видом страхования. При этом корреляция могла быть как положительной, так и отрицательной. Значение корреляции было задано от 1 до 3 (от незначительной до сильной), при этом в ряде случаев корреляция отсутствовала. В таблице 3 представлены примеры с сильной корреляцией.

Таблица 3

Корреляция между климатическими факторами и видами страхования

Климатические факторы / Линии бизнеса	Интенсивность экстремальной жары	Экстремальные осадки и наводнения	Снежный покров
Страхование КАСКО		(2)(6)3	(3)(4)3 (3)(5)-3
Страхование жилья		(2)(6)3	(3)(4)3 (3)(5)-3
Страхование от несчастных случаев	(1)(5)3 (1)(7)3 (1)(8)3		

Источник: Таблица составлена авторами.

Использование матрицы корреляции (предварительная экспертная оценка, качественный отбор) позволяет существенное упростить будущую математическую модель, оставив только те парные взаимодействия, которые

имеют физическое обоснование или обоснование на основе исторических статистических данных. Примерами такой взаимосвязи двух климатических рисков является аномальная жара 2010 года. Из-за жары и засухи ежедневно возникали новые очаги природных пожаров: в европейской части России в июле и августе в день появлялось до 300 новых очагов [20].

Для решения математической модели методом множественного регрессионного анализа используются статистические данные за несколько лет, где для каждого климатического риска и вида страхования известны количественные показатели.

Для двух климатических рисков множественная регрессионная модель без учета взаимодействия выглядит следующим образом:

$$c = \beta_0 + \beta_1 \times a + \beta_2 \times b + \varepsilon \quad (1)$$

где c – показатель, характеризующий вид страхования; β_0 – постоянная составляющая; a, b – климатические риски; β_1 – коэффициент регрессии при переменной a; β_2 – коэффициент регрессии при переменной b; ε – случайная ошибка модели.

Если климатические риски не просто влияют на показатель, характеризующий вид страхования, а усиливают друг друга, то математическая модель выглядит следующим образом:

$$c = \beta_0 + \beta_1 \times a + \beta_2 \times b + \beta_3 \times (a \times b) + \varepsilon \quad (2)$$

где β_3 – коэффициент взаимодействия.

Для всех трех коэффициентов проводится оценка значимости, т.е. действительно ли выбранные климатические риски влияют на вид выбранный вид страхования. При этом, если статистически значимым оказывается также коэффициент β_3, то сила влияния связи между климатическими рисками не только аддитивна, но и синергетична (т.е. сама эта связь является фактором риска).

ε представляет собой разницу между реальным и модельным значением показателя вида страхования и является ключевым объектом для верификации построенной регрессии. Если $|\varepsilon|$ очень большой, то статистические данные по этим годам необходимо изучить дополнительно, т.е. в эти года произошли события, не учтенные в общей математической модели.

Страхование является мощным инструментом адаптации, но его потенциал в данный момент раскрыт не полностью. Отсутствие качественных агрегированных исторических данных, охватывающих всю территорию Российской Федерации, выступает одной из проблем для точного математического моделирования. Некоторые климатические риски могут стать настолько частыми и масштабными, что необходимо будет привлечение государственно-частного партнерства и перестраховочных компаний для страхования катастрофических рисков, а стоимость страховых

продуктов может сделать их недоступными для беднейших слоев населения. Вместе с тем, страхование выступает связующим звеном между государством и бизнесом, так как бизнес может включить страхование (инвестиции в устойчивость) в свои стратегии устойчивого развития.

Помимо страхования, к ключевым мерам по адаптации к климатическим изменениям, укреплению потенциала отражения стихийных бедствий и, как следствие, усилению устойчивости экономических систем могут быть отнесены повышение культуры безопасности жизнедеятельности граждан, повышение страховой культуры граждан, развитие риск-ориентированного мышления в организациях, оказание посильного содействия в укреплении реагирующего потенциала чрезвычайных служб, поддержка социально-ориентированных некоммерческих и волонтерских пожарно-спасательных обществ, формирование с участием всех заинтересованных сторон постоянно действующих экспертно-консультационных рабочих групп, вырабатывающих практические предложения по адаптации к климатическим изменениям и предупреждению чрезвычайных ситуаций.

Литература

1. The 2024 Annual Climate Summary. Global Climate Highlights 2024. [Available at: https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024 (Accessed 27.08.2025)].

2. Мун, Д. В. Российская Федерация – мировой лидер адаптации к глобальным климатическим изменениям и снижению риска бедствий / Д. В. Мун // Обеспечение комплексной безопасности населения и территорий в экстремальных климатических условиях : материалы деловой программы межведомственных опытно-исследовательских учений сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации «Безопасная Арктика-2025», Архангельск, 30 января 2025 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2025. – С. 30-37.

3. Мун, Д. В. Роль России в предотвращении климатических изменений и порождаемых ими стихийных бедствий / Д. В. Мун // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. – 2025. – № 2(67). – С. 40-50. – DOI 10.61260/2074-1626-2025-2-40-50.

4. Мун, Д. М. Актуальные вопросы защиты крупных городов от чрезвычайных ситуаций природного характера, вызываемых глобальными климатическими изменениями / Д. М. Мун // Международное сотрудничество в области защиты населения и территорий : Сборник материалов XXVI Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (в рамках проведения XV Международного салона средств обеспечения безопасности "Комплексная безопасность-2024"), Кубинка, 29 мая – 01 2024 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2024. – С. 124-133.

5. Weather-related disasters increase over past 50 years, causing more damage but fewer deaths. [Электронный ресурс]. URL: https://wmo.int/media/news/weather-related-disasters-increase-over-past-50-years-causing-more-damage-fewer-deaths.

6. Мун, Д. В. Климатические изменения: Россия в зоне повышенного риска / Д. В. Мун, В. В. Попета, С. Г. Мингалеев // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12, № 10. – С. 2895-2914. – DOI 10.18334/epp.12.10.116575.

7. Мун, Д. В. Актуальные вопросы организации превентивных мер для снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера / Д. В. Мун // Управление рисками: новые вызовы, проблемы и решения (РИСК'Э-2023) : Труды IX научно-практической конференции с зарубежным участием, под научной редакцией доктора технических наук, профессора С. Г. Опарина, Санкт-Петербург, 16–17 ноября 2023 года. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2024. – С. 73-81. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id24-280.

8. Мун, Д. В. Превентивные меры как основа защиты населения, экономики и экологии регионов России от наступающих климатических рисков / Д. В. Мун // Экономическая безопасность. – 2024. – Т. 7, № 1. – С. 215-233. – DOI 10.18334/ecsec.7.1.120185.

9. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR). Our World at Risk: Transforming Governance for a Resilient Future. [Электронный ресурс]. URL: https://www.undrr.org/gar/gar2022-our-world-risk-gar (дата обращения: 18.02.2025).

10. Ущерб экономике от стихийных бедствий в мире оценили более чем в $200 млрд в год. [Электронный ресурс]. URL: https://www.interfax.ru/world/948100 (дата обращения 21.08.2025).

11. Sigma 1/2025: Natural catastrophes: insured losses on trend to USD 145 billion in 2025 [Электронный ресурс]. URL: https://www.swissre.com/institute/research/sigma-research/sigma-2025-01-natural-catastrophes-trend.html

12. Доклад ООН: реальный ущерб от стихийных бедствий в 10 раз выше, чем считалось ранее [Электронный ресурс]. URL: https://news.un.org/ru/story/2025/05/1464691?ysclid=mel9al4irj543156822.

13. Цель 13: Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями [Электронный ресурс]. URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/climate-change/?ysclid=mela0y7dhj852173280 mel9al4irj543156822.

14. SDG Indicators. Global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development [Электронный ресурс]. URL: https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list.

15. Методические рекомендации по оценке климатических рисков, утв. приказом Минэкономразвития России от 13.05.2021 №267.

16. Информационное письмо Банка России от 04.12.2023 N ИН-018-35/60 «О рекомендациях по учету климатических рисков для финансовых организаций» (вместе с «Информацией об управлении климатическими рисками клиентами и контрагентами»)

17. Страхование от чрезвычайных ситуаций: Монография / Под общ. ред. С.И. Воронова / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ0, 2016. 292 с.

18. Крупнейшие наводнения в России за последние 30 лет [Электронный ресурс]. URL: https://www.kommersant.ru/doc/6633826.

19. Уроки и выводы крупномасштабного наводнения в Дальневосточном федеральном округе в 2013 году / С. В. Зиновьев, М. И. Анюгина, Т. Ш. Файзулин, О. А. Морозова // Безопасность жизнедеятельности: вызовы и угрозы современности, наука, образование, практика : Материалы V Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, Южно-Сахалинск, 27–28 ноября 2014 года. – Южно-Сахалинск: Сахалинский государственный университет, 2015. – С. 210-214.

20. Хуже дождя: вспоминаем смертоносно жаркое лето 2010. [Электронный ресурс]. URL: https://bigpicture.ru/xuzhe-dozhdya-vspominaem-smertonosno-zharkoe-leto-2010-go/?ysclid=meldaw0wdz982282535

УДК 504.06

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ И РЕАБИЛИТАЦИИ ГЕОСИСТЕМ

Мырадов П.С.

E-mail: pvm87818@gmail.com
Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары

В условиях нарастающего антропогенного давления и глобальных климатических изменений вопросы сохранения и восстановления геосистем приобретают особую значимость. В статье рассмотрены современные и перспективные технологии экологической защиты, направленные на минимизацию негативного воздействия хозяйственной деятельности, а также методы реабилитации нарушенных экосистем. Особое внимание уделено биотехнологическим подходам, цифровым системам мониторинга и комплексным методам рекультивации.

Ключевые слова: восстановление, давления, защита, методы, мониторинг, системы

Введение. Геосистемы являются сложными природными образованиями, включающими ландшафтные, биотические и климатические компоненты, которые находятся в динамическом равновесии. Нарушение этого равновесия вследствие промышленной эксплуатации ресурсов, урбанизации и изменения климата приводит к деградации окружающей среды. В этой связи актуальными становятся разработки технологий, которые обеспечивают как защиту геосистем, так и их реабилитацию.

Современный мир сталкивается с нарастающими экологическими проблемами, такими как загрязнение воздуха и воды, истощение природных ресурсов и деградация экосистем. В условиях стремительного научно-технического прогресса и индустриализации, всё более актуальной становится разработка и внедрение перспективных технологий экологической защиты и реабилитации геосистем.

Что такое геосистемы и почему они нуждаются в защите?

Геосистема – это сложный природный комплекс, включающий в себя компоненты живой и неживой природы, которые тесно взаимосвязаны и образуют единое целое. Например, леса, реки, озёра и даже городские ландшафты – всё это геосистемы. Их стабильность напрямую влияет на качество жизни людей и сохранение биологического разнообразия. Деградация этих систем (например, эрозия почв, опустынивание, потеря биоразнообразия) приводит к серьёзным последствиям, таким как снижение плодородия земель, ухудшение качества питьевой воды и изменение климата.

Цели и задачи новых технологий

Использование перспективных технологий направлено на достижение следующих ключевых целей:

– Предотвращение дальнейшего загрязнения: Разработка и внедрение «зелёных» технологий, которые минимизируют вредные выбросы и отходы на этапе производства.

– Очистка и восстановление: Создание эффективных методов очистки загрязнённых территорий, водоёмов и атмосферы.

– Рациональное использование ресурсов: Разработка технологий, направленных на эффективное использование природных ресурсов, включая вторичную переработку отходов.

Ключевые направления в развитии технологий

Сегодня исследователи и инженеры работают над несколькими прорывными направлениями:

– Биотехнологии: Использование микроорганизмов, растений и других живых организмов для очистки загрязнённых сред (биоремедиация), а также создание биотоплива и биоразлагаемых материалов.

– Информационные технологии: Применение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения для моделирования экологических процессов и прогнозирования рисков.

– «Зелёная» энергетика: Развитие возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая, которые сокращают выбросы парниковых газов.

– Нанотехнологии: Создание высокоэффективных наноматериалов для фильтрации воды и воздуха, а также для нейтрализации опасных веществ.

1. Современные вызовы экологической безопасности

1.1. Интенсивная урбанизация и промышленное развитие приводят к деградации земель и загрязнению водных ресурсов.

1.2. Изменение климата усиливает процессы эрозии, опустынивания и потери биоразнообразия.

1.3. Низкий уровень экологической культуры населения и недостаточное использование инновационных технологий в природоохранной практике усугубляют ситуацию.

2. Перспективные технологии экологической защиты

2.1. Геоинформационные системы и цифровое моделирование

Использование ГИС и технологий дистанционного зондирования позволяет осуществлять постоянный мониторинг состояния геосистем, прогнозировать последствия антропогенной нагрузки и оптимизировать природоохранные мероприятия.

2.2. Биотехнологические методы

Применение микроорганизмов и растений-фиторемедиаторов для очистки почвы и водоемов от токсичных веществ становится эффективным инструментом экологической защиты. Биотехнологии обеспечивают не только снижение уровня загрязнения, но и восстановление природных биогеохимических циклов.

2.3. Технологии устойчивого природопользования

Разработка замкнутых циклов производства, внедрение «зеленых» технологий в промышленность и энергетический сектор позволяют существенно снизить нагрузку на геосистемы.



Рис. 1. Устойчивое природопользование

3. Реабилитация нарушенных геосистем

3.1. Рекультивация земель

Традиционные методы рекультивации (техническая и биологическая) дополняются инновационными подходами: созданием искусственных экосистем, использованием дронов для аэросева и биоконтроля.

3.2. Восстановление водных экосистем

Экоинженерные сооружения, такие как искусственные болота и биоочистные системы, обеспечивают естественную фильтрацию загрязненных вод и формируют благоприятную среду для биоразнообразия.

3.3. Восстановление лесных экосистем

Применение генетически устойчивых пород деревьев, использование технологий аэросева семян с беспилотных летательных аппаратов и создание биокоридоров способствуют ускоренной регенерации лесов.

4. Интеграция технологий и управление рисками

Перспективным направлением является комплексное применение цифровых, биотехнологических и инженерных решений. Интегрированные системы экологического менеджмента, поддерживаемые искусственным интеллектом, позволяют управлять рисками деградации геосистем в реальном времени.

Заключение

Перспективные технологии экологической защиты и реабилитации геосистем основаны на синтезе цифровых, биотехнологических и инженерных решений. Их широкое внедрение требует междисциплинарного подхода, интеграции науки, промышленности и государственного управления. В долгосрочной перспективе данные технологии могут стать ключевым фактором обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития.

Литература

1. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология. Учебник. - М.: ЗАО Теоинформмарк", 2002. -415 с

2. Стурман, В. И. Геоэкология / В. И. Стурман. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 228 с.

3. Turner B.L., Lambin E.F., Reenberg A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. PNAS, 2007. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18093934/

4. Foley J.A. et al. Solutions for a cultivated planet. Nature, 2011. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21993620/

5. Shaolin Peng, Ting Zhou, Deli Wang, Yingzhi Gao, Zhiwei Zhong, Dong Xie, Hengjie Zhou, Haiting Ji, Shuqing An, Ming Dong, Xuehua Ye, Guofang Liu & Shuqin Gao Restoration of Degraded Ecosystem // Contemporary Ecology Research in China. – 2015. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-48376-3_10

УДК 912.43

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В АНАЛИЗЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПЕТРОВСКОГО ОКРУГА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Полушковский Б.В., Белова А.В.

E-mail: boris_pol@rambler.ru

ФГАОУ ВО Северо-Кавказский федеральный университет,
г. Ставрополь, Россия

В статье рассматривается территориальная организация системы здравоохранения на примере Петровского муниципального округа Ставропольского края. В результате исследования выявлено, что геоинформационный анализ статистических данных способен выявить пути оптимизации функционирования системы здравоохранения местного уровня.

Ключевые слова: геоинформационный анализ, пространственные данные, муниципальный округ, система здравоохранения.

Здравоохранение наиболее эффективно может функционировать именно как система, части которой имеют четко выстроенные взаимосвязи. Единичные учреждения здравоохранения не способны решать задачи по оздоровлению населения, поэтому наиболее важно рассмотреть, как формировалась сеть медицинских учреждений.

Сельские районы в России территориально протяженные, а населенные пункты разобщены. Неудовлетворительное состояние дорожно-транспортного сообщения, специфика условий труда и быта на селе накладывают дополнительные сложности в организации медицинской помощи населению сельских муниципальных образований.

Сейчас складывается ситуация, что жители сельских районов и городов получают разную по качеству медицинскую помощь.

За постсоветский период состав учреждений здравоохранения в сельских районах заметно изменился. Произошло закрытие сельских участковых больниц, взамен которым стали функционировать сельские врачебные амбулатории. Данные изменения коснулись и кадрового состава: сельские врачи стали получать новую квалификацию – врач общей практики.

Центральные районные больницы в настоящее время являются единственными больничными учреждениями в районах, где местное население может получить специализированную медицинскую помощь.

В качестве объекта исследования выбрана территории Петровского муниципального округа Ставропольского края. Территория Петровского округа входит в Центральный регион Ставропольского края. На примере

Перовского округа можно проследить доступность медицины для жителей сельских населенных пунктов.

Петровский округ находится в переходной зоне от Ставропольской возвышенности (плато) к степному Ставрополью и занимает 2741 кв. км., из них 2438 кв. км. занято сельскохозяйственными угодьями, что составляет 3,9 % общей площади используемых сельскохозяйственных угодий Ставропольского края [1].

В составе округа 26 населённых пунктов (из них один город – Светлоград), в которых проживает почти 69 тысяч человек. В городских условиях (г. Светлоград) проживают 51,1 % населения района.

Естественно население должно быть обеспечено медицинским обслуживанием, однако в сельских районах с этим есть проблемы. И для Петровского округа это актуально, так как «сложных» больных из сельских населенных пунктов нужно доставать либо в районный, либо в краевой центр. Для начала необходимо отметить, что самым крупным лечебным учреждением округа является Петровская районная больница в г. Светлограде (табл. 1).

Таблица 1

Данные по медицинским организациям Петровского муниципального округа [2]

Наименование	Обслуживаемые населенные пункты	Численность обслуживаемого населения, чел.	Мощность (посещений в смену), чел.	Кол-во коек, шт.
1	2	3	4	5
ГБУЗ СК "Петровская РБ"	Петровский округ	71933	1930	113
Поликлиника	г. Светлоград	46900	500	30
Детская поликлиника	г. Светлоград	12110	300	0
Женская консультация	г. Светлоград	38622	150	3
Рогатобалковская участковая больница (амбулатория)	с. Рогатая Балка	1944	30	0
Донбалковская амбулатория	с. Донская Балка	1686	125	0
Просянская амбулатория	с. Просянка	1409	30	0
Прикалаусская амбулатория	пос. Прикалаусский	1017	65	2
Шангалинская амбулатория	с. Шангала	1290	125	0
ФП п. Горный	пос. Горный	388	10	0
ФП х. Веселый	х.Веселый	326	10	0
ФП с. Кугуты	с. Кугуты	306	10	0
ФП пос. Маяк	пос. Маяк	335	10	0
ФП х. Носачев	х.Носачев	263	10	0
ФАП с. Ореховка	с. Ореховка	1514	20	0
ФП п. Полевой	п.Полевой	205	10	0
ФП п. Пшеничный	п. Пшеничный	374	10	0
ФАП с. Шведино	с. Шведино	1738	20	0
ФП фермы №1	ферма №1	244	10	0
ФП п. Цветочный	п. Цветочный	167	10	0
ФП х.Соленое Озеро	х.Соленое Озеро	733	10	0

При этом практически все фельдшерские пункты Петровского округа находятся в неудовлетворительном состоянии, в 2023-2024 гг. планировался их капитальный ремонт.

На рисунке 1 представлена карта-схема расположения медицинских учреждений Петровского округа. Карта-схема создана в QGIS и выступает основой дальнейшего пространственного анализа. Кроме этого, на схеме наглядно показан порядок направления пациентов, так как в зависимости от тяжести состояния и специфики заболевания, пациент не обязательно будет направлен в центральную районную больницу.

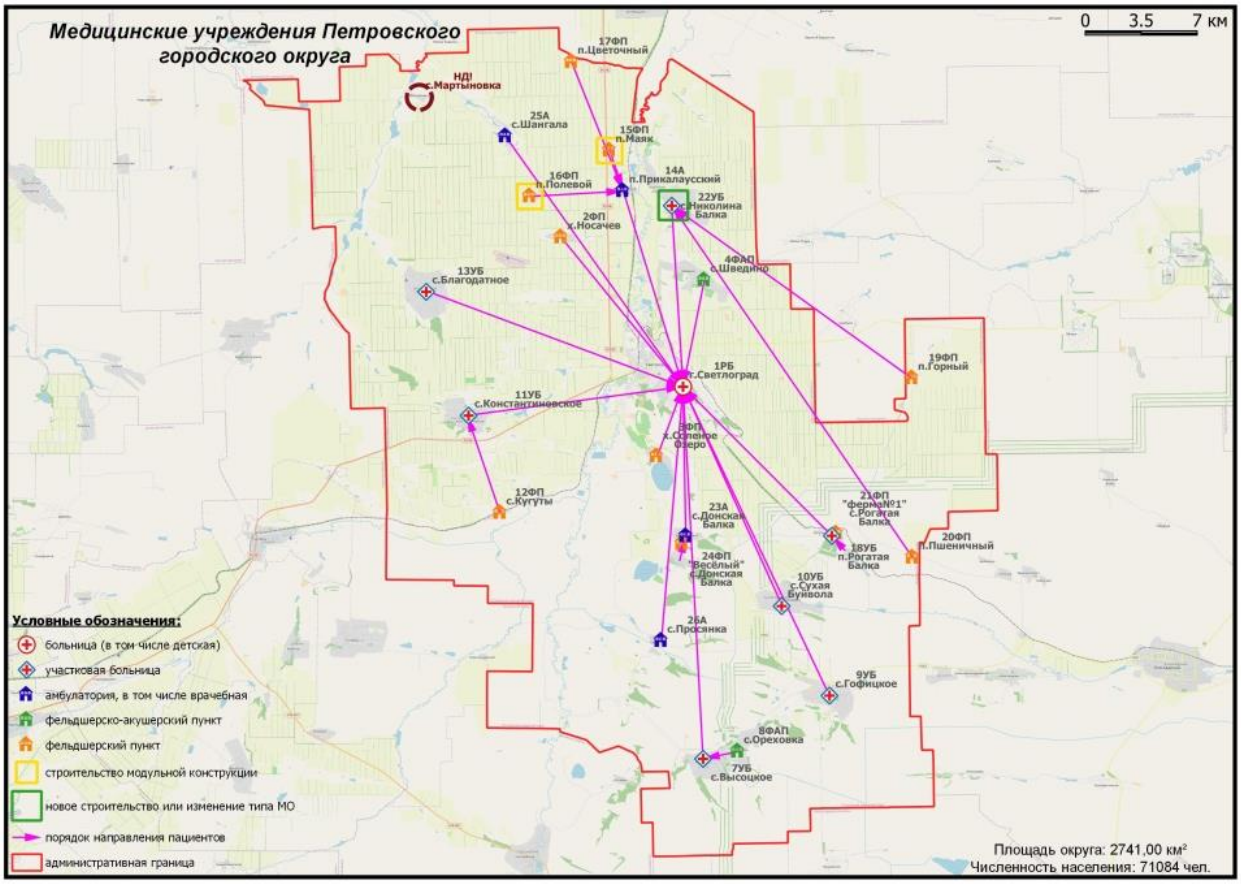


Рис. 1. Расположение медицинских организаций Петровского округа на карте, с планами строительства и реконструкции на 2024 г.

Наш подход к исследованию основан на определении расстояния до ближайшего учреждения здравоохранения с использованием метода сетевого анализа дорожной сети. Данный метод более сложен, но в то же время и более объективен, чем традиционный метод расчета расстояния на карте по прямой.

При помощи геоинформационных технологий были выбраны маршруты до центральных больниц и амбулаторий, в соответствии с существующим порядком направления пациентов в Петровском округе. Маршруты были построены по дорогам общего пользования с

использованием системы Google Maps. Это позволило проанализировать не только расстояния между различными учреждениями здравоохранения, но и время, необходимое на дорогу. Данный метод позволяет учесть возможные кратчайшие маршруты передвижения между населенными пунктами и медицинскими учреждениями на автомобиле. Конечно, это более сложный набор инструментов пространственного анализа, позволяющий использовать данные не только о местоположении медицинских учреждений и населенных пунктов, но и о конфигурации и свойствах соединяющей их дорожной сети, и, как следствие, получить более реалистичную картину [3].

В процессе работы из альтернативных маршрутов выбирались кратчайшие по времени, так как время доставки пациентов может играть решающую роль в оказании медицинской помощи. В чрезвычайных ситуациях решающей для спасения жизни человека может стать каждая минута. Данные по транспортной доступности были сведены в таблицу 2, что позволило выявить явные несоответствия в некоторых населенных пунктах Петровского округа.

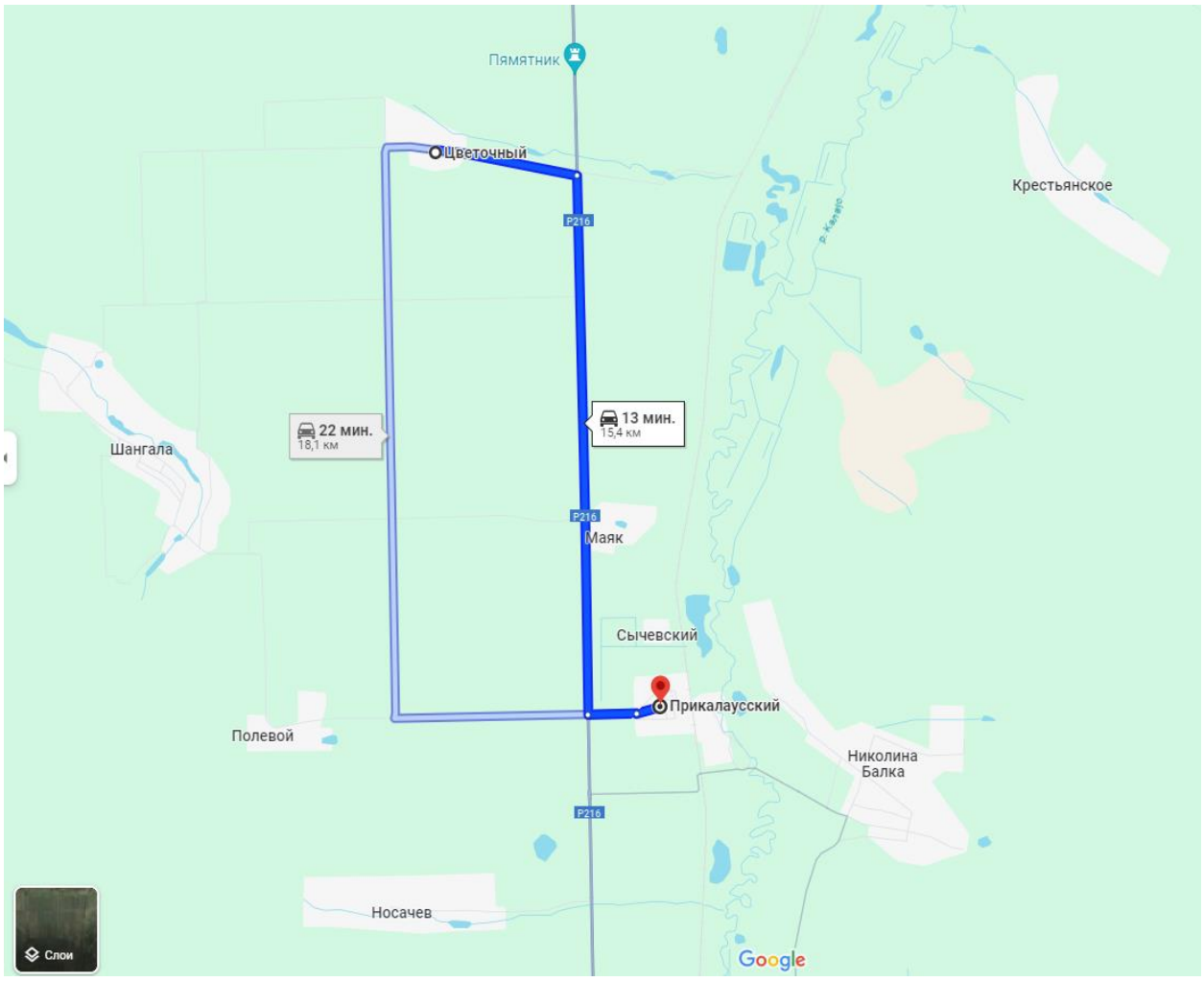


Рис. 2. Выбор оптимального маршрута при помощи Google Maps

Таблица 2

Данные по транспортной доступности медицинских организаций Петровского округа

Наименование	Обслуживаемые населенные пункты	Расстояние до ближ. больницы, км	Время в пути до ближ. больницы, мин	Расстояние до ЦРБ, км	Время в пути до ЦРБ, мин
1	2	3	4	5	6
ГБУЗ СК "Петровская РБ"	Петровский округ	0	0	0	0
Рогатобалковская участковая больница (амбулатория)	с. Рогатая Балка	26	24	26	24
Донбалковская амбулатория	с. Донская Балка	22	21	22	21
Просянская амбулатория	с. Просянка	38	35	38	35
Прикалаусская амбулатория	пос. Прикалаусский	23	20	23	20
Шангалинская амбулатория	с. Шангала	35	29	35	29
ФП п. Горный	пос. Горный	42	36	31	26
ФП х. Веселый	х.Веселый	5	10	25	25
ФП с. Кугуты	с. Кугуты	11	13	27	22
ФП пос. Маяк	пос. Маяк	6	6	25	23
ФП х. Носачев	х.Носачев	22	20	22	20
ФАП с. Ореховка	с. Ореховка	4	5	42	39
ФП п. Полевой	п.Полевой	9	8	28	25
ФП п. Пшеничный	п. Пшеничный	62	52	34	32
ФАП с. Шведино	с. Шведино	15	16	15	16
ФП фермы №1	ферма №1	58	48	30	31
ФП п. Цветочный	п. Цветочный	15	13	36	28
ФП х.Соленое Озеро	х.Соленое Озеро	14	16	14	16

Так, например, фельдшерские пункты в поселках Горный и Пшеничный обязаны направлять пациентов в участковую больницу села Николина Балка, находящуюся на расстоянии 42 км. от п. Горный и 62 км. от п. Пшеничный, а уже затем из Николинобалковской больницы пациенты направляются в районную больницу г. Светлограда. В то же время направление пациента сразу в г. Светлоград более целесообразно, так как экономит 10-20 минут времени только на дорогу (не считая времени ожидания, оформления, перенаправления). Кроме времени в пути снижается и пробег машин скорой помощи. Особую актуальность разница в доступности медицинской помощи приобретает при возникновении неблагоприятных метеорологических условий.

Совершенствование территориальной организации медицинского обслуживания Ставропольского края должно осуществляться системно на основе комплекса мероприятий, включающих открытие ряда учреждений здравоохранения (больничных, лечебно-профилактических и аптечных) в ряде административных районов края, в том числе и в Петровском округе. Актуальным видится сохранение сложившейся системы обслуживания населения фельдшерско-акушерскими пунктами, амбулаторно-поликлиническими и стационарными учреждениями. Значительные средние расстояния, которые приходится преодолевать до районного центра медицинского обслуживания, указывают на необходимость сохранения и развития низшего звена (сельских врачебных амбулаторий и их филиалов) в системе медицинского обслуживания. Также в Петровском округе существует объективная необходимость в открытии фельдшерского пункта в селе Мартыновка. Необходимо также пересмотреть порядок госпитализации из поселков Горный и Пшеничный в соответствии с оптимальными транспортными маршрутами, а не с нормами загруженности больниц.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что за постсоветский период медицинское обслуживание существенно изменилось. Население стало значительно меньше получать медицинские услуги стационарной помощи в местах проживания. Сокращение количества сельских участковых больниц привело к увеличению числа обращений за медицинской помощью в центральные районные больницы, что, в свою очередь, увеличило нагрузку на общественный транспорт.

Используемый традиционный метод расчета расстояния до медицинского учреждения по прямой, без учета особенностей дорожной сети, наиболее часто применяемый в службах планирования системы здравоохранения в силу его простоты, может сильно искажать картину доступной медицинской помощи. Внедрение сетевого анализа дорожной сети в сфере здравоохранения может значительно уточнить как существующее территориальное размещение медицинских учреждений, в особенности специализированного профиля, так и основные транспортные пути доступа к ним.

Литература

1. Петровский муниципальный округ. [Электронный ресурс]. URL: https://petrgosk.gosuslugi.ru/

2. Министерство здравоохранения Ставропольского края. [Электронный ресурс]. URL:https://www.stavregion.ru/govdep/ministries/minzdrav/

3. Тиньков С.А. Подходы к оценке транспортной доступности точек притяжения в мегаполисе // Экономика, предпринимательство и право. – 2021. – Том 11. – № 2. – С. 377-394. doi: 10.18334/epp.11.2.111582

УДК 504.06:663.4

ТРАНСФОРМАЦИЯ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННОГО ЧЕРНОЗЕМА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПИВОВАРЕННЫХ ОТХОДОВ

Руденко Е.Ю.

E-mail: e_rudenko@rambler.ru
ФГАОУ ВО "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Смесь пивной дробины и отработанного кизельгура стимулирует рост микроорганизмов черноземной почвы, загрязненной нефтью. Количество микроорганизмов меняется в зависимости от дозы внесённых отходов и времени их воздействия на нефтезагрязнённую почву. В случае нефтяного загрязнения лучше всего добавлять 5-10 % смеси пивоваренных отходов и процесс очистки почвы проводить от 0,5 до 1 месяца.

Ключевые слова: отходы пивоварения, пивная дробина, отработанный кизельгур, черноземная почва, загрязнение нефтью, микроорганизмы.

Пивоварение является одной из ведущих отраслей мировой пищевой промышленности. Производство пива – это многоступенчатый процесс, в основном включающий затирание, ферментацию, фильтрацию и розлив [14]. Пивоваренные заводы производят большое количество отходов, включая пивную дробину и отработанный кизельгур [10]. В настоящее время переработка побочных продуктов пищевой промышленности является одним из основных принципов, на которых базируется экономика замкнутого цикла. Существует большое политическое и социальное давление, направленное на снижение загрязнения, возникающего в результате промышленной деятельности. Почти все отрасли промышленности в развитых и развивающихся странах работают над решением этой проблемы, изменяя свои производственные стратегии таким образом, чтобы побочные продукты и отходы производственной системы могли быть переработаны. В результате большинство крупных компаний больше рассматривают отходы как сырье для использования в других процессах [15].

Пивная дробина – это важный побочный продукт в общем процессе пивоварения, на его долю приходится около 85 % от общего количества побочных продуктов и 31 % от исходной массы солода или несоложенных материалов. Пивная дробина является отличным источником питания для жвачных животных, она может быть использована в качестве источника углерода при ферментации для выращивания микробной биомассы и производства микробных ферментов [11]. Пивную дробину используют в пищевых продуктах, особенно там, где требуется повысить содержание клетчатки. Методами утилизации пивной дробины являются удобрение почвы [5] или компостирование, которое также является экологически приемлемой

технологией преобразования этого материала в полезный сельскохозяйственный продукт. Из-за множества содержащихся в ней соединений пивную дробину подвергают процессам экстракции для получения веществ с желаемыми свойствами. Экстракцию проводят различным способами, таким как щелочной гидролиз, ферментативный гидролиз, микроволновая экстракция, экстракция растворителями, сверхкритическая экстракция диоксидом углерода, ультразвуковая экстракция и т. д. Путем экстракции из дробины можно получить арабиноксиланы, полифенолы, антиоксиданты, глюкозу и белки [10]. Следующая интересная область применения пивной дробины – производство строительных материалов. Пивная дробина пригодна для изготовления наполнителей и армирующих материалов, что позволяет снизить стоимость биокомпозитов [16]. Представленные исследования показывают, что пивной дробиной можно обогащать сырье для кирпичей, позволяя разрабатывать новые продукты с большей прочностью, большей пористостью и улучшенной теплоизоляцией [13]. Другим способом использования пивной дробины является производство биоразлагаемых упаковок [11]. Кроме того, пивная дробина упоминается как экологичный материал, который может быть использован для рекультивации загрязненных почв [4], а также в качестве адсорбента для удаления органических и неорганических загрязняющих материалов из сточных вод [13].

Промышленное производство большинства сортов пива требует стадии фильтрации как части процесса последующей обработки. Фильтрация пива является наиболее широко используемым методом, и в этом процессе могут использоваться различные вспомогательные фильтрующие вещества. Диатомит (также называемый диатомитовой землей или кизельгуром) – это биогенная кремнистая осадочная порода Она происходит из одноклеточных водорослей, называемых диатомовыми водорослями, когда диатомовые водоросли умирают, кремнеземная оболочка или скелет, также известный как панцири, собирается на дне океана, образуя окаменелости. Спустя миллионы лет эти окаменевшие клеточные стенки становятся диатомитовой землей или диатомитом. Кизельгур образован частицами аморфного нанокремнезема и состоит из 87-91 % диоксида кремния и небольшого количества оксида алюминия (III) и оксида железа (III). Благодаря своим особым свойствам, таким как пористая структура, большая площадь поверхности и адсорбционная способность, низкая теплопроводность и плотность, почти 99 % производимого пива сегодня фильтруется через диатомит. Чтобы достичь желаемого уровня прозрачности и улучшить биологическую стабильность и коллоидную стабильность пива, все микроорганизмы и белковые частицы, все еще находящиеся в суспензии после ферментации, удаляются с помощью фильтрации через диатомит. В конце процесса фильтрации шлам диатомитовой земли (содержащий воду и органические вещества) в объёме увеличивается более чем в три раза. В процессе фильтрации пива на 1 л осветленного пива в среднем расходуется 1-2 г сырого диатомита и образуется 17,14 г использованного диатомита. С экономической точки зрения, потребление диатомитовой земли и удаление

осадка отработанного кизельгура составляют основную часть затрат, приходящихся на процесс фильтрации [12].

Отработанный кизельгур пивоваренных заводов, обычно не перерабатывают, а утилизируют на свалках [2]. В целях защиты окружающей среды и сохранения ресурсов в последние годы некоторые исследования были сосредоточены на том, как улучшить методы регенерации диатомита, использованного в пивоварении. Однако термическая регенерация имеет некоторые недостатки, такие как высокая стоимость, сложное оборудование и низкая эффективность, а химическая регенерация обычно приводит к вторичному загрязнению окружающей среды из-за чрезмерного использования кислот и щелочей. Регенерация, переработка и утилизация использованного кизельгура затруднительны, т.к. с точки зрения воздействия на здоровье человека использованная диатомитовая земля классифицируется как «опасные отходы» (Всемирная организация здравоохранения определяет кристаллический кремнезем как причину заболеваний легких), и её использование требует обеспечения безопасных условий труда [12].

Поскольку отработанный кизельгур не может быть утилизирован с помощью большинства обычных мер по захоронению или сжиганию, его часто оставляют без присмотра, что приводит к серьезному ущербу для окружающей среды. Из-за высокого содержания органических веществ и питательных веществ для растений экологически безопасным и недорогими способом повторного использования и переработки отработанного диатомового шлама пивоварен является его прямое внесение в пахотные земли для улучшения качества почвы [4]. Свободный гидроксил и ассоциативный гидроксил на поверхности диатомита полезны для процесса адсорбции, это может позволить повторно использовать диатомитовые отходы в качестве адсорбционного агента для очистки сточных вод от нефти [1, 6] и ионов тяжелых металлов [9], а также рекультивации почвы [3]. Из-за наличия частиц, богатых диоксидом кремния, с малым размером частиц и высокопористой структурой отработанный кизельгур используют для формирования легких силикатных кирпичей с хорошими теплоизоляционными свойствами или других строительных материалов с высокой пористостью [12].

Постоянно необходимо совершенствовать механизмы, технологии и способы переработки отходов пивоварения для получения продуктов с добавленной стоимостью с целью повышения экономичной и экологической эффективности производства пива. Вероятно, в ближайшие годы пивная дробина и отработанный кизельгур будут рассматриваться не как побочные продукты производства пива, а как востребованное сырье для различных отраслей промышленности, тем самым устраняя нерентабельное традиционное захоронение данных отходов.

Цель исследования – определить, как отходы пивоварения (пивная дробина и отработанный кизельгур) влияет на различные группы микроорганизмов в загрязненной нефтью черноземной почве.

Для проведения экспериментов применяли среднесуглинистый чернозем, а также сухие пивную дробину и отработанный кизельгур. Для имитации загрязнения в почву добавляли нефть в массовых соотношениях 10 г/кг, 30 г/кг

и 50 г/кг. Затем в образцы почвы, загрязнённой нефтью, добавляли смесь дробины и отработанного кизельгура в равных соотношениях (10 %, 20 % и 30 % от сухой массы почвы). Контрольными образцами были не загрязненная нефтью почва и почва с нефтью без добавления смеси отходов пивоварения. Все экспериментальные образцы помещали в стеклянные банки с полиэтиленовыми крышками, тщательно перемешали, инкубировали при 30±1 °С в течение 3 месяцев с периодическим рыхлением и поддержанием влажности на уровне 30±2 % (50 % от полной влагоемкости). Пробы для анализа брали через 15 дней, 1, 2 и 3 месяца. Для изучения состава микроорганизмов в почве использовали стандартные микробиологические методы прямого посева на плотные элективные питательные среды (табл.) с последующим подсчетом количества выросших микроорганизмов [7].

Таблица

Элективные среды и целевые группы микроорганизмов

Физиологическая группа микроорганизмов	Питательная среда	Характеристика питательной среды
Общее количество гетеротрофных бактерий	Питательный агар	Учет аммонификаторов и организмов, использующих органический азот
Актиномицеты	Крахмало-аммиачный агар	Селекция на основе способности утилизировать крахмал
Мицелиальные грибы	Агаризированное солодовое сусло	Оптимальная среда для развития микромицетов
Автохтонные микроорганизмы	Почвенный агар	Выявление организмов, участвующих в минерализации гумуса
Углеводородокисляющие микроорганизмы	Минеральная среда Макканга	Среда с нефтяными углеводородами как единственным источником углерода

Результаты исследования показали, что смесь солодовой дробины и осадка кизельгура стимулировала рост численности микроорганизмов в загрязненной нефтью черноземной почве. Гетеротрофных бактерий и микроорганизмов, утилизирующих углеводороды, стало больше примерно в 100 раз. Актиномицетов и грибов стало больше в 10-100 раз. Количество местных (аборигенных или автохтонных) микроорганизмы увеличилось в 1,5-5,7 раза. Больше всего количество микроорганизмов возросло в первые две недели экспериментальных исследований. Потом их число постепенно уменьшалось. Микроорганизмы, потребляющие углеводороды, оставались стабильными по численности. К концу опыта количество гетеротрофных бактерий и актиномицетов стало почти каким же в начале проведения опытов.

Проведенные исследования позволяют сделать выводы о том, что пивные отходы хорошо стимулируют рост микроорганизмов черноземной почвы, загрязненной нефтью, поэтому их можно использовать для очистки почвы от нефти. Количество микроорганизмов меняется в зависимости от дозы внесённых отходов и времени их воздействия на нефтезагрязненную почву. В случае

нефтяного загрязнения лучше всего добавлять 5-10 % смеси пивоваренных отходов и процесс очистки почвы проводить в течении 0,5-1 месяца.

Литература

1. Ващенко, В. В. Изучение возможности очистки сточных вод от нефти отработанным кизельгуром / В. В. Ващенко, Е. Ю. Руденко, В. В. Бахарев, Г. С. Муковнина, В. В. Ермаков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – Т. 19. – № 5. – С. 36-39.

2. Руденко, Е. Ю. Возможности использования отработанного кизельгура / Е.Ю. Руденко, К. М. Падерова, Е. Д. Антропова, Д. В. Зипаев // Пищевая промышленность. – 2011. – № 1. – С. 62-64.

3. Руденко, Е. Ю. Влияние отработанного кизельгура на нефтезагрязненную черноземную почву / Е. Ю. Руденко // Экология урбанизированных территорий. – 2009. – № 4. – С. 79-83.

4. Руденко, Е. Ю. Влияние отходов пивоварения на биологическую активность черноземной почвы / Е. Ю. Руденко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 18. – С. 37-42.

5. Руденко, Е. Ю. Влияние отработанного кизельгура на нефтезагрязненную черноземную почву / Е.Ю. Руденко // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – № 5. – С. 257-260.

6. Руденко, Е. Ю. Влияние способов модификации на свойства отработанного кизельгура, используемого для удаления нефти из сточных вод / Е.Ю. Руденко, Е.Н. Макеева, В. В. Ващенко, В. В. Бахарев, Г. С. Муковнина, В. В. Ермаков // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 1. – С. 20-25.

7. Руденко, Е. Ю. Исследование влияния нефти на биологическую активность черноземной почвы // Е. Ю. Руденко / Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – Т. 10. – № 4 (35). – С. 719-727.

8. Руденко, Е.Ю. Рекультивация нефтезагрязненной почвы с использованием отходов пивоварения // Е.Ю. Руденко, В.В. Бахарев, П.А. Чалдаев / Биотехнология. – 2013. – Т. 29. – № 3. – С. 51-57.

9. Руденко, Е. Ю. Возможность использования отработанного кизельгура для очистки сточных вод от меди // Е. Ю. Руденко, В. В. Бахарев, Г. С. Муковнина, С. Ю. Бейбулатов, А. А. Макарова, Е. Н. Макеева, Д. Р. Шакиров / Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. – № 5. – С. 24-28.

10. Руденко Е. Ю. Утилизация отходов пивоварения / Е. Ю. Руденко. – Самара: СамГТУ. – 2012. – 114 с.

11. Ferreira, A. M. Biosourced disposable trays made of brewer’s spent grain and potato starch // A. M. Ferreira, J. Martins, L. H. Carvalho, F. D. Magalhães // Polymers. – 2019. – Т. 11. – №. 5. – С. 923.

12. Galán-Arboledas, R. J. Evaluation of spent diatomite incorporation in clay based materials for lightweight bricks processing // R. J. Galán-Arboledas, M. T. Cotes-Palomino, S. Bueno, C. Martínez-García / Construction and Building Materials. 2017. Volume 144. P. 327 – 337.

13. Jackowski, M. Brewer’s Spent Grains – Valuable Beer Industry By-Product / M. Jackowski, Ł. Niedźwiecki, K. Jagiełło, O. Uchańska, A. Trusek // Biomolecules. – 2020. – V. 10. – Article ID 1669.

14. Karlović, A. By-Products in the Malting and Brewing Industries – Re-Usage Possibilities / A. Karlović, A. Jurić, N. Ćorić, K. Habschied, V. Krstanović, K. Mastanjević // Fermentation. – 2020. – V. 6. – Article ID 82.

15. Mussatto, S.I. Brewer’s spent grain: generation, characteristics and potential applications / S.I. Mussatto, G.Dragone, C.I. Roberto // Journal of Cereal Science. – 2006. – V. 43. – P. 1-14.

16. Nigam, P. S. An overview: Recycling of solid barley waste generated as a by-product in distillery and brewery / P. S. Nigam // Waste Management. – 2017. – V. 62. – P. 255 – 261.

УДК 911.3

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИНДЕКСА DRSEI ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ НАРЬЯН-МАР И ХАНТЫ-МАНСИЙСК 2000-2025 ГГ.

Сировадко Н.А., Петров Ю.В., Кочуров Б.И.

E-mail: sirovadko.nikita@mail.ru
Научный руководитель: Кочуров Б.И.,
ведущий научный сотрудник ИГ РАН, д.г.н., профессор
ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, РФ

В статье обобщён международный и отечественный опыт применения интегральных показателей экологического состояния территорий – RSEI (Remote Sensing Ecological Index) и его модификации DRSEI (Difference-based RSEI) – в среде геоинформационных систем. Описаны основные этапы расчёта индексов: нормализация четырёх компонентов (озеленённость, увлажнённость, засушливость, тепло или Difference Index для оценки антропогенной нагрузки) с последующим выделением первого главного компонента методом главных компонент. Проведён сравнительный временной анализ динамики DRSEI для двух арктических городов России – Нарьян-Мара и Ханты-Мансийска – за период 2000–2025 гг. Показано, что Нарьян-Мар характеризуется более стабильной экологической динамикой с преобладанием «хороших» состояний, тогда как в Ханты-Мансийске отмечается высокая волатильность показателей, обусловленная сезонным затоплением пойменных территорий.

Ключевые слова: RSEI; DRSEI; дистанционное зондирование; экологический мониторинг; геоинформационные системы; арктические города; Нарьян-Мар; Ханты-Мансийск; метод главных компонент; качество ландшафта.

Методы дистанционного зондирования Земли стали ключевым инструментом для анализа пространственно-временных изменений природных систем благодаря широкому территориальному охвату, высокой частоте наблюдений и возможности ретроспективного анализа данных [1, 6]. Целью исследования является систематизация практики применения индексов RSEI и DRSEI в геоинформационных системах для оценки качества окружающей среды в административных центрах северных ресурсодобывающих субъектов РФ [4, 5].

Концепция индекса RSEI. Remote Sensing Ecological Index (RSEI) – интегрированный показатель экологического состояния территории, рассчитываемый на основе дистанционных измерений экологически значимых индикаторов и объединяемых методом компонент (PCA) [9]. RSEI строится на следующих четырёх нормированных индексах:

– озеленённость (Greenness): обычно представляется индексом нормализованной разницы растительности NDVI;

– увлажнённость (Wetness): извлекается при помощи метода «tasseled cap» или прямого расчёта влажности грунта из спектральных каналов;

– засушливость (Dryness): выражается индексом здания–почвы (NDBSI), характеризующим долю открытого грунта и насыпи в пикселе;

– тепло (Heat): определяется через температуру наземной поверхности (LST), получаемую с термических каналов спутниковых данных.

Для объединения индексы приводят к общему диапазону:

$$X' = \frac{X - min(X)}{max(X) - min(X)}, \quad (1)$$

где X – исходное значение индекса пикселя сцены, а X' – нормированное значение в диапазоне.

Формируется матрица наблюдений M размером N×4, где N – число пикселей, а столбцы – нормированные NDVI, Wetness, NDBSI, LST.

Вычисляется ковариационная матрица:

$$C = \frac{1}{N-1} M^T M \quad (2)$$

Находятся собственные значения λ_i и собственные векторы e_i матрицы C. Первый главный компонент (PC1), соответствующий наибольшему λ_1, интерпретируется как интегральный показатель экологического состояния.

Значения RSEI вычисляются как проекции исходных данных на e_1:

$$RSEI_{raw} = M \times e_1 \quad (3)$$

Для удобства визуализации и сравнения RSEI нормируют по тому же принципу, что и исходные индикаторы:

$$RSEI = \frac{RSEI_{raw} - min(RSEI_{raw})}{max(RSEI_{raw}) - min(RSEI_{raw})} \quad (4)$$

Таким образом, RSEI принимает значения от 0 (наихудшее состояние) до 1 (наилучшее состояние).

Модификация DRSEI. В условиях высоко урбанизированных территорий температурный компонент заменен индексом различий (Difference Index), более чувствительным к концентрации загрязняющих веществ (PM2.5) и качеству воздуха [15]. Алгоритм расчета индексов

реализован в среде QGIS. Для пространственной обработки использованы данные спутников Landsat и Sentinel с разрешением от 10 до 30 м. Оценка временных трендов проводится на основе анализа с шагом 5 лет.

Применение индекса RSEI в международной научной среде. Китай остается лидером в разработке и применении RSEI, где индекс используется для мониторинга городской экспансии, воздействия горнодобывающих работ, оценки экологического состояния регионов Трех ущелий и анализа эффективности экологической политики [10, 11, 13]. Вьетнам использует RSEI для оценки качества городской экологической среды, особенно в городе Кантхо, где индекс помогает в городском планировании и оценке зеленых зон [8]. Марокко применяет RSEI для сезонной оценки качества окружающей среды в агроэкологических зонах. Результаты показывают наибольшее ухудшение значений RSEI с 2011 по 2021 гг. [12].

Самарская область стала объектом детального исследования применения RSEI в России. Анализ пространственно-временной экологической уязвимости с использованием статистической корреляции и данных Landsat за 2010-2020 годы показал улучшение экологического состояния с 2010 по 2015 год (RSEI увеличился с 0.79 до 0.98), а затем ухудшение с 2015 по 2020 год (RSEI снизился с 0.98 до 0.82) [7].

Первоначальная публикация Сюй Ханьцю 2013 года стала основополагающей в области дистанционного экологического мониторинга. Последующие работы, развивающие концепцию RSEI, демонстрируют высокую цитируемость, особенно публикации в высокорейтинговых журналах Remote Sensing, Remote Sensing of Environment и Ecological Indicators.

Работа 2018 года по прогнозированию экологических эффектов роста населения и непроницаемых поверхностей получила значительное признание в научном сообществе, став одной из наиболее цитируемых в области применения RSEI [14].

Исследования RSEI публикуются преимущественно в специализированных журналах по дистанционному зондированию и экологии. Remote Sensing является ведущим журналом по количеству публикаций. Remote Sensing of Environment и Ecological Indicators также служат основными платформами для публикации исследований по RSEI.

Международный характер исследований подтверждается публикациями в журналах различных стран, включая International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Science of the Total Environment, и Land.

Анализ динамики индекса DRSEI: сравнительное исследование качества ландшафтов в Нарьян-Маре и Ханты-Мансийске (2000-2025). Анализ 25-летней динамики индекса DRSEI показал значительные различия в эволюции качества ландшафтов между двумя северными

городами России. Оба города демонстрируют общую тенденцию к ухудшению качества ландшафтов за исследуемый период, при этом Ханты-Мансийск характеризуется более высокой волатильностью изменений.

Нарьян-Мар продемонстрировал относительно умеренное снижение с 2,908 до 2,870 (-0,038 пункта), в то время как Ханты-Мансийск показал более существенную деградацию с 3,234 до 2,961 (-0,274 пункта). Стоит также отметить, что значение индекса DRSEI во всех исследуемых годах (кроме 2015 г.) в Ханты-Мансийске выше по сравнению с Нарьян-Маром (рис. 1).

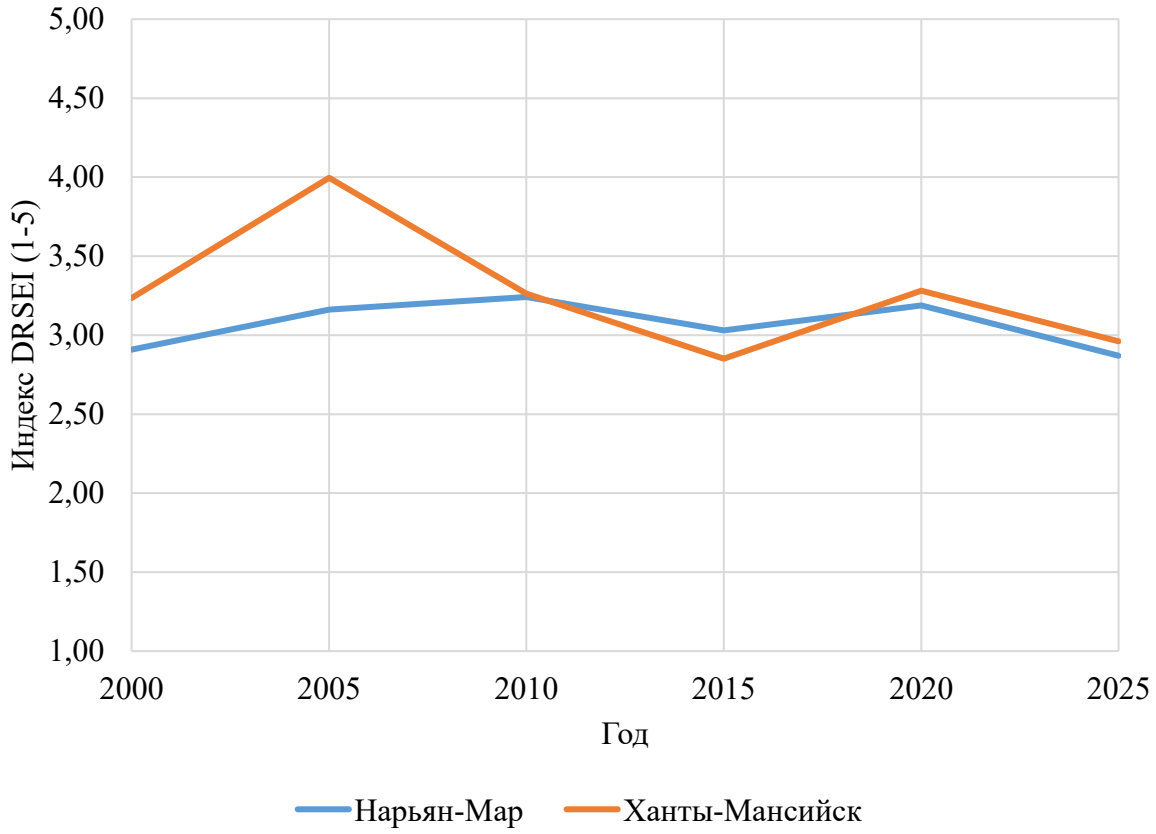


Рис. 1. Взвешенный индекс качества ландшафтов DRSEI для Нарьян-Мара и Ханты-Мансийска (2000-2025)

Ханты-Мансийск демонстрирует высокую волатильность во всех категориях качества (рис. 2). Характерные особенности:

– Экстремальная изменчивость "Очень хорошее": коэффициент вариации 87,1 %, колебания от 4,65 % до 34,96 %

– Высокая нестабильность «Низкое»: коэффициент вариации 42,6 %, значительные циклические изменения

– Рост доли низкокачественных ландшафтов: увеличение с 29,01 % до 38,22 % (+9,21 п.п.)

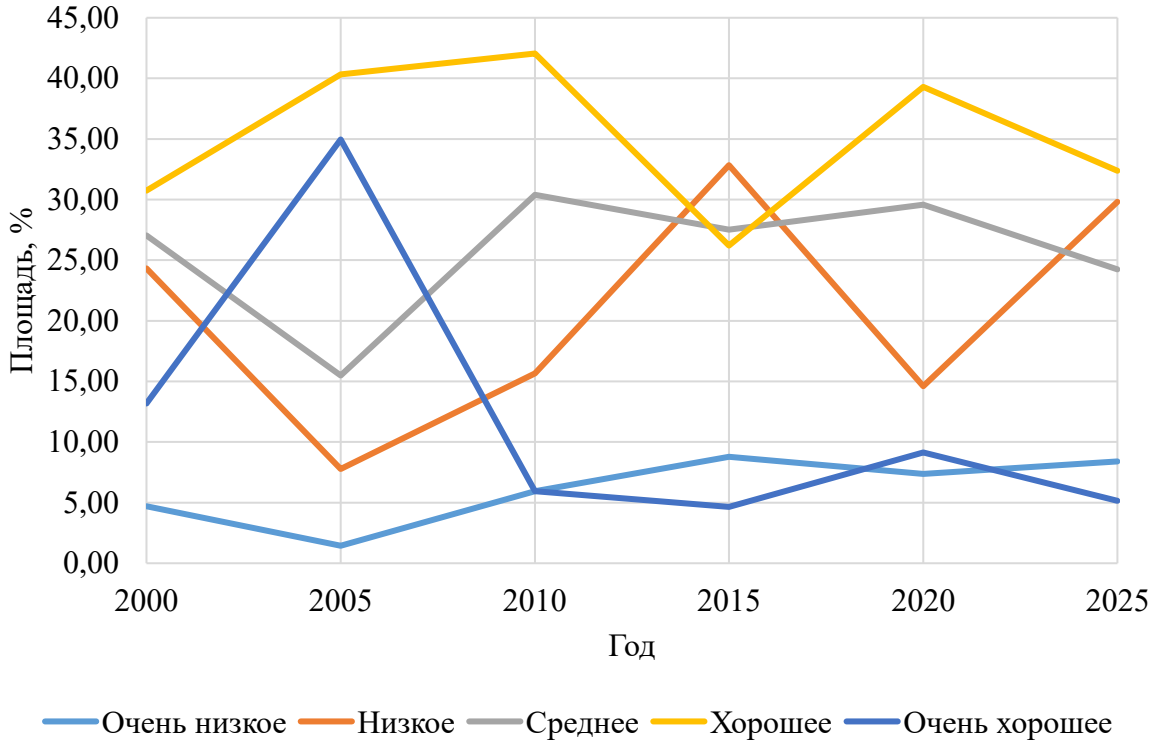


Рис. 2. Динамика распределения категорий качества ландшафтов по индексу DRSEI в Ханты-Мансийске (2000-2025)

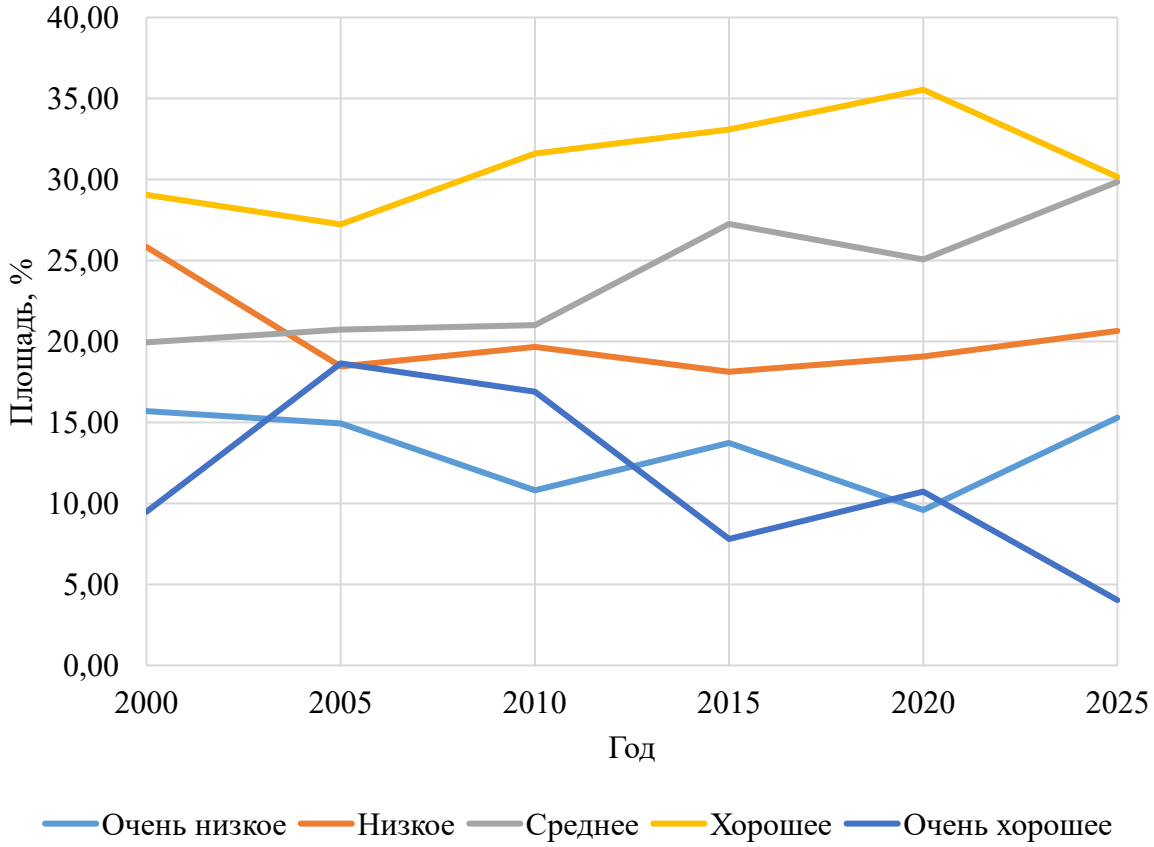


Рис. 3. Динамика распределения категорий качества ландшафтов по индексу DRSEI в Нарьян-Маре (2000-2025)

Нарьян-Мар характеризуется более стабильной динамикой с доминированием категории "Хорошее" на протяжении всего периода исследования (рис. 3). Ключевые изменения включают:

– Категория «Среднее»: наиболее выраженный положительный тренд (+9,90 п.п. за период, среднегодовое изменение +0,396 п.п.)

– Категория «Очень хорошее»: значительное сокращение (-5,44 п.п., наивысшая волатильность 5,07 %)

– Категория «Низкое»: устойчивое снижение (-5,18 п.п.)

Полученные результаты подчеркивают гибкость и универсальность индексов RSEI и DRSEI для оценки экологического состояния территорий с различными природно-климатическими условиями и уровнем антропогенной нагрузки. Включение индекса различий в DRSEI улучшает чувствительность к загрязнению воздуха и расширяет возможности мониторинга в городских агломерациях.

Анализ 25-летней динамики индекса DRSEI показал значительные различия в эволюции качества ландшафтов между двумя северными городами России. Оба города демонстрируют общую тенденцию к ухудшению качества ландшафтов за исследуемый период, при этом Ханты-Мансийск характеризуется более высокой волатильностью изменений.

Высокая изменчивость характеристики качества ландшафтов в Ханты-Мансийске вероятнее всего объясняется влиянием реки Иртыш на пойменные территории города. В связи с тем, что в пределах границы города значительная часть территории сезонно затапливается, это вносит значительный вклад в полученные результаты. Так, чтобы избежать влияния подобного фактора, можно прибегнуть к полному исключению пойменных территорий анализа.

В будущих исследованиях планируется проверить эффективность другой модификации индекса RSEI, а именно Water-beneficial remote sensing ecological index (WB-RSEI). Преимущество данного индекса состоит в том, что при анализе также учитывается качество водных объектов. Таким образом данный метод не требует исключения из полученных результатов водных объектов, а значит влияние сезонной динамики уровня воды должно в меньшей степени характеризовать изменения индекса качества ландшафтов. Что позволит в большей мере оценить степень влияния антропогенных факторов на изменение качества окружающей среды [2, 3].

Также в качестве будущих направлений исследований выступает выявление зависимости между качеством окружающей среды и количеством затрат на природоохранные мероприятия в исследуемых городах. Дело в том, что Нарьян-Мар и Ханты-Мансийск являются административными центрами регионов добычи углеводородного сырья. С одной стороны, данные населённые пункты должны испытывать

негативное влияние со стороны добывающих предприятий, но с другой, денежный приток от этих же самых предприятий должен компенсировать негативное влияние. Понять прослеживается ли данная тенденция должны помочь индексы дистанционного зондирования экологического состояния.

Таким образом, по результатам сопоставления, можно сделать следующие выводы.

1. Индексы RSEI и DRSEI доказали свою эффективность в оперативном мониторинге экологического состояния территорий с различными природно-климатическими условиями и уровнями антропогенной нагрузки.

2. Модифицированный DRSEI с заменой теплового компонента на Difference Index, чувствительный к концентрации PM2.5 и качеству воздуха, обеспечивает более точную оценку антропогенных нагрузок в городских агломерациях.

3. Сравнительный анализ DRSEI для Нарьян-Мара и Ханты-Мансийска за период 2000–2025 гг. показал общую тенденцию к ухудшению качества ландшафтов, при этом:

– Нарьян-Мар продемонстрировал относительно умеренное снижение индекса и более стабильную динамику категорий качества (преобладание «Хорошего» состояния);

– Ханты-Мансийск характеризуется более высокой волатильностью изменений, что обусловлено сезонным затоплением пойменных территорий Иртыша.

4. Влияние природных факторов, таких как паводковая динамика рек, существенно искажает результаты мониторинга. Для повышения точности оценки целесообразно исключать пойменные территории или применять индексы, учитывающие качество водных объектов (например, WB-RSEI).

5. Долгосрочное применение индексов дистанционного зондирования открывает перспективы для выявления зависимости между качеством окружающей среды и затратами на природоохранные мероприятия в индустриальных регионах. Использование RSEI/DRSEI позволит оценить, компенсирует ли финансовый вклад предприятий негативное воздействие добычи углеводородов на качество окружающей среды городов-административных центров.

Литература

1. Гимгин Е. Н., Петров Ю. В. Возможности применения материалов дистанционного зондирования земли для общественного экологического надзора // Водные ресурсы – основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2025. – С. 186-190.

2. Костовска С. К., Кочуров Б. И., Стулышапку В. О. Критерии и показатели оценки комфортности проживания населения // Экологические системы и приборы. – 2006. – № 10. – С. 14-20.

3. Кочуров Б. И., Стулышапку В. О., Костовска С. К. Оценка комфортности проживания населения (на примере локальной территории вблизи Москвы) // География в школе. – 2006. – № 6. – С. 26-29.

4. Петров Ю. В., Кочуров Б. И. Геоэкологические лимиты на расширения тюменской агломерации // Демография и глобальные вызовы. – Воронеж: ООО "Цифровая полиграфия", 2024. – С. 774-780.

5. Петров Ю. В., Кочуров Б. И. Оценка геоэкологических показателей в муниципалитетах ресурсодобывающего субъекта Российской Федерации // Проблемы региональной экологии. – 2023. – № 4. – С. 89-93.

6. Петров Ю. В., Кочуров Б. И. Ресурсодобывающие регионы при реализации Восточного вектора развития // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. – Москва: Издательский дом "УМЦ", 2025. С. 330-333.

7. Boori M.S., Choudhary K., Paringer R., Kupriyanov A. Spatiotemporal ecological vulnerability analysis with statistical correlation based on satellite remote sensing in Samara, Russia // Journal of Environmental Management. – 2021. – Vol. 285. – Article 112138. – DOI:10.1016/j.jenvman.2021.112138

8. Diep N.T.H., et al. Environmental Quality Monitoring Using Remote Sensing Ecological Index (RSEI) in Can Tho City, Vietnam. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2024. – Vol. 1345. – Article 012018

9. Gong E., Shi F., Wang Z., Hu Q., Zhang J., Hai H. Evaluating Environmental Quality and Its Driving Force in Northeastern China Using the Remote Sensing Ecological Index // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, No. 23. – Article 16304. – DOI:10.3390/su142316304

10. Lan G., Jiang X., Xu D., Guo X., Wu Y., Liu Y., Yang Y. Ecological vulnerability assessment based on remote sensing ecological index (RSEI): A case of Zhongxian County, Chongqing // Frontiers in Environmental Science. – 2023. – Vol. 10. – Article 1074376. – DOI:10.3389/fenvs.2022.1074376

11. Mondal J., Basu T., Das A. Application of a novel remote sensing ecological index (RSEI) based on geographically weighted principal component analysis for assessing the land surface ecological quality // Environmental Science and Pollution Research. – 2024. – Vol. 31. – P. 32350–32370. – DOI:10.1007/s11356-024-33330-w

12. Tahiri M., Mohsine I., Bouramtane T., et al. Spatio-Temporal Analysis of the Remote Sensing Ecological Index – A Case Study of the Favorable Agro-Ecological Zone in Northwest Morocco // Ecological Engineering & Environmental Technology. – 2023. – Vol. 24, No. 7. – P. 61–70. – DOI:10.12912/27197050/169570

13. Wang X., Xu K., Yang S., Liu J., Li Y., Xiong J. Monitoring and analysis of eco-environmental quality in Yulin City from 2000 to 2020 based on Remote Sensing Ecological Index (RSEI) // Proceedings of SPIE. – 2024. – Vol. 12980. – Article 129802N. – DOI:10.1117/12.3020995

14. Xu H., Wang M., Shi T., Guan H., Fang C., Lin Z. Prediction of ecological effects of potential population and impervious surface increases using a remote sensing based ecological index (RSEI) // Ecological Indicators. – 2018. – Vol. 93. – P. 730–740. – DOI:10.1016/j.ecolind.2018.05.055

15. Zhang G., Kuang H. Urban ecosystem quality assessment based on the improved remote sensing ecological index // PeerJ. – 2025. – Vol. 13. – Article e19297. – DOI:10.7717/peerj.19297

УДК 614.8

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОХРАНЫ ТРУДА И ЭКОЛОГИИ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Строчков А.О.

E-mail: s_strochkov@mail.ru
Научный руководитель: Томаровщенко О.Н., к.т.н., доцент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Настоящая статья посвящена исследованию синергического эффекта взаимодействия сфер охраны труда и экологии в контексте обеспечения высокого уровня безопасности и устойчивости современного промышленного предприятия. Предложенная автором научная гипотеза рассматривает охрану труда и экологическую безопасность как единую систему, направленную на предотвращение профессиональных рисков и экологических катастроф путем взаимного усиления управленческих практик и инструментальных подходов. Основной акцент сделан на создании мультидисциплинарного каркаса управления производственными рисками, позволяющего минимизировать ущерб здоровью работников и окружающей природной среде одновременно.

Ключевые слова: охрана труда, экология, менеджмент, риск, травматизм, интегрированные системы управления, профессиональные заболевания.

Современные тенденции развития производственных систем характеризуются возрастающей сложностью технологических процессов, интенсификацией использования опасных веществ и повышением концентрации энергоносителей. Традиционно, управление рисками в этой области осуществляется по двум основным, зачастую сегрегированным, направлениям: охрана труда, фокусирующаяся на обеспечении безопасных условий для работников, и экологическая безопасность, направленная на предотвращение негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду. Однако, подобная дихотомия не всегда позволяет в полной мере раскрыть потенциал комплексных превентивных мер. Интеграция подходов ОТ и ЭБ, основанная на понимании их взаимозависимости, способна трансформировать систему управления, обеспечивая более высокий уровень контроля и прогнозирования [1, 2].

Взаимодействие охраны труда и экологии представляет собой комплексный процесс, который включает в себя элементы управления, оценки рисков и внедрения устойчивых практик. В условиях глобализации и увеличения конкурентоспособности предприятий, эффективность данных взаимодействий становится определяющим фактором.

Охрана труда охватывает совокупность мер, направленных на предотвращение профессиональных заболеваний, травматизма и обеспечение

благоприятных условий труда. В рамках этой концепции принято выделять следующие элементы:

1. Оценка профессиональных рисков включает в себя систематическую идентификацию и анализ опасностей, влияющих на безопасность работников.

2. Инженерные меры направлены на снижение воздействия вредных и опасных производственных факторов.

3. Организационные меры включают в себя разработку и внедрение инструкций, правил и норм по охране труда.

Экология в производственной деятельности подразумевает соблюдение норм и стандартов, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду. Основные аспекты включают в себя:

1. Управление отходами – это внедрение систем переработки и утилизации отходов.

2. Снижение выбросов – это оптимизация процессов для уменьшения загрязнения воздуха, воды и почвы.

3. Естественные ресурсы – это рациональное использование природных ресурсов и внедрение внедрения принципов устойчивого развития.

Фундаментальное понимание взаимосвязи ОТ и ЭБ заключается в признании того, что многие факторы, обусловливающие производственные риски, имеют двойственную природу, проявляясь как на уровне человеческого фактора и технологических процессов, так и на уровне их воздействия на экосистему. Воздействие вредных химических веществ на работников (профессиональные заболевания, отравления) и их выброс в атмосферу, водные объекты или почву (экологический ущерб) зачастую имеют общие этиологические корни. Например, применение агрессивных реагентов, их неправильное хранение и утилизация создают риски как для здоровья персонала, так и для окружающей среды. Интегрированное управление безопасностью, охватывающее полный жизненный цикл вещества – от закупки до утилизации, позволяет снизить вероятность инцидентов на всех уровнях [2, 3].

Производственный шум, вибрация, ионизирующее и неионизирующее излучение – эти факторы, негативно влияющие на здоровье работников, могут также оказывать деструктивное воздействие на биологические объекты в окружающей среде, нарушать экосистемы. Комплексные мероприятия по акустическому и вибрационному контролю, рационализация теплообменных процессов, экранирование источников излучений, будучи реализованными на системном уровне, одновременно решают задачи и ОТ, и ЭБ [2, 4].

Несоблюдение технологических регламентов, нарушение правил эксплуатации оборудования, неправильное хранение горючих и взрывоопасных материалов – все это факторы, напрямую повышающие вероятность пожаров и взрывов. Последствия таких инцидентов зачастую включают не только травматизм и летальные исходы среди персонала, но и

масштабное загрязнение атмосферы, почвы и водных ресурсов. Имплементация строгих протоколов пожарной безопасности, использование современных систем обнаружения и локализации возгораний, а также применение безопасных аналогов опасных веществ, минимизируют риски в обеих плоскостях.

Неправильная классификация, хранение, транспортировка и утилизация промышленных отходов представляют собой комплексный риски, что может привести к загрязнению окружающей среды, интоксикации работников, а также к возникновению пожаров и взрывов. Единая система управления отходами, основанная на принципах минимизации образования, рециклинга и безопасной утилизации, интегрирует аспекты ОТ и ЭБ.

Для эффективного синергетического взаимодействия ОТ и ЭБ необходимо формирование интегрированных систем управления, базирующихся на следующих принципах:

1. Системный анализ и оценка рисков. Проведение комплексной оценки рисков, охватывающей все аспекты производственной деятельности, с учетом взаимовлияния человеческого фактора, технологических процессов и внешних факторов окружающей среды. Использование методик, таких как HAZOP (Hazard and Operability Study), FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) с модификациями, учитывающими экологические аспекты.

2. Единая нормативно-правовая база. Разработка и внедрение внутренних стандартов и процедур, гармонизирующих требования ОТ и ЭБ, избегая дублирования и противоречий.

3. Интегрированный мониторинг. Создание единых систем мониторинга, позволяющих в режиме реального времени отслеживать как параметры рабочей среды, так и состояние окружающей среды, оперативно реагируя на отклонения.

4. Организация обучающих программ для персонала, направленных на формирование целостного понимания рисков и превентивных мер, охватывающих обе сферы.

5. Формирование рабочих групп, включающих специалистов по ОТ, экологов, технологов, инженеров, для разработки и внедрения комплексных решений.

6. Использование систем управления данными, предиктивной аналитики, IoT-решений для сбора, обработки и анализа информации, с целью прогнозирования и предотвращения рисков.

Внедрение интегрированного подхода требует переосмысления организационной структуры и культуры безопасности предприятия [4, 5]. Первоначальные инвестиции в создание единой системы управления рисками, как правило, окупаются за счет:

1. Сокращения производственного травматизма и профессиональных заболеваний, что приводит к снижению выплат по социальному

страхованию, уменьшению количества дней нетрудоспособности и повышению производительности труда.

2. Предотвращение аварийных выбросов и загрязнений позволяет избежать значительных финансовых потерь и репутационного ущерба.

3. Совместная работа специалистов по ОТ и ЭБ часто приводит к выявлению уязвимых участков, оптимизации использования ресурсов и внедрению более безопасных и экологичных технологий.

4. Предприятия с высоким уровнем интегрированной безопасности более привлекательны для инвесторов и партнеров.

5. Демонстрация ответственного отношения к сотрудникам и окружающей среде способствует формированию позитивного корпоративного имиджа.

Взаимодействие охраны труда и экологической безопасности – это не просто формальное объединение двух направлений, а сущностная необходимость для создания по-настоящему безопасного и устойчивого производственного предприятия. Синергетический подход, основанный на глубоком понимании взаимосвязей и внедрении интегрированных систем управления, позволяет не только снизить вероятность возникновения разнообразных производственных рисков, но и трансформировать корпоративную культуру, ориентируя ее на превентивность, ответственность и устойчивое развитие.

Литература

1. Ходжаева, Н. А. Взаимосвязь рынка труда в системе экологии и охраны окружающей среды / Н. А. Ходжаева // Экономика и социум. – 2021. – № 12-2(91). – С. 722-726.

2. Фетисов, В. С. Экология, безопасность и охрана труда на предприятии / В. С. Фетисов // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций: сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции, Курск, 05 октября 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 290-295.

3. Джумаев, П. Ч. Экологическая и промышленная безопасность и их влияние на устойчивое развитие общества / П. Ч. Джумаев, Г. Д. Гулова, Д. Д. Акбаев // Яковлевские чтения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Лениногорск, 28 марта 2025 года. – Санкт-Петербург: ООО Издательский дом "Сциентиа", 2025. – С. 328-331.

4. Совершенствование системы профилактики травматизма на основе конвергентных технологий цифрового управления обеспечением работников средствами индивидуальной защиты / В. А. Петрова, Е. В. Климова, А. Ю. Семейкин, О. Н. Томаровщенко // Безопасность техногенных и природных систем. – 2024. – Т. 8, № 3. – С. 29-38. – DOI 10.23947/2541-9129-2024-8-3-29-38.

5. Иванченко, И. А. Роль личного бренда специалиста по охране труда в популяризации и развитии культуры безопасности / И. А. Иванченко, О. Н. Томаровщенко // Современные проблемы охраны труда и окружающей среды: Сборник трудов XXXV Международной научно-практической конференции, Химки, 26 февраля 2025 года. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика, 2025. – С. 136-141.

УДК 504.055

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ – НОВЫЙ РАЗДЕЛ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

Стурман В.И., Логиновская А.Н., Пищугина А.Д.

E-mail: st@izh.com
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени проф. М.А. Бонч-Бруевича, Россия

Статья обзорного характера об истории становления и современном состоянии картографирования техногенных электромагнитных полей в России и за рубежом.

Ключевые слова: Электромагнитные поля, картографирование

Развитие экологического картографирования, как науки о способах сбора, анализа и картографического представления информации о состоянии среды обитания человека и других биологических видов, т.е. об экологической обстановке [1] включает, наряду с рядом других тенденций, формирование новые предметных областей по мере накопления опыта соответствующих исследований. Геоэкологические исследования техногенных электромагнитных полей (ЭМП), направленные на выявление их фактического распространения и изменчивости, развиваются параллельно с медико-биологическими, имеющими целью оценки последствий для живых организмов и пределов их устойчивости.

Первые опыты картографирования ЭМП относились к 1990-2000 гг. и включали картографирование зон возможных превышений предельно допустимых уровней (ПДУ) вдоль трасс воздушных высоковольтных линий в Санкт-Петербурге [2], Тольятти [3], высоковольтных линий, объектов электротранспорта, передающих радиотехнические объектов и их зон влияния в Саратове [4]. Т.е. картографирование ЭМП начиналось с инвентаризаций и показа на карте их источников и возможных (нормативных) зон превышения гигиенических стандартов.

Переход от картографирования источников к картографированию уровней техногенных ЭМП произошел в 2000-10-х гг. Здесь наметилось 2 направления: картографирование расчетных значений на основе характеристик источников и расчетных формул [5, 6, 7], и картографирование измеренных значений [8-13]. Первое в настоящее время реализуется в виде многочисленных расчетных работ, выполняемых для передающих радиотехнических объектов на основе стандартных методик и является полным аналогом расчетов рассеяния выбросов при разработке их нормативно-допустимых уровней. Расчет по стандартным методикам не является методом научных исследований, а получаемые в результате

картографические материалы не предусматривают учет особенностей картографируемой территории. Второе (создание карт по данным натурных измерений) и рассматривается ниже, как картографирование техногенных ЭМП.

Первые зарубежные опыты картографирования ЭМП [8, 9, 10] относятся к концу 1990-х и 2000-м гг. При этом использовались автоматизированные измерительные комплексы, перемещаемые вдоль улиц и тротуаров, производящие многочисленные (многие тысячи) измерения через заданные интервалы времени или расстояния, и выдающие осредненные результаты для участков улиц [11]. К издержкам такого подхода относятся резкие перепады значений, с выпадением промежуточных интервалов, и неестественно прямолинейные границы на картах. Аномальные значения, в т.ч. обусловленные кабелями подземной прокладки, при осреднении «растворяются» в общем фоне.

Первые в России опыты создания карт ЭМП по результатам их измерений относится к 2000-м гг., когда в городах Самарской области [12] были созданы мелкомасштабные (для городских условий) карты ЭМП промышленной частоты (напряженности и магнитной индукции) и радиочастотного диапазона (плотность потока энергии – ППЭ). Число точек измерения по городам составляло от 25 до 100. Несколько позже подобное исследование было выполнено в Оренбурге [13].

Наши исследования техногенных ЭМП были начаты в 2017 г. и первоначально касались полей промышленной частоты. Наибольшее внимание как в наших, так и в зарубежных исследованиях, уделяется магнитным полям, обладающим высокой проникающей способностью и представляющим, по новейшим данным [14, 15, 16], значительную опасность для человека. К настоящему времени исследования выполнены в 16 городах Европейской части РФ, причем первым по времени был Белгород. Число точек наблюдения в каждом из городов составляет от 100 до 350. Во всех случаях для измерений был использован прибор Gigahertz Solutions ME 3830 B M/E Analyser, позволяющий измерять напряженность электрического поля в пределах от 1 до 2000 в/м и магнитную индукцию от 1 до 2000 нТл. Средние значения напряженности по городам от 2 до 94 в/м; магнитной индукции от 12 до 273 нТл. Показатели напряженности электрического поля выше 1-3 в/м отмечаются только вблизи высоковольтных линий, где в отдельных случаях отмечаются превышения ПДУ 1000 в/м.

Магнитные поля на городских территориях сильно изменчивы. Выявлено влияние со стороны использования земель и застройки, а также наличия или отсутствия поблизости воздушных или подземных линий электропередачи. Поэтому при обработке результатов средние показатели и характеристики изменчивости определялись отдельно по типам использования земель и застройки, и в зависимости от наличия или отсутствия линий электропередачи.

В основе нашего подхода к картографическому представлению данных о пространственном распределении характеристик ЭМП лежит принцип географической корректности [17], т.е. соответствия локализации картографируемых объектов и показателей, а также характеристик их пространственной изменчивости и временной динамики, на карте и на картографируемой территории. Ввиду высокой изменчивости характеристик техногенных ЭМП, построение изолиний на основе интерполяции между соседними точками недостаточно для корректного изображения.

Выявляемые при статистической обработке (а практически и на этапе измерений) аномальные значения бывают обусловлены кабелями подземной прокладки (устанавливаются по резкому росту значений у поверхности земли), воздушными кабелями и проводами, элементами электрооборудования (обнаруживаются по резкому снижению показателей при удалении от них), мощным электрооборудованием в близлежащих зданиях, наэлектризованными металлическими поверхностями (выявляются аналогично предыдущему, хотя в части случаев конкретный источник остается неизвестным). Поскольку размеры аномалий не превышают десятков метров, обозначение их в масштабе возможно только в очень крупных масштабах, либо внемасштабными значками. При этом аномалии подразделяются на обусловленные воздушными источниками (включаются в интерполяцию, как элемент местного ЭМП), и обусловленные подземными (грунтовыми) источниками. Последние в интерполяцию не включаются, а при построении изолиний для их местоположений принимаются средние значения по типу использования земель и застройки. Также значками обозначаются обусловленные подземными источниками относительно слабо выраженные повышенные значения, не превышающие нижнего предела аномальных значений. Пример карты (центральная часть г. Псков) с условными обозначениями представлен на рис. 1.

Исследование пространственного распределения ЭМП радиочастотного диапазона является более сложной задачей в сравнении с ЭМП промышленной частоты. Если ЭМП промышленной частоты распространяются от источников равномерно по всем направлениям, то ЭМП радиочастотного диапазона излучаются направленно, в определенных секторах и высотных интервалах. Соответственно, картографирование ЭМП радиочастотного диапазона началось на несколько лет позже и в настоящее время лишь делает первые шаги [18-22]. При этом способы картографического представления результатов не отличаются разнообразием и ограничиваются использованием изолиний (либо псевдоизолиний). Так, в работе группы китайских авторов [19], в отличие от западноевропейских исследований [20, 21], характеристики ЭМП дифференцированы по функциональным зонам, причем наибольшая интенсивность полей от объектов мобильной связи отмечена в районе размещения образовательных учреждений, где концентрация пользователей максимальна.

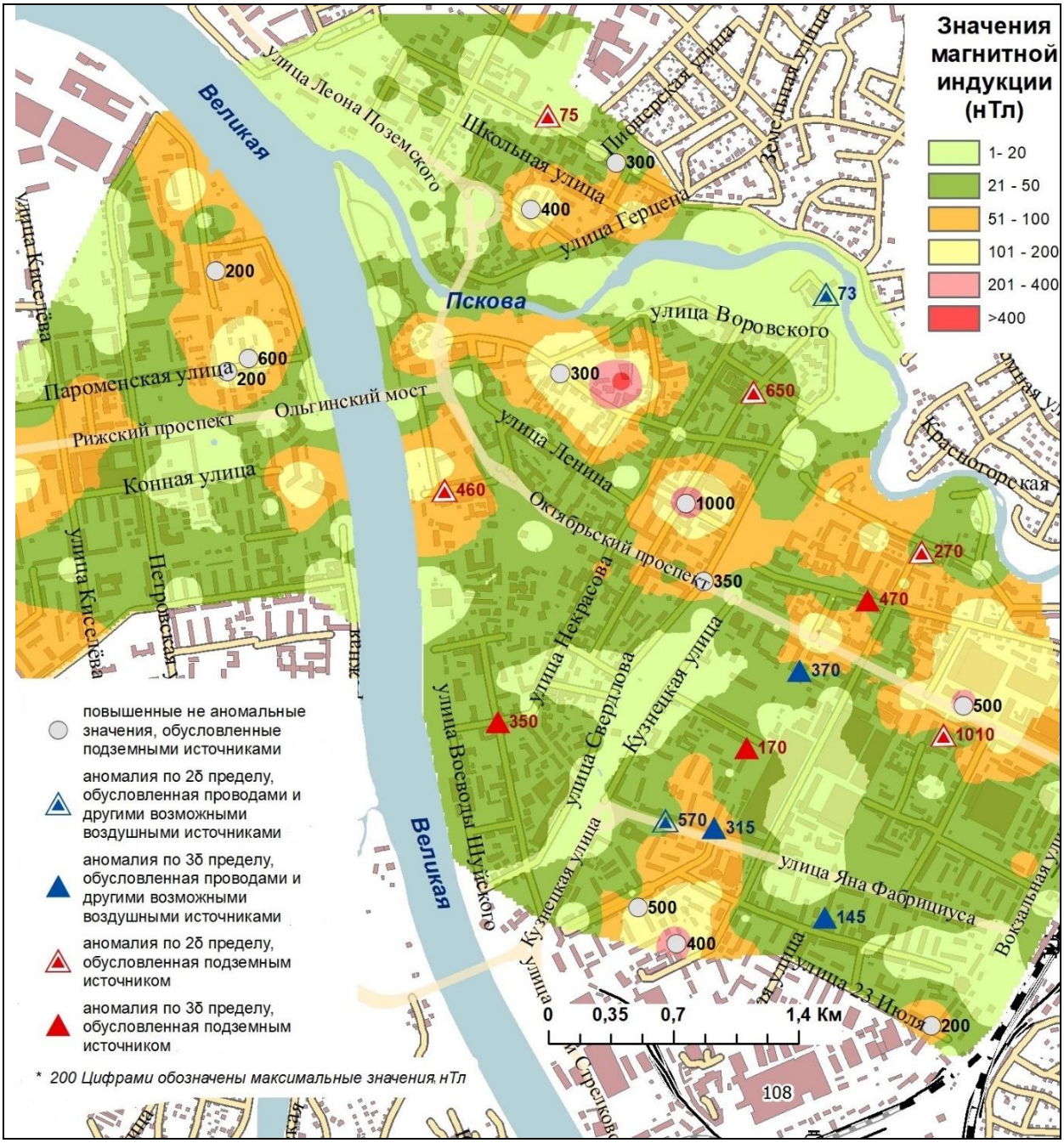


Рис. 1. Пример карты техногенных магнитных полей промышленной частоты

В рамках наших исследований, выполненных в г. Мурино Ленинградской области [22, 23], была предпринята попытка перейти от констатации количественных характеристик, таких как ППЭ, к выявлению факторов и оконтуриванию зон воздействия источников. Расположение базовых станций сотовой связи (БССС) и секторов их излучения доступно на сайте [24], и их наложение на карту интерполированных значений ППЭ позволяет увидеть, что преобладающая часть зон повышенных значений приурочена к зонам наложения секторов от нескольких станций одновременно. При этом излучение каждой из них в отдельности может соответствовать нормативам, но в зонах наложения возможны превышения

(рис. 2). Это указывает на необходимость совершенствования системы нормирования ЭМП.

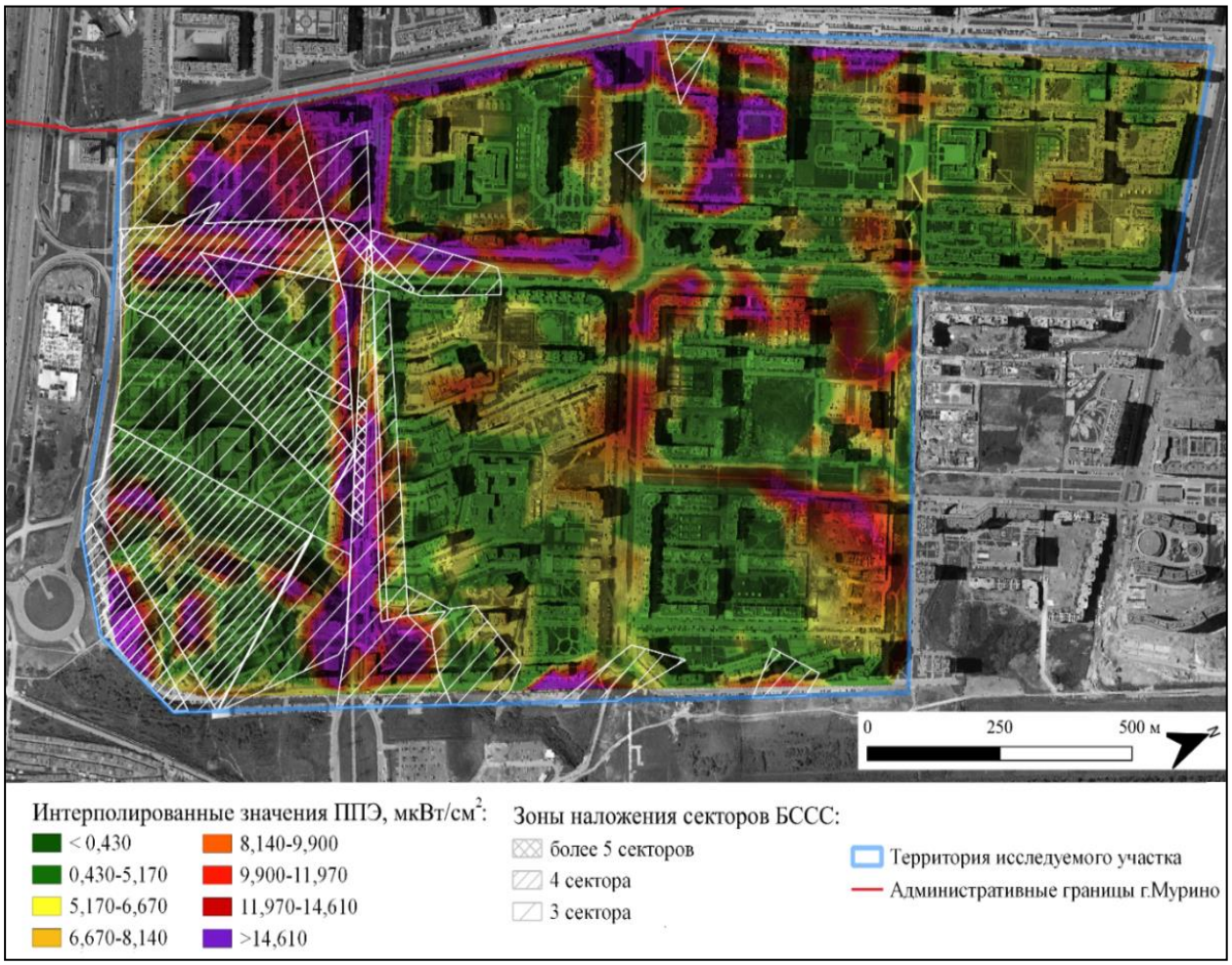


Рис. 2. Карта наложения секторов БССС на интерполированные значения ППЭ в г. Мурино Ленинградской области

Таким образом, картографирование ЭМП является новой, быстро развивающейся областью экологического картографирования. Развитие этой области идет по общеизвестному принципу «от простого к сложному», что в данном случае означает: от ЭМП промышленной частоты к полям радиочастотного диапазона, от выявления источников к картографированию фактических значений и от количественных характеристик к выявлению причин и факторов их формирования.

Особенностью картографирования ЭМП как составной части экологического картографирования является сложность интеграции характеристик электромагнитной обстановки (как фактора окружающей среды) в общие оценки экологической обстановки. Связано это как с недостаточной изученностью медико-биологических последствий ЭМП, так и с крайней сложностью выделения роли этого именно фактора в условиях городской среды.

Литература

1. Стурман В.И. Экологическое картографирование: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2018. – 180 с.

2. Экологический атлас Санкт-Петербурга / Авт.-сост. Горелик Д.О. и др. – СПб.: Экологический союз «Мониторинг»; ВКФ ЛенВО, 1992. – 10 листов карт.

3. Экологический атлас г. Тольятти / Горелик Д.О., Ишанин Г.Г., Конопелько Л.А. и др. – СПб.: НПО "Мониторинг", 1996. – 9 листов карт.

4. Жуков В. Т., Новаковский Б. А., Чумаченко А. Н. Компьютерное геоэкологическое картографирование. – М.: Научный мир, 1999. – 128 с.

5. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем: Монография / В.Н. Довбыш, М.Ю. Маслов, Ю.М. Сподобаев. – Самара: ООО «ИПК «Содружество», 2009. – 198 с.

6. Сивков В.С. Геоэкологическое картографирование электромагнитной обстановки // XIII юбилейная российская науч. конф. профессорско-преподавательского состава, науч. сотрудников и аспирантов: материалы конференции. – Самара, 2006. С. 155.

7. Giliberti1 C., Boella F., Bedini1 A., Palomba1 R., Giuliani L. Electromagnetic Mapping of Urban Areas: The Example of Monselice (Italy) // PIERS ONLINE, VOL. 5, NO. 1, 2009. – Pp. 56-60.

8. Lindgren M., Gustavsson M., Hamnerius Y., Galt S. Mapping of Magnetic Fields in City Environment // Bersani F. (eds) Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. Springer, Boston, 1999. – Pp. 821-822. doi.org/10.1007/978-1-4615-4867-6_196

9. d' Amore G., Anglesio L., Benedetto A. and Tasso M. Background ELF magnetic fields in a great urban area // Bersani F. (eds) Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. Springer, Boston, 1999. – Pp. 327-328.

10. Paniagua, J.M., Jiménez, A., Rufo, M. et al. Exposure to extremely low frequency magnetic fields in an urban area. // Radiat. Environ. Biophys. – 2007. 46. – Pp. 69–76. URL: https://doi.org/10.1007/s00411-006-0081-0

11. Стурман В.И., Логиновская А.Н. Техногенные электромагнитные поля на городских территориях и подходы к их картографированию // Известия РАН. Серия географическая – 2022. – т. 86, № 2. – С. 255–267.

12. Васильев А.В., Бухонов В.О., Васильев В.А. Особенности и результаты мониторинга электромагнитных полей в условиях территории Самарской области // Известия Самарского научного центра РАН -2013. – Т. 15, №3(1). – с. 585-590.

13. Ивлева Я.С. Мониторинг и составление карт электромагнитных полей в условиях города Оренбурга // Достижения вузовской науки – 2016 – №25-2 – с. 183-188.

14. Семенов А.В. Обоснование предельно допустимых норм на индукцию магнитных полей промышленной частоты для человека // Известия Томского политехнического университета – 2012. Т. 321. № 1 – с. 197-200.

15. Christian Brabant, Anton Geerinck, Charlotte Beaudart, Ezio Tirelli, Christophe Geuzaine and Olivier Bruyere. Exposure to magnetic fields and childhood leukemia: a systematic review and meta-analysis of case-control and cohort studies // Reviews on Environmental Health, online first – 2022. URL: https://orbi.uliege.be/handle/2268/289805 DOI 10.1515/reveh-2021-0112

16. Carlotta Malagoli, Marcella Malavolti, Lauren A. Wise, Erica Balboni, Sara Fabbi, Sergio Teggi, Giovanni Palazzi, Monica Cellini, Maurizio Poli, Paolo Zanichelli, Barbara Notari, Andrea Cherubini, Marco Vinceti. Residential exposure to magnetic fields from high-voltage power lines and risk of childhood leukemia // Environmental Research, volume 232, 1 September 2023, 116320 URL: https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116320

17. Стурман В.И. Картографирование загрязнения окружающей среды (на примере Удмуртии). Автореферат дисс. ... доктора геогр. наук. – СПб.,1996. 34 с.

18. Потапов А.А. Экологический мониторинг электромагнитных полей радиочастотного диапазона в условиях города с применением ГИС-технологий // Экология урбанизированных территорий – 2010. – № 3. – С. 20-29.

19. ChaoTang, ChuanjunYang, Regan SiqiangCai,, HongYe,, LinlinDuan,, ZiyanZhang, ZhenhuaShi, KangweiLin,,JinchaoSong, XiaomeiHuang, HongyingZhang, JianboYang, PengCai Analysis of the relationship between electromagnetic radiation characteristics and urban functions in highly populated urban areas // Science of The Total Environment Volume 654, 1 March 2019. – Pp. 535-540. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.143

20. David Hasenfratz, Silvan Sturzenegger, Olga Saukh, and Lothar Thiele. 2013. Spatially Resolved Monitoring of Radio-Frequency Electromagnetic Fields. In Proceedings of First International Workshop on Sensing and Big Data Mining (SENSEMINE'13). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–6. URL: https://doi.org/10.1145/2536714.2536719.

21. Gajšek, P., Ravazzani, P., Wiart, J. et al. Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10 MHz–6 GHz). J Expo Sci Environ Epidemiol 25, 37–44 (2015). URL: https://doi.org/10.1038/jes.2013.40.

22. Стурман В.И., Пищугина А.Д., Черкасов В.А. Особенности формирования электромагнитных полей промышленного и радиочастотного диапазонов в условиях современной жилой застройки высокой этажности // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2024. – Т. 64, № 3. – С. 324-334.

23. Пищугина, А. Д. Учет наложения секторов базовых станций сотовой связи при экологическом мониторинге электромагнитных полей // Вестник СПбГУТ. – 2024. – Т. 2, № 4. С. 7.

24. Карта покрытия сотовой связи и вышек – CellMapper. URL: https://www.cellmapper.net/

4. ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК: 556.3

АНАЛИЗ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ ВОДОЗАБОРА УЧАСТКА НЕДР НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Вереитин Н.А.

E-mail: Nikita.Verik@yandex.com
Научный руководитель: Зайцев Д. А., канд. техн. наук, доц.
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В данной статье на основании проведенных полевых работ, геоинформационного моделирования и статистической обработки данных описаны гидрогеологические условия участка Белгородской области. Изучен водоносный горизонт для питьевого водоснабжения, его взаимосвязь с геологическим строением участка, зависимость от рельефа местности. Также рассмотрены морфометрическая, геоморфологическая обстановки, гидрогеологические условия, даны количественная и качественная оценки формам рельефа.

Ключевые слова: подземные воды, гидрогеологическая модель, градиент напора, морфометрический анализ, водосборные площади.

На территории Белгородской области основным источником водоснабжения населения являются пресные воды турон-маастрихтского и альб-сеноманского водоносных горизонтов. Их воды отличаются повышенной жесткостью, некоторым превышением содержания органического вещества и железа. Также активная техногенная деятельность оказывает влияние на ухудшение показателей качества вод.

С развитием горнодобывающей промышленности и расширением городских агломераций в Белгородской области остро становится вопрос рационального использования ресурсов для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Отсюда появляется необходимость поиска такого источник подземных вод, который будет соответствовать главным критериям: соблюдаться постоянство качественного состава, обеспечиваться экономическая эффективность сооружения новых скважин, возможность использования продолжительное время.

Рассматриваемый регион обладает некоторыми особенностями, которые заключаются в наличии нарушенного режима водоносных горизонтов. Это происходит путем откачек водозаборами и дренажными

системами, из-за чего водоносные отложения осушаются. Вторым процессом нарушения режима является подтопление в районах действия гидротехнических сооружений и техногенной деятельности [2].

Для обеспечения водоснабжения в Белгородском районе используется ряд водозаборов, каждый из которых характеризуется своими особенностями морфометрической, геоморфологической, геологической и гидрогеологической характеристик. Рассматриваемый объект относится к холмистому типу рельефа с перепадом высот 110 м. Склоны изрезаны множеством промоин и вымоин, что свидетельствует об активных водных потоках миллионы лет назад, образовавшие речную долину (рис. 1). Русло реки образовано склонами двух возвышенностей, причем справа от русла наблюдается некая система холмистых образований. На первой надпойменной террасе реки расположен водозабор, пробуренный на сантон-маастрихтский водоносный горизонт. В радиусе 50 км отсутствуют промышленные объекты, которые могут оказывать влияние на водозабор [1].

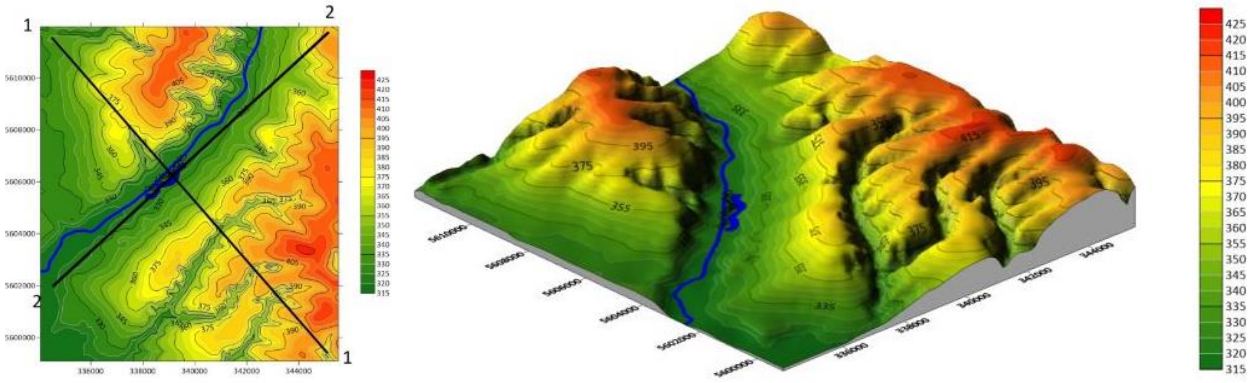


Рис. 1. Объемное изображение рельефа местности и в плане

Питание водоносного горизонта преимущественно поверхностное, за счет деятельности реки и атмосферных осадков, скапливающихся на склонах и вершинах холмов. Для характеристики поверхностного стока были составлены карта и модель профильной кривизны, отражающие кривизну поверхности в направлении максимального градиента (рис. 2). В случае отрицательных значений (обозначены зеленым цветом) происходит ускорение потока и поверхность имеет выпуклую форму. Эти области являются линиями потоков и в них не скапливаются поверхностные воды, развиты процессы денудации. В местах положительных значений (обозначены красным цветом), где поверхность вогнутая, наблюдается замедление потока, скопление вод и аккумуляция обломочного вещества, из-за чего образуются водосборные площади [5].

Исходя из показателей профильной кривизны, выделены основные водосборные площади территории. По своей значимости они равносильны, и собираемый поверхностный сток стекает в русло реки, образуя ручьи.

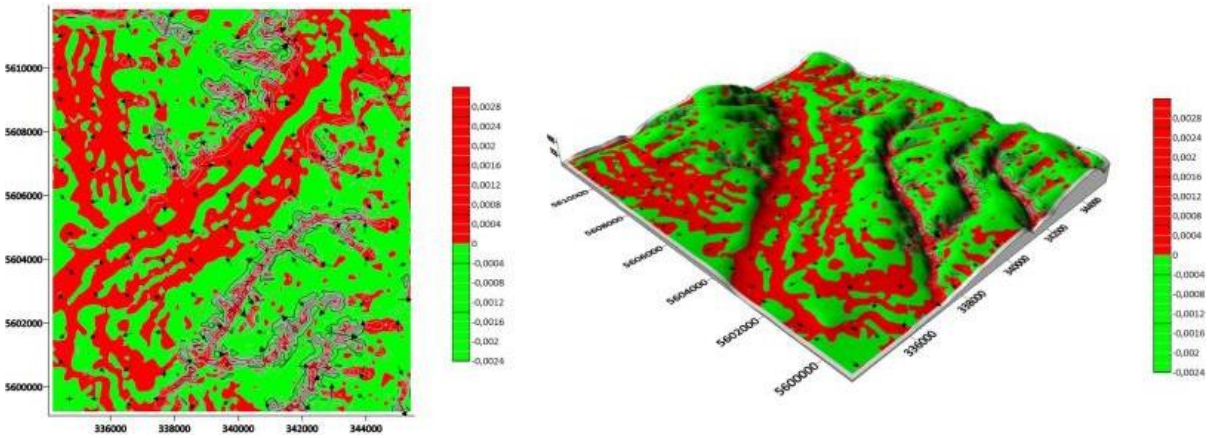


Рис. 2. Карта и 3D модель профильной кривизны

Причем между холмов восточнее от реки, появляются также потоки, которые по понижению рельефа в южном направлении впадают в реку (рис. 3). Черный вектор соответствует направлению линий тока, который отражает поток дождевых вод в данный гидрологический объект.

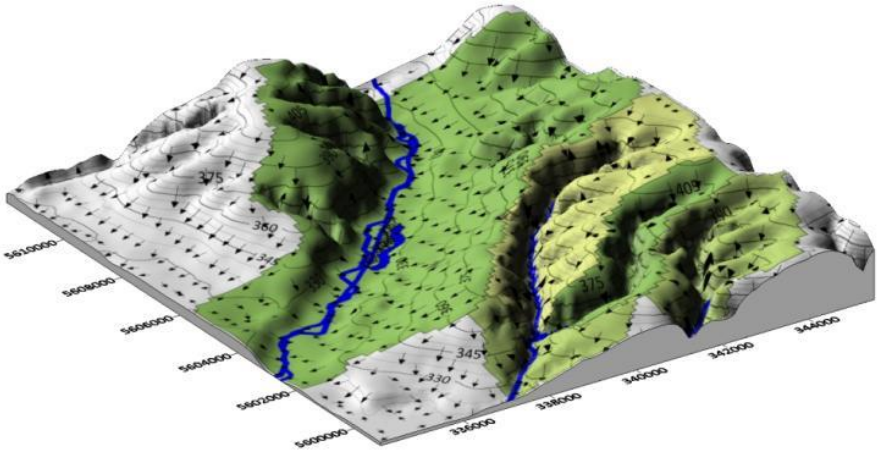


Рис. 3. Расположение водосборных площадей

Используемый для централизованного водоснабжения сантон-маастрихтского водоносный горизонт является напорным, расположен в одновозрастных мелах, перекрыт четвертичными водоупорными суглинками, а подстилается сантонскими мергелями, имеет максимальную мощность порядка 36 м. Наибольшая отметка и резкое увеличение уровня наблюдается в северо-западной части территории. Поток воды расходящийся, стремится по уменьшению абсолютных отметок, к углублениям подстилающих пород и к руслу реки. В данной области присутствует несколько водоразделов, которые образуют расходящиеся потоки в районе перегиба к руслу реки и в южном направлении территории. Сходящиеся направления в углублении подстилающих пород в центральной части. Гидрогеологические особенности водоносного горизонта формируют радиальные и линейные потоки, а также безнапорные зоны (рис. 4) [4].

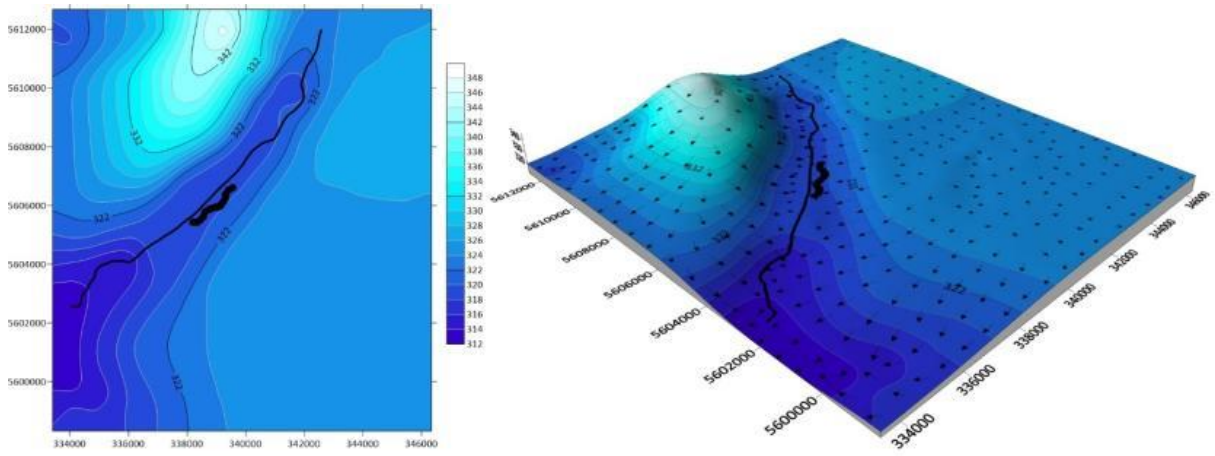


Рис. 4. Графическое отображение водоносного горизонта с линиями тока

Для более полного описания водоносного горизонта был проанализирован градиент напора. В общем понимании градиент напора – это отношение давления воды к толщине фильтруемого грунта. По его показателям можно определить на каких территориях находятся заболоченные земли, где скапливаются подземные воды и в каких частях наоборот наблюдается поток подземных вод.

Значения изменяются от 0 до 0,015. Территория равномерно разделена на зоны где скапливаются подземные воды и где наблюдается их движение. В значениях от до 0,001 равнинная поверхность, подземные воды скапливаются, образуя площади с минимальным движением и потоком. Данная область обозначена зеленым цветом и приурочена больше всего к восточной части территории и руслу реки. Синим цветом отображены зоны, где наблюдается стремительный поток, они находятся в значениях больше 0,001, приурочены к западной, северо-западной частям территории (рис. 5). Данные значения градиента напора отражают напорную зону в западной части, так как кровлей и подошвой являются водоупорные слои и безнапорную на большей части горизонта.

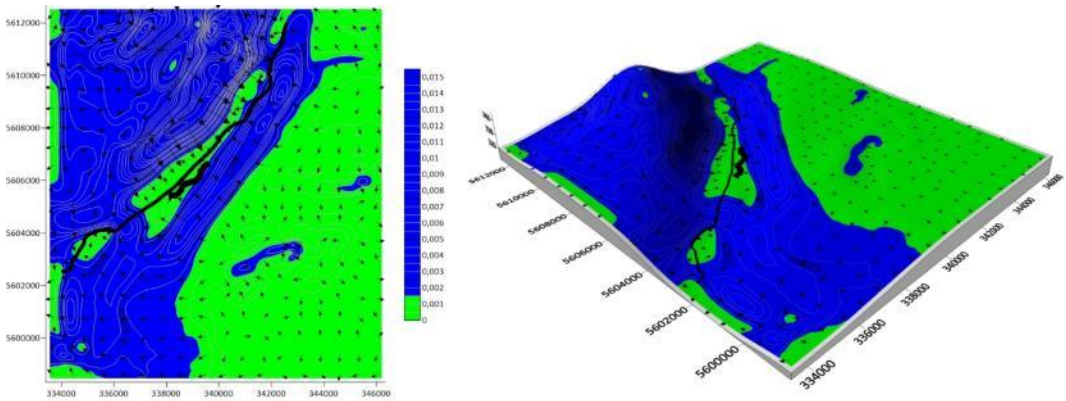


Рис. 5. Распределение градиента напора водоносного горизонта

В концептуальной гидрогеологической модели объемно отображена последовательность залегания литологических слоев, причем наблюдается стратиграфический перерыв в осадконакоплении (рис. 6). Самыми молодыми являются отложения четвертичного возраста (Q) и представлены они делювиальными суглинками. Данный слой находится сразу под почвенно-растительным слоем, которые имеет мощность в Белгородской области как правило 0,2-1,5 м. Суглинки характерны от светло-коричневого цвета до темно-бурого и практически черного. Они наилучшим образом повторяют поверхность рельефа из-за чего изменяетяс мощность от 0 до 88 м.

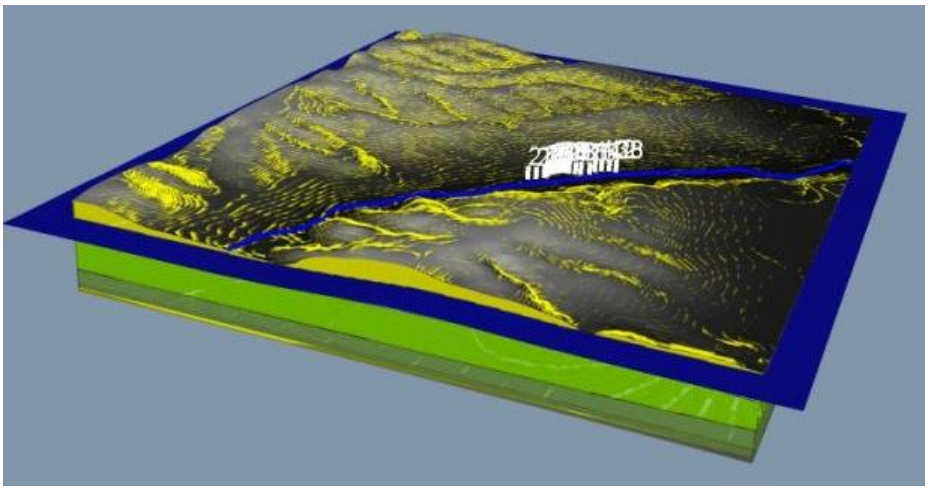


Рис. 6. Гидрогеологическая модель участка недр

Под водоупором находится слой мела сантон-маастрихтского яруса верхнемеловой системы. Распространение по территории области повсеместное, только в северо-восточной части произошло выклинивание эрозией. Толща представлена чистыми, белыми, писчими мелами, с единичными обломками фосфоритов и основной массой пелитоморфных кальцитов, кокколитов, и очень большого количества фораминифириевых раковин. Как раз данный ярус перекрывается с резким стратиграфическим несогласием различными терригенными отложениями от палеогеновых до четвертичных.

Следующим слоем является сантонский мергель, который также выступает в роли водоупорного слоя. Чаще всего в Белгородской области данные отложения не представлены чистым мергелем, это больше мелоподобные образования, причем часто присутствуют глинисто-меловые прослои. В целом, подтверждением такого состава можно считать, что перекрывающими и подстилающими породами являются как раз меловые образования. Мергели светло-серые, характеризуются повышенной плотностью и раковистым изломом. Часто в составе присутствуют кальциты, мелкие раковины фораминифер и тонкого, рассеянного

глинистого составляющего и единичных зерен кварца. Бывает как обводненным так и сухим.

Подстилающими породами мергеля снова являются меловые отложения, но уже турон-коньякского яруса верхнего мела. Породы распространены равномерно и повсеместно, представлены мелами приближенного состава к писчим. Залегают с размывом над песками брянской свиты альб-сеноманского яруса, а перекрываются мергелями подгорненского и терепшанского горизонтов.

Мела данного возраста часто белые, грубые, с прослоями пепла, имеют жесткость на ощупь и в нижней части опесчаненность, а бывают и гравий-фосфоритовые включения. Помимо данных примесей в турон-коньякских мелах, как и в вышележащих мергелях находятся кальциты, мелкие раковины фораминифер, кокколитов, брахиопод и других органических останков, но в меньшем количестве. Мощность этих трех мелоподобных слоев примерно одинаковая по территории от 30 до 68 м.

Далее залегают пески альб-сеноманского возраста, на границе двух систем верхнего и нижнего мела. Имеют повсеместное развитие и залегают также с размывом на подстилающих породах. Из-за структурных особенностей отложения падают в юго-западном направлении и абсолютные отметки имеют отрицательные значения. Мощность изменчива, от 8 до 18-20 м и на это повлиял интенсивные предтуронский размыв.

Толща сложена темными песками, мощностью 12-58 м, цвет образовался из-за значительных примесей глауконита. Часто пески мелкозернистые, иногда тонкозернистые, со слюдистыми, глауконит-кварцевым включениями, в различных частях глинистые из-за подстилающих глин. Ближе к перекрывающим породам наблюдается увеличение карбонатных гнезд и прослоек из-за чего переходит в песчаник сильноизвестковистый, что подтверждается перекрывающими меловыми образованиями. В верхней части разреза слоя увеличивается содержание фосфоритов, но практически полностью отсутствуют органические включения.

Самым нижним слоем и подстилающем для всех вышележащих являются неоком-аптские глины. Оба стратиграфических подразделения относятся к системе нижнего мела. Неокомский возраст пород объединяет отложения от берриаского до баремского ярусов, которые по большей части представлены континентальными глинами, а в нижней части слоя находятся меловые образования. Залегание с размывом на подстилающих юрских глинах и известняках. В слое глин наблюдается чередование с пестроцветными песками в виде тонких прослоек и глинами от красновато-коричневых до серых и голубовато-серых. В верхней части неокомского слоя глины переходят в алевриты сильно глинистые светло серые, с палевым оттенком. Точную мощность определить невозможно, так как

забой скважины находится именно в этих отложениях, а принцип напластования и последовательсность залегания слоев отчетливо видна на геологическом разрезе (рис. 7), проведенном, вдоль русла реки, через водозабор [3].

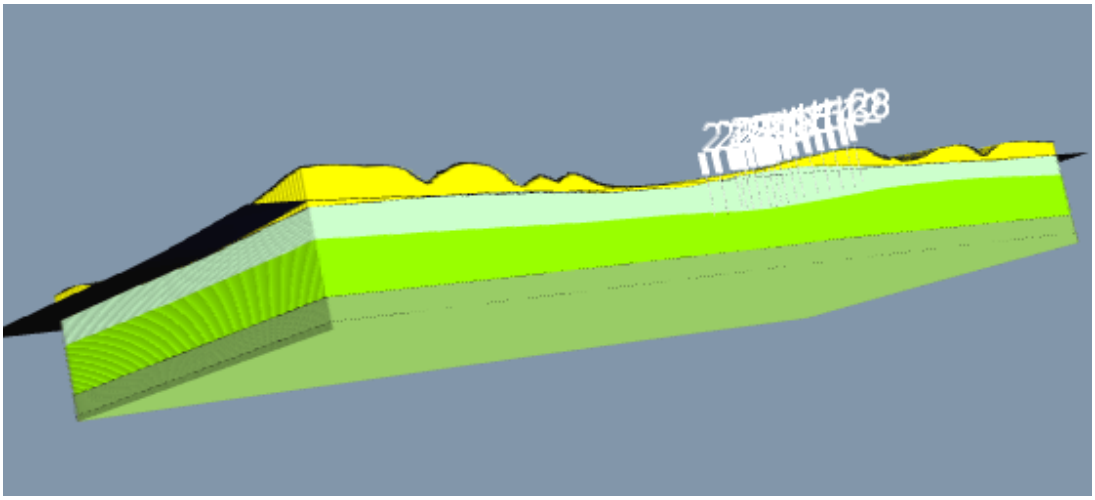


Рис. 7. Геологический разрез вдоль русла реки

Данный участок является перспективным для дальнейшего использования при размещении новых водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения. Эксплуатируемый водозабор, пробуренный на сантон-маастрихтский водоносный горизонт, может обеспечить часть хозяйственно-бытовых потребностей населения. Следует отметить, что в радиусе 50 км отсутствуют предприятия, из-за чего качество воды зависит только от ествественных факторов. Наличие в разрезе водоупорных отложений обеспечиват надежную защиту подземных вод от биологического и химического загрязнения.

Литература

1. Геологическая карта четвертичных отложений Белгородской области. , масштаб: 1:500000 , серия: геологические карты областей Центрального федерального округа РФ., составлена: МПР РФ Центральный региональный геологический центр, 1998 г., редактор(ы): Красненков Р.В.

2. Квачев В. Н. Гидрогеологическая стратификация и районирование Белгородской области для целей водоснабжения // Вестник ВГУ. Серия геология. 2004. № 2.

3. Погорельцев И. А., Петина В. И., Белоусова Л. И., Гайворонская Н. И., Бугаева Е. А. Минерально-сырьевая база Белгородской области как основа развития ее экономики в XXI веке // Региональные геосистемы. 2016. №11. -232 с.

4. Справочник водных ресурсов Белгородской области «Water Resources» : официальный сайт. – 2024. URL: https://waterresources.ru.

5. Хрисанов В. А., Бахаева Е. А. Современные геоморфологические процессы на территории Белгородской области и их антропогенная активизация // Региональные геосистемы. 2011. №15 (110).

УДК 622:502.174

ТЕХНОГЕННЫЕ ОТХОДЫ В ЗАКЛАДОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Ермолович О.В.

E-mail: 1773910@bsuedu.ru
Научный руководитель: Ермолович Е.А., д.т.н., профессор
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В статье анализируется ситуация с накоплением техногенных отходов и их влияние на состояние окружающей среды. Предлагается утилизировать техногенные отходы в композиционных материалах для формирования твердеющего закладочного массива в выработанном пространстве. Установлено, что введение в качестве компонентов составов отходов обогащения железистых кварцитов, кислого доменного шлака, отходов производства известнякового и доломитового щебня, конвертерного шлама позволяет получить удовлетворительную прочность и одновременно утилизировать от 85 до 99,8 масс. % на сухое вещество.

Ключевые слова: доменный шлак; отходы обогащения; отходы известнякового и доломитового щебня; конвертерный шлам

Согласно сведениям, предоставленным Федеральной службой по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), к началу 2021 года общий объем скопившихся в России промышленных и бытовых отходов достиг внушительной отметки в 51,075 миллиардов тонн. При этом, около 90% этого объема приходится на отходы, образующиеся в процессе различных производств, преимущественно связанных с добычей полезных ископаемых. Лидирующие позиции по уровню переработки отходов занимают строительные организации, где этот показатель достигает 91,4 %. Несколько ниже, но также достаточно высок уровень утилизации отходов в сельскохозяйственной отрасли – 77,4 %. Однако, на предприятиях, являющихся основными источниками отходов – в частности, на горнодобывающих производствах – уровень переработки остается существенно ниже и составляет, как и в среднем по стране, всего 39,1 %. На обрабатывающих производствах этот показатель незначительно выше – 43,5 % [5].

Извлечение одной тонны металла из обогащенного сырья влечет за собой образование от 30 до 100 тонн отходов производства (хвостов). Затраты на их утилизацию и складирование составляют от 5 до 8 процентов от общей стоимости получаемой продукции. В настоящее время повторно используются не более 20 % нерудных горных пород,

извлеченных из недр земли, и примерно 10 % отходов, образующихся при обогащении.

В черной и цветной металлургии ежегодно образуется свыше 210 миллионов кубометров отходов горного производства в виде твердых пород и около 140 миллионов кубометров хвостов обогащения [14]. Так по данным Росприроднадзора за 2020 год только выход доменного шлака составил 8,6 млн тонн [11]. Это огромное количество отходов складируется в отвалах и хвостохранилищах, занимая обширные территории, нередко плодородные земли, и представляют собой серьезную угрозу загрязнения окружающей среды.

Для предприятий данные экологические проблемы выливаются в платежи за негативное воздействие на окружающую среду [13].

Применение техногенных отходов в качестве компонентов закладочных композиционных материалов для заполнения отработанных подземных выработок способствует уменьшению вредного воздействия горнодобывающей и металлургической промышленности на окружающую среду. Это позволяет снизить затраты на основное производство и расходы на рекультивационные мероприятия.

Автором в соавторстве разработаны составы закладочных композитов, включающие одновременно отходы обогащения мокрой магнитной сепарации, карбонатные и металлургические отходы. В качестве последних утилизировались: доменный гранулированный шлак 3 сорта и конвертерный шлам [7-10]. Отходы мокрой магнитной сепарации были представлены лежалыми отходами, отобранными из хвостохранидища и текущими, отобранными на обогатительной фабрике.

Доменный гранулированный шлак 3 сорта относится к кислым шлакам, характеризуется отсутствием гидравлической активности, или ее малой величиной.

Гидравлические свойства доменного шлака оцениваются при помощи коэффициента качества (К), который определяют по формулам [2]:

– при содержании окиси магния до 10 %:

$$К = \frac{\%CaO + \%Al_2O_3 + \%MgO}{\%SiO_2 + \%TiO_2}; \quad (1)$$

– при содержании окиси магния более 10 %:

$$К = \frac{\%CaO + \%Al_2O_3 + 10}{\%SiO_2 + \%TiO_2 + \%(MgO - 10)}. \quad (2)$$

В зависимости от коэффициента качества и химического состава доменные шлаки подразделяются на три сорта: для 1 сорта − К=1,65; 2 сорта − К=1,45; 3 сорта − К=1,2.

Кислые шлаки 3 сорта не нашли широкого применения при производстве бетона из-за низкой активности.

Активность любого доменного гранулированного шлака падает при хранении свыше одного года [12].

В наших составах применяли лежалый кислый шлак 3 сорта, который хранился в мешках в течение 4 лет и не обладал гидравлической активностью.

При дроблении известняка и доломита в карьерах образуется существенный объем отходов в виде мелкого щебня (высевок), по фракционному составу напоминающего крупнозернистый песок. Некоторая часть этих отходов находит применение в дорожном строительстве или в аграрном секторе. Однако большая их доля складируется в отвалах [1]. Это приводит к занятию значительных земельных площадей, которые могли бы быть использованы для сельскохозяйственных нужд. Более того, складирование крупных объемов пылеобразного материала отрицательно сказывается на экологической обстановке из-за загрязнения воздуха. Похожая проблема наблюдается и при добыче доломита, когда в процессе его извлечения и первичной переработки количество отходов может достигать 30% от общего объема добываемого сырья [6, 15].

Кондиционные известняк и доломит используются для производства вяжущих. Однако, срок хранения доломитовой муки не более 1 года [3],

В составах применяли лежалую доломитовую муку из отходов доломитового щебня, которая хранилась в мешках боле 6 лет.

При выплавке стали кислородно-конвертерным способом образуется значительное количество железосодержащей пыли, которая улавливается затем в системах мокрой очистки отходящих газов. Выделяемый при этом шлам представляет собой важный сырьевой источник для производства чугуна и стали, так как содержит большое количество железа. Однако утилизация всего объема шламов из-за повышенного содержания в них цинка (более 0,5 %) этим методом не представляется возможной. Большое количество шлама вывозится в шламонакопители [4]. Его утилизация решает проблему экономии природного сырья и существенно снижает нагрузку на окружающую среду.

Для получения вяжущих шлак, доломитовую муку, текущие отходы обогащения и отходы известнякового щебня активировали в каждом случае измельчением в шаровой лабораторной мельнице, в одном составе совместно [9], в остальных раздельно [7,8,10]. В трех составах [8-10] из

четырех цемент не применяли. В качестве заполнителя использовались отходы обогащения мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов текущего производства ОАО «Комбинат КМАруда», лежалые отходы из хвостохранилища, конвертерный шлам.

Предел прочности на сжатие композиционных материалов получили в пределах от 7 Мпа до 13 Мпа в различные сроки твердения.

Валовой состав и количество утилизируемых отходов приводятся в таблице.

Таблица

Валовый состав композитов

№	Расход компонентов (масс. %) при изготовлении закладочных композитов					Количество утилизируемых отходов, масс. % на сухое вещество
	Цемент	Доменный шлак/ конвертерный шлам	Отходы обогащения молотые / лежалые	Отходы доломита / известняка	СП-1, / вода	
1	-	11,28/-	11,28/55,35	-/-	0,09/22	85
2	-	11,5/-	-/56,4	9,4/-	0,135/ 22,565	99,83
3	8	-/12,7	-/56,64	-/-	0,08/ 22,58	89,56
4	-	12/-	-/60	-/10	0,06/ 17,94	85

При интерпретации данных исследований закономерно возникает вопрос о потреблении энергии на процессы тонкого измельчения гранулированного доменного шлака, и отходов переработки руды, доломита и известняка. Учитывая необходимость добычи клинкерных минералов для производства цемента, что влечет за собой экологические последствия, преимущества разработанных закладочных материалов становятся очевидными. В первую очередь, это эффективная утилизация техногенных отходов, составляющих от 85 до 99,83 масс. % на сухое вещество, и оптимальные прочностные характеристики искусственного заклдадочного массива.

Литература

1. Гусенков А.С. Модифицированные мелкозернистые бетоны на основе отсевов дробления известняка: дис. … канд. техн. наук. – М., 2006. – 158 с.

2. ГОСТ 3476–2019 Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цементов. – М.: Стандартинформ. – 2019. – 7 с.

3. ГОСТ 14050-93 Мука известняковая (доломитовая). Технические условия. – Издательство стандартов. – 2003. – 10с.

4. Катренов Б.Б., Жумашев К.Ж., Нарембекова А.К., Карсенбекова Л. А. Использование промышленных отходов // Комплексное использование минерального сырья. – № 1. – 2017. – С. 64–69.

5. Липина Л.Н. Некоторые вопросы управления отходами горного производства // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – №10 (136). – URL: https://research-journal.org/archive/10-136-2023-october/10.23670/IRJ.2023.136.19 (дата обращения: 19.09.2025). – DOI: 10.23670/IRJ.2023.136.19

6. Маслов В.В. Цементные бетоны с использованием отходов доломита и отработанных катализаторов химической промышленности: дис. ... канд. техн. наук. – Пенза, 2001. – 128 с.

7. Патент № 2456456 Российская Федерация, МПК E21F 15/00 (2006.01), (2006.01), C04B 28/08 (2006.01). Твердеющая закладочная смесь: № 2011121908/03: заявл. 31.05.2011: опубл. 20.07.2012 Бюл. № 20 / Ермолович Е.А., Ермолович О.В., Ермолович А.В., Кетов С.Б., Филимонов А.А.; заявитель НИУ "БелГУ"). – 6 с.

8. Патент № 2445464 Российская Федерация, МПК E21F 15/00 (2006.01), (2006.01), C04B 28/08 (2006.01), C04B 111/20 (2006.01). Закладочная смесь: № 2010138006/03: заявл. 13.09.2010: опубл. 20.03.2012 Бюл. № 8 / Ермолович Е.А., Ермолович О.В., Ермолович А.В; заявитель НИУ "БелГУ"). – 6 с.

9. Патент № 2455493 Российская Федерация, МПК E21F 15/00 (2006.01), (2006.01), C04B 28/08 (2006.01). Состав закладочной смеси: № 2011121907/03: заявл. 31.05.2011: опубл. 10.07.2012 Бюл. № 19 / Ермолович Е.А., Ермолович О.В., Ермолович А.В., Изместьев К.А.., Филимонов А.А.; заявитель НИУ "БелГУ"). – 6 с.

10. Патент № 2 513 897 Российская Федерация, МПК E21F 15/00 (2006.01), (2006.01), C04B 28/08 (2006.01). Состав закладочной смеси: № 2012150237/03: заявл. 23.11.2012: опубл. 20.04.2014 Бюл. № 11 / Ермолович Е.А., Ермолович О.В., Изместьев К.А.., Шок И.А.; заявитель НИУ "БелГУ"). – 6 с.

11. Пашкевич М.А., Куликова Ю.А. Современные тенденции управления отходами доменного производства // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14. – № 6. – URL: https://esj.today/PDF/30NZVN622.pdf (дата обращения: 19.09.2025).

12. Технические указания по устройству оснований дорожных одежд из каменных материалов, не укрепленных и укрепленных неорганическими вяжущими. ВСН 184-75 / Минтрансстрой СССР. – М.: Транспорт, 1976. – 36 с.

13. Умнов В.А. Эколого-экономическая оценка управления техногенными месторождениями // Вестник РГГУ. Серия "Экономика. Управление. Право". – 2017. – № 2 (8). – С. 21–29.

14. Чантурия В.А., Вигдергауз В.Е. Инновационные технологии переработки техногенного минерального сырья // Горный журнал. – 2008. – №6. – С. 71–73.

15. Шакиров А.Ш., Точилин Н.В., Гулев Л.П., Завалишин В.А, Шок И.А., Ермолович Е.А. Комплексное использование нерудного металлургического сырья. – М.: Недра, 1998. – 287 с.

УДК 622.5:556.3

ИЗУЧЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОССТАЮЩИХ ДРЕНАЖНЫХ СКВАЖИН ПРИ ОСУШЕНИИ КАРЬЕРА МИХАЙЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА

Кушнерчук В.В.[1], Хаустов В.В.[2], Игнатенко Е.М.[2]

E-mail: kuschner4uk@yandex.ru
[1] АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева», г. Железногорск, Россия
[2] ФГАОУ ВО "Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия

Проведен анализ эффективности функционирования подземного дренажного комплекса карьера Михайловского месторождения КМА, осушение которого производят комбинированно-поверхностным и подземным способом. Выявлено, что в процессе развития фронта горных работ и углубления карьера основная производственная проблематика связана с подработкой горных выработок подземного дренажного комплекса и выход из строя некоторых восстающих дренажных скважин. Проведены натурные исследования восстающих дренажных скважин, позволившие впервые выявить ранее неизученные деформации их обсадных колонн. Для выяснения причин деформаций разрушения скважин выполнено численное моделирование состояния и прогноз напряженно-деформированного состояния массивов пород с использованием «Rocscience». Установлено, что наиболее опасные потенциальные поверхности скольжения в массиве участка Западного штрека №19 приурочены, в основном, к верхнедевонским известковистым глинам. Тангенциальные деформации охватывают также отложения батских песков и верхнедевонских алевритистых глин. В связи со сложившейся опасной геомеханической ситуацией в массивах размещения восстающих дренажных скважин разработаны оперативные рекомендации их защиты.

Ключевые слова: месторождение, подземные воды, подземный дренажный комплекс, восстающие дренажные скважины, деформации.

Михайловское железорудное месторождение, локализованное на северо-западе Курской области, является одним из крупнейших на КМА. Его промышленное освоение открытым способом сопровождается выемкой и перемещением огромных масс горных пород и руд, дренированием внушительного количества подземных вод, что существенно изменяет как гидрогеологические и экологические условия района, так и напряжённо-деформационное состояние массивов горных пород.

Система осушения карьерного поля состоит из двух контуров: *внешний* дренажный контур, включающий в себя сеть дренажных штреков с восстающими дренажными скважинами (далее ВДС), расположенных по периметру карьера и осуществляющих дренаж батского и рудно-кристаллического водоносных горизонтов (частично девонского);

внутренний дренажный контур, осуществляющий дренаж водоносных горизонтов в четвертичных, сеноман-альбских и апт-неокомских отложениях и состоящий из погоризонтных дренажных и водоотводящих канав с перепускными скважинами для сброса воды в дренажные выработки.

Длительное функционирование дренажного комплекса карьера способствует, с одной стороны, образованию и развитию депрессионных воронок в водоносных горизонтах и комплексах, увеличению мощности обширной зоны аэрации, увеличению градиентов напоров и скорости потоков, то есть формированию контрастных техногенных гидрогеодинамического и гидрогеохимического режимов. В свою очередь, техногенный гидрогеологический режим способствует активизации разнообразных инженерно-геологических процессов – осыпей, обвалов, оползней, оплывин, суффозии, объемных деформаций в массивах пород и пр., которые способны приводить, например, к нарушению нормальных условий эксплуатации ВДС подземного дренажного комплекса (далее ПДрК) и другим нежелательным последствиям. С другой стороны, в результате постоянного развития фронта горных работ и углубления карьера подземные горные выработки ПДрК общей протяженностью около 3 км уже оказались в зоне подработки, что самым негативным образом отражается на состоянии и эффективности функционирования системы осушения карьера в целом [1].

Развитие отмеченных выше процессов носит прогрессирующий характер в пространственно-временном отношении и негативно влияет, в частности, на продолжительность жизненного цикла дренажных выработок ПДрК. В этой связи, для надежного обеспечение выполнения планов МГОКа по добыче 50 млн. т руды в год на период до 2032 г. исследования гидрогеологических и геомеханических процессов в пределах функционирующего карьера весьма актуальны.

На сегодняшний день негативное воздействие горного предприятия и крупных водозаборов на подземные воды района Михайловского месторождения уже привело к образованию депрессий регионального масштаба ($R=n\times100$ м…$n\times100$ км) и существенному истощению запасов подземных вод нижнего (подкелловейского) водоносного комплекса. Так, воронка депрессии в батском водоносном горизонте имеет в плане форму эллипса, вытянутую в северо-восточном и юго-западном направлениях с относительно крутыми уклонами крыльев в приконтурной части карьера, особенно северной, и более пологими по периферии. Размеры воронки по большой оси достигают 80…90 км, по малой – 60…70 км, при этом её контур достиг области питания водоносного горизонта, а водопонижение изменяется от 75 м до 110 м. Батский водоносный горизонт уже на

значительной площади вокруг карьера приобрел безнапорный характер, зона безнапорного режима прослеживается с севера на юг на 18…20 км, с запада на восток – на 12 км. Это при том, что в естественных условиях батский водоносный горизонт характеризовался напорным режимом с возрастанием напоров в юго-западном направлении до 200 м и более. Однако, в целом, темп роста депрессий в подкелловейских водоносных горизонтах при современных объемах водоотлива замедляется и стабилизируется [2-4].

Таким образом, гидрогеологические условия месторождения можно характеризовать как сложные, а естественный режим подземных вод в пределах месторождения в результате мероприятий по его осушению существенно нарушенным.

Осушение отложений надкелловейского комплекса, сбор дождевых и паводковых вод осуществляется с помощью прибортовых дренажных канав общей протяженностью совместно с канавами в карьере, включая нагорные канавы, более 60 км. Вода из них отводится к отстойникам и зумпфам водосбросных скважин и по ним перепускается в горные выработки подземного дренажного комплекса (ПДрК). Последний включает в себя 5 шахтных стволов и 67.4 км дренажных горных выработок (в обслуживании находятся 37.5 км штреков), расположенных в трех уровнях: горизонт +50м, горизонт -20 м, горизонт -100 м, горизонт – 225 м (рис. 1).

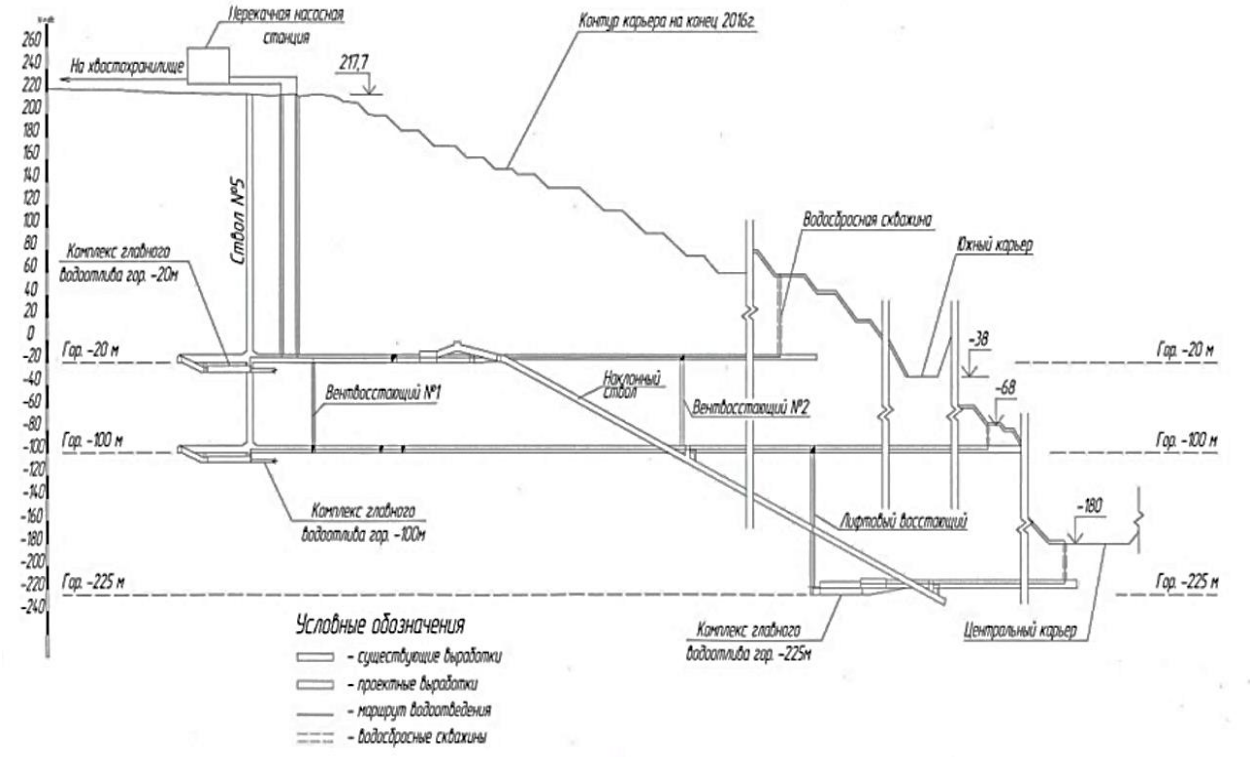


Рис. 1. Схема водоотведения карьера МГОКа

Шахтный водоотлив слагается из подземных вод, поступающих из ВДС и из трещинных зон кристаллических пород, за счет прибортового дренажа апт-сеноманского горизонта и сбора атмосферных осадков (среднее значение за последние 5 лет – 21 068 175 м^3). Подземные воды при этом составляют 79 % от общего объема водоотлива, а наибольшая доля в нем приходится на батский водоносный горизонт – до 77 %. Часть дренажных вод используется на технические нужды комбината – в среднем 395729 м^3 воды в год [5].

Состояние горных выработок ПДрК, в целом, удовлетворительное. Однако практика эксплуатации ПДрК свидетельствует о том, что основная производственная проблематика связана с подработкой его горных выработок карьером, а также с выходом из строя некоторых ВДС.

Высокоэффективный, экологически безопасный способ осушения месторождений КМА на основе систем восстающих дренажных скважин, сооружаемых из подземных горных выработок и эксплуатируемых в режиме постоянного снижения уровня вод дренируемого горизонта разработан в ОАО «ВИОГЕМ» [6, 7]. Способ отлично себя зарекомендовал и широко внедрен, в том числе и в системе осушения карьерного поля МГОКа. Однако, в процессе эксплуатации ВДС выяснилось, что некоторые из них способны частично или полностью выходить из строя. Для определения причин нарушения технологического режима работы и аварий восстающих скважин выполнено их обследование с использованием фото- и видеофиксации совместно с сотрудниками ОАО «ВИОГЕМ» (А.Ю. Шемякин, И.С. Крючков). Обследование производилось методом видеоинспекции с использованием видеозонда ВСП-200D (ОАО «ВИОГЕМ», 2006 г.), разработанным с применением наиболее прогрессивных и инновационных технологий микропроцессорного программирования и современных электронно-цифровых компонентов, предназначенный для изучения скважин глубиной до 200 метров.

По результатам рекогносцировочного обследования вышедших из строя дренажных скважин выявлено, что в 9 из 22 скважин отсутствует возможность погружения прибора в связи с закрытой задвижкой, наличием полога и т.д. В доступных скважинах (13 шт.) выполнено обследование стенок обсадной колонны при помощи видеометрии и выявлены разрывы и смещения обсадных колонн скважин. Разрывы обсадной трубы ВДС располагаются преимущественно в пределах аргиллитистых глин девонского возраста (табл. 1) [8].

В целом, появление подобных разрывов связывается с геомеханическим и инженерно-геологическим факторами в связи с набуханием глин при попадании в них воды из батского водоносного горизонта.

Таблица 1

Скважины, обследованные при помощи видеозонда ВСП-200D

№, п/п	Номер, дата введения в эксплуатацию, мм.гггг;	Дебит, $м^3$/час	Дата остановки, гггг; дебит, $м^3$/час	Крайняя высотная точка съемки зонда, м	Абсолютная отметка «пробки» в скважине, м	Литологический состав и возраст отложений «пробки»	Наличие и характер повреждения обсадной трубы, абсолютная отметка точки разрыва, м	Продолжи-тельность функцнони-рования, лет
Северо-центральный штрек №1								
1	В-132 08.1990	120	2015 0,10	55	63,2	D_3 глина алевритистая	Срез обсадной колонны 72,9	25
2	В-324 05.2004	10	2008 0,30	73	отсутствует	-	Срез обсадной колонны 76,6	4
3	В-351 09.2006	35	2020 0,20	8,5	18,4	D_3 брекчия рудно-глинистая	Срез обсадной колонны 56,4	14
Квершлаг ствола №6								
4	В-197 10.1992	80	2015 0,10	49	61,6	D_3 глина алевритистая	Срез обсадной колонны 78,6	23
5	В-299 04.2000	100	2021 1,0	50,5	64,95	D_3 глина плотная	Срез обсадной колонны 85,45	21
6	В-315 04.2002	50	2018 0,50	34	46,78	D_3 глина алевритистая	Срез обсадной колонны 77,8	16
Западный штрек №19								
7	В-218 09.1993	20	2001 0,10	100	отсутствует	-	Срез обсадной колонны 71,1	8
8	В-391 07.2011	50	2016 0,30	71,5	57,5	D_3 , глина алевритистая, песок алевритистый	Срез обсадной колонны 66,9	5

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Юго-западный штрек								
10	В-320 01.2003	50	2018 0,20	5,5	- 4,4	D_3 глина алевритистая	Срез обсадной колонны 65,2	15
Северо-западный штрек №2								
11	В-265 07.1996	100	2021 0,10	13	19,9	D_3, пестроцветные глины	Срез обсадной колонны 72,1	25
12	В-267 08.1996	25	2014 0,30	49	55.2	D_3 , пестроцветные глины	Срез обсадной колонны 76,2	18
13	В-287 10.1998	20	2013 0,50	78	отсутствует	-	-	15

Также не исключено влияние сейсмического воздействия буровзрывных работ на геомеханические процессы в прибортовой зоне карьера. Разрывы обсадных колонн свидетельствуют о наличии смещений в слоях девонского возраста, что может служить основанием для расширения существующей сети глубинного геомеханического мониторинга [8-10].

В целях прогноза сдвижения породного массива и уточнения причин аварий ВДС выполнено численное моделирование его НДС с использованием «Rocscience» – программной системы конечно-элементного анализа, используемой для решения задач инженерной геотехники и проектирования. На разрезе (рис. 2) приведены все потенциальные поверхности скольжения в массиве участка Западного штрека №19 с коэффициентом запаса устойчивости ниже единицы. Метод расчета: Моргенштерн-Прайс, критерий разрушения соответствует критерию прочности Мора-Кулона (Mohr-Coulomb) [11].

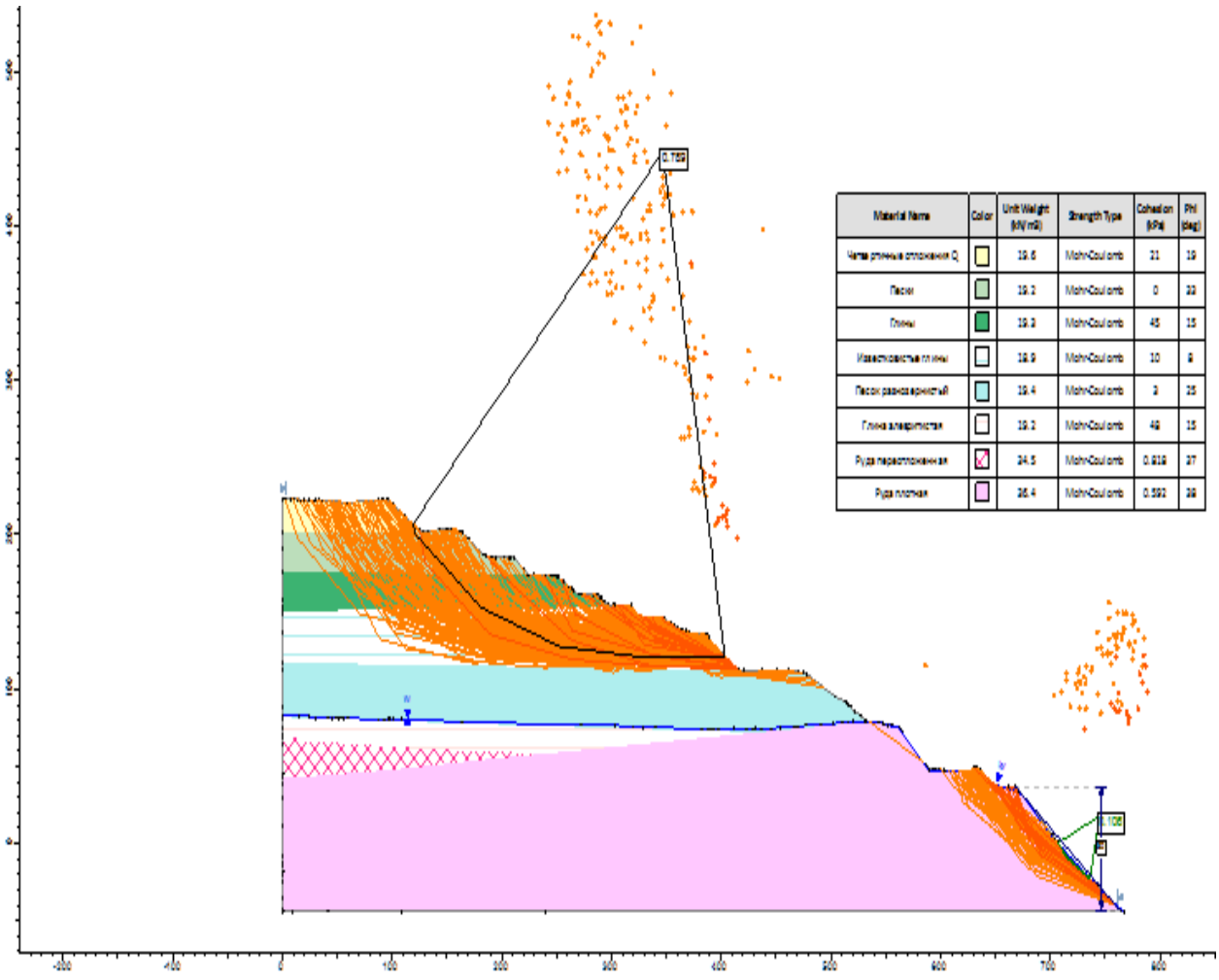


Рис. 2. Потенциальные поверхности скольжения (ППС) в массиве участка Западного штрека №19

Разрушение горной породы наступает, если на некоторой площадке тела с нормалью *n*, на которой действует нормальное *sn* и касательное *tn* напряжения, возникает предельное состояние в виде неупругого сдвига (скольжения). При этом, промежуточная компонента тензора напряжений не учитывается в описании напряженного состояния.

Как видно на рисунке 2, наиболее опасные ППС приурочены, в основном, к участкам, где залегают известковистые глины (D_3). Вместе с этим, очевидно, тангенциальные деформации охватывают также отложения батских песков и верхнедевонских алевритистых глин, о чем свидетельствует литологический состав и возраст отложений «пробки» скважины В-391 (см. табл. 1).

В связи со сложившейся опасной геомеханической ситуацией в массивах размещения восстающих дренажных скважин, разработаны оперативные рекомендации, включающие:

- продолжение видеообследования всех доступных для изучения ВДС в пределах ПДрК для геометризации зон деформаций и обсадных колонн в плане и по глубине;
- увеличение частоты замеров дебитов водопонижающих скважин для наиболее точного выявления времени выхода их из строя;
- проведение измерения внутреннего сечения обсадной колонны на определенных интервалах в целях уточнения причин разрушения ВДС;
- совершенствование конструкции фильтровых колонн с подбором фильтровой зоны для недопущения прорывов воды и выноса обводненных пород по стволу скважины (изготовление фильтров без термической обработки, что увеличит заданную первоначальную скважность, целостность и водопропускную способность установленного фильтра);
- разработка численных геомеханической и гидрогеологической моделей в пределах исследуемых массивов горных пород с учетом дополнительной обводненности зоны дезинтеграции скального горного массива по причине вышедших из строя восстающих дренажных скважин;
- расширение области исследований геомеханических процессов в пределах всего прибортового массива по дополнительной сети глубинного геомеханического мониторинга с увеличением ее заглубления вплоть до зоны выявленных разрывов обсадных колонн.

Таким образом, проведенные исследования восстающих дренажных скважин ПДК МГОК позволили впервые выявить ранее неизученные деформации их обсадных колонн с последующим выбыванием дрен из строя и их причины.

Результаты приведенных исследований могут быть востребованы при дренаже карьерных полей восстающими дренажными скважинами не только на КМА, но и на прочих месторождениях, схожих по геолого-гидрогеологическим условиям.

Литература

1. Петин А.Н. Рациональное недропользование в железорудной провинции Курской магнитной аномалии : проблемы и пути их решения [Текст] : дис. ... д-ра геогр. наук : 25.00.36. – Астрахань, 2010. – 341 с.

2. Опыт освоения и осушения месторождения в сложных гидрогеологических условиях / А.В. Козуб, Р.И. Исмагилов, Б.П. Бадтиев [и др.] // Горная промышленность. – 2019. – № 5 (147). – С. 12–14.

3. Исследование и оценка воздействия Михайловского ГОКа на подземные и поверхностные воды и разработка мероприятий, снижающих уровень экологической опасности / Е.В. Кичигин, А.В. Киянец, М.В. Кумани. – Железногорск. – 1998. – 228 с.

4. Основные направления цифровизации гидрогеологических процессов на Михайловском ГОКе им. А.В. Варичева / В.Н. Квачев, Е.В. Леонтьева, В.В. Хаустов [и др.] //Горная промышленность. – 2020. – №3. – С. 91-97.

5. Гидрогеологическое обоснование эффективной работы подземного дренажного комплекса карьера Михайловского ГОКа имени А. В. Варичева / В.В. Кушнерчук, В.В. Хаустов, Л.А. Семенова [и др.] // Маркшейдерия и недропользование. – 2025. – Т. 25. – №2. – С. 84-91.

6. Трубецкой К.Н., Волков Ю.И., Изотов А.А., Пономаренко Ю.В. Осушение глубокозалегающих месторождений полезных ископаемых системами восстающих дренажных скважин – технология будущего» / Сборник материалов «Неделя горняка– 2006». – Белгород. – 2006. – С. 175–184.

7. Пономаренко Ю.В. Способ осушения бортов глубоких карьеров с помощью систем комбинированных дренажных устройств // Горный журнал. – 2014. – №7. – С. 52-54.

8. Кушнерчук В.В., Хаустов В.В., Тюпин В.Н., Семенова Л.А., Карнюшкин А.И. О проблеме эксплуатации восстающих дренажных скважин при осушении Михайловского месторождения (Курская магнитная аномалия) // Маркшейдерия и недропользование. – 2024. – №3. – С. 80-88.

9. Кушнерчук В.В., Хаустов В.В., Ермолович Е.А., Семенова Л.А., Симонян В.В. Влияние подработки горных выработок подземного дренажного комплекса на процессы осушения карьера Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева (Курская магнитная аномалия) //Маркшейдерия и недропользование. – 2024. – №4. – С. 47-55.

10. Хаустов В.В., Кушнерчук В.В. Некоторые проблемы эксплуатации восстающих дренажных скважин на Михайловском ГОКе / межвузовский сборник научных трудов «Гидрогеология и карстоведение» /отв. ред. В.В. Фетисов; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2023. – Вып. 21. – С. 21-31.

11. Кургузов К.В., Фоменко И.К. Основополагающие математические модели грунтов в практике геотехнического моделирования. Обзор // Естественные и технические науки. – 2019. – Т. 131. – № 5. – С. 240–247.

УДК 502.55

МОНИТОРИНГ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Мырадов П.С., Агаев А.Я.

E-mail: pvm87818@gmail.com
Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары

Мониторинг геологической среды является важнейшей составляющей системы природоохранных мероприятий, обеспечивающих устойчивое развитие территорий и предотвращение негативных последствий хозяйственной деятельности. В статье рассмотрены цели, задачи и современные методы мониторинга геологической среды, а также обозначены перспективы использования цифровых технологий и искусственного интеллекта для повышения эффективности контроля и прогнозирования геодинамических процессов.

Ключевые слова: мониторинг, среда, задачи, факторы, структура, методы

Введение. Современное общество сталкивается с возрастающими рисками, связанными с изменением состояния геологической среды. Интенсивное природопользование, урбанизация, добыча полезных ископаемых и изменение климата приводят к активизации экзогенных и эндогенных геологических процессов, что требует создания эффективной системы мониторинга. Под мониторингом геологической среды понимается комплексная система регулярных наблюдений, анализа и прогноза состояния литосферы и связанных с ней процессов.

Основные цели мониторинга заключаются в:

– выявлении изменений в геологической среде под воздействием природных и антропогенных факторов;

– прогнозировании опасных геологических процессов;

– разработке мероприятий по предотвращению или снижению ущерба;

– информационном обеспечении органов власти и хозяйственных структур.

Ключевые задачи включают: наблюдение за деформациями земной коры, оценку состояния грунтовых вод, контроль устойчивости инженерных сооружений, а также регистрацию параметров сейсмической и тектонической активности.

Методы и технологии мониторинга:

Современный мониторинг геологической среды базируется на применении комплекса методов:

1. Геофизические методы – сейсморазведка, гравиметрия, магнитометрия, позволяющие выявлять подземные структуры и динамику их изменений.

2. Геодезические методы – высокоточные спутниковые измерения (GPS/GNSS), лазерное сканирование и фотограмметрия для фиксации деформаций земной поверхности.

3. Гидрогеологический мониторинг – наблюдение за изменением уровня и состава подземных вод, включая контроль загрязнения.

4. Дистанционное зондирование Земли – использование спутниковых снимков и беспилотных летательных аппаратов для оценки масштабов геологических процессов.

5. Информационные технологии – создание геоинформационных систем (ГИС), цифровых моделей рельефа и применение методов машинного обучения для прогнозирования георисков.

Применение и значение:

Мониторинг геологической среды применяется в различных областях:

– при проектировании и эксплуатации инфраструктурных объектов (дорог, плотин, зданий);

– в горнодобывающей промышленности для контроля техногенных деформаций;

– в природоохранной деятельности для предупреждения экологических катастроф;

– при оценке сейсмической опасности и разработке мер гражданской защиты.

Перспективы развития:

Внедрение цифровых технологий открывает новые горизонты в развитии мониторинга. Использование искусственного интеллекта и больших данных позволяет формировать более точные прогнозы и сценарии развития геодинамических процессов. Особое внимание уделяется созданию автоматизированных систем раннего предупреждения о возможных чрезвычайных ситуациях.

Перспективы развития мониторинга геологической среды включают расширение использования передовых технологий, таких как спутниковый мониторинг, геоинформационные системы (ГИС), роботизированные системы и искусственный интеллект (ИИ). Эти технологии позволяют получать более точные и своевременные данные о состоянии земной коры, подземных вод, а также о техногенных воздействиях.

Основные направления развития:

Спутниковый мониторинг: Использование спутников, оснащенных радарами с синтезированной апертурой (SAR) и высокоточных GPS-

систем, позволяет отслеживать деформации земной поверхности, такие как оседание, поднятие и сдвиги, с точностью до миллиметров. Это критически важно для контроля устойчивости крупных инженерных сооружений, таких как дамбы, мосты и здания в зонах сейсмической активности.

Геоинформационные системы (ГИС): ГИС позволяют интегрировать данные из различных источников (спутники, наземные датчики, геологические карты) в единую модель. Это облегчает анализ пространственных данных, моделирование геологических процессов и прогнозирование рисков. С помощью ГИС можно создавать детальные карты опасных зон и принимать обоснованные решения по планированию землепользования.

Роботизированные системы и дроны: Беспилотные летательные аппараты (дроны) используются для сбора данных в труднодоступных и опасных районах. Они могут быть оснащены камерами высокого разрешения, тепловизорами и лидарами для создания трехмерных моделей местности, обнаружения утечек газов и мониторинга состояния склонов. Подводные роботы-аппараты (ROV) применяются для исследования дна океанов и морей, а также для мониторинга подводных трубопроводов.

Искусственный интеллект и машинное обучение: ИИ играет ключевую роль в обработке и анализе больших объемов данных, получаемых с помощью вышеперечисленных технологий. Алгоритмы машинного обучения могут выявлять скрытые закономерности в данных, прогнозировать землетрясения, оползни и другие природные катастрофы, а также оптимизировать работу систем мониторинга, автоматизируя рутинные задачи и повышая точность прогнозов.

Новые вызовы и возможности:

Развитие технологий мониторинга геологической среды открывает новые возможности для более эффективного управления природными и техногенными рисками. Однако оно также ставит новые вызовы, связанные с необходимостью обработки и хранения огромных массивов данных, а также с развитием специализированного программного обеспечения и подготовкой квалифицированных кадров.

В целом, перспективы развития мониторинга геологической среды связаны с переходом от дискретных измерений к комплексному, непрерывному и автоматизированному мониторингу, позволяющему оперативно реагировать на изменения и минимизировать риски для окружающей среды и населения.

Заключение. Мониторинг геологической среды является необходимым инструментом для обеспечения безопасности населения, рационального природопользования и устойчивого развития территорий. Дальнейшее

развитие данного направления связано с интеграцией традиционных геологических методов с цифровыми технологиями и глобальными системами наблюдений.



Рис. 1. Экологический мониторинг

Литература

1. Королев В.А. Мониторинг геологической среды: методы и технологии. – Издательство МГУ, Москва, 1995 г., 272 с.

2. Забураева Х.Ш. Геоэкологический потенциал устойчивого развития: эволюция понятия и его структура // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественный и медицинские науки. – 2014. – Вып. 1. – С. 175-181.

3. Тупицына О.В, Шишкин В.Я., Быков Д.Е., Пыстин В.Н., Конкин Д.И. Метод мониторинговых исследований эффективности применения геофизического мониторинга противофильтрационных экранов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 27, № 2, 2025. – 187-193.

4. Song W, Song W, Gu H, Li F. Progress in the Remote Sensing Monitoring of the Ecological Environment in Mining Areas. *International Journal of Environmental Research and* Public Health. 2020; 17(6):1846. https://doi.org/10.3390/ijerph17061846.

5. Tim J. Wright. Future of Remote Sensing for Geohazards and Resource Monitoring. In: Chaussard, E., Jones, C., Chen, J.A., Donnellan, A. (eds) Remote Sensing for Characterization of Geohazards and Natural Resources. Springer Remote Sensing/Photogrammetry. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-59306-2_28 – 2024. – pp 533–55

УДК 622.271.32:622.02

МОНИТОРИНГ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА КАРЬЕРАХ КМА

Ростовцева А.А., Лубенская О.А.

E-mail: rostovtseva@bsuedu.ru, lubenskaya@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В статье определены основные проблемы обеспечения безопасности при эксплуатации карьеров КМА. Приведен алгоритм мониторинга геомеханической безопасности на железорудных месторождениях КМА, некоторые методы проведения мониторинга.

Ключевые слова: мониторинг, опасные производственные объекты, деформации, коэффициент запаса устойчивости, критерии безопасности, превентивные меры защиты

Ежегодно предприятиями региона Курской магнитной аномалии добывается более 170 млн. тонн железной руды. Горнорудные комплексы АО «Стойленский ГОК», АО «Лебединский ГОК», ООО «Яковлевский ГОК», АО «Комбинат КМАруда» и ПАО «Михайловский ГОК» обеспечивают более 60 % от общего объема добычи железной руды в Российской Федерации. Согласно положениям Федерального закона Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» горнорудные комплексы КМА являются опасными производственными объектами [1].

Железорудные карьеры Курской магнитной аномалии (Лебединский, Стойленский и Михайловский) являются сложными инженерными сооружениями, представляющими собой выемки в верхней части литосферы объемом более 2,0 млрд. м^3, при этом протяженность транспортных коммуникаций достигает 250 км, площадь земельных отводов более 5000 га. Принимаемые технические решения оказывают влияние не только на экономические показатели работы горно-обогатительных комбинатов, а также на экономические, социальные и экологические последствия в регионе КМА в целом [2].

При разработке карьеров можно выделить пять периодов с продолжительностью 10-15 лет каждый [3]: строительство; период освоения проектной мощности; период начала оформления постоянных бортов на предельном контуре; период оформления постоянных бортов в полускальных и скальных породах; период доработки. В настоящее время на железорудных месторождениях КМА осуществляется третий период – формирование постоянных бортов в породах осадочной толщи. Для этого этапа характерно повышение уровня грунтовых вод, вызванное

подтоплением промышленных площадок, а также фильтрацией из хвостохранилищ и отвалов. На всех карьерах КМА была проведена корректировка проектов, связанная с изменением направления фронта добычных работ, что привело к ухудшению инженерно-геологических условий, так как горные работы теперь ведутся на территориях, где ранее располагались отвалы рыхлой вскрыши, а их основания имеют сложный рельеф с балками и оврагами. Еще одним фактором, влияющим на устойчивость бортов карьеров, является возросшая мощность проводимых массовых взрывов.

В сложившихся условиях необходимо строго следовать ключевым принципам управления состоянием бортов карьеров, которые были формулированы академиком В.В. Ржевским:

1. Борта карьера должны обеспечивать безопасное ведение горных работ.
2. Откосы бортов карьеров должны обеспечивать экономичность разработки месторождения.
3. Величина используемого при расчетах коэффициента запаса устойчивости должна определяться по стадиям (проектирование, вскрытие месторождения, эксплуатация при подходе к предельному контуру).
4. В сложных условиях при больших глубинах разработки необходимы специальные инженерные меры для управления состоянием бортов карьеров;
5. На карьерах должны быть созданы специальные службы наблюдения за устойчивостью бортов и контроля проводимых мероприятий.

Несоблюдение данных принципов при производстве горных работ на железорудных карьерах КМА приводит к инцидентам, авариям, гибели людей, что наносит существенный экономический ущерб.

Производство горных работ на карьерах КМА осуществляется в сложных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях. Поэтому вопросы управления устойчивостью откосов бортов и уступов карьеров имеют первостепенное значение, особенно при постановке бортов карьеров в предельное положение в осадочной толще мощностью более 100 метров. Существующие условия создают предпосылки для возникновения аварий. Для железорудных карьеров КМА, заложенных в породах осадочной толщи, характерны масштабные деформации, затрагивающие значительные по протяженности участки уступов и бортов и достигающие в ряде случаев 500 и более метров. Объемы таких деформаций составляют более 500 тыс. $м^3$, а экономический ущерб может достигать несколько миллионов рублей.

Для предотвращения аварийных ситуаций на опасных производственных объектах в соответствии с Федеральными законами Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных

производственных объектов», «О недрах» требуется вести постоянный мониторинг за состоянием бортов карьеров.

В соответствии с требованием [5] на объектах ведения открытых горных работ II класса опасности и при комбинированной разработке месторождения в эксплуатирующей организации должна быть создана и функционировать специальная группа по мониторингу и прогнозу устойчивости бортов, уступов, откосов. К работе данных групп могут привлекаться научные организации. К задачам специальной группы относятся: анализ результатов, полученных в процессе мониторинга устойчивости (маркшейдерских, геотехнических, гидрогеологических и иных наблюдений); изучение выявленные нарушения устойчивости и установление причины их возникновения; прогнозирование возникновения опасных ситуаций; оценка риска развития деформаций и вероятности нарушения устойчивости бортов, уступов, откосов; разработка противодеформационных мероприятий.

Согласно [6] различают два вида мониторинга: долгосрочный (5 и более лет) и оперативный мониторинг.

К основным целям и задачам долгосрочного мониторинга относятся [6, 7]:

− обнаружение признаков и прогноз развития крупномасштабных деформаций;

− своевременное оповещение технического руководителя о превышении критериев безопасности;

− разработка превентивных мероприятий по противодействию развития деформаций.

Основными задачами оперативного мониторинга являются [6, 7]:

− обнаружение признаков развития деформаций в рабочей зоне;

− оперативный контроль устойчивости откосов;

− своевременное оповещение технического руководителя о развитии деформационных процессов;

− разработка мероприятий по обеспечению устойчивости откосов бортов карьеров.

В результате многолетнего сотрудничества с ведущими горнодобывающими предприятиями в регионе КМА позволило научному коллективу Института наук о Земле НИУ «БелГУ» разработать алгоритм мониторинга геомеханической безопасности на опасных производственных объектах при разработке железорудных месторождений КМА, который представлен на рис. 1 [1].

При разработке алгоритма учитывались нормы действующих Федеральных законов Российской Федерации, нормативных и правовых актов, сводов правил, методических указаний, инструкций, технологических регламентов и проектов на производство горных работ,

с учетом критериев безопасности при возникновении рисков на опасных производственных объектах.

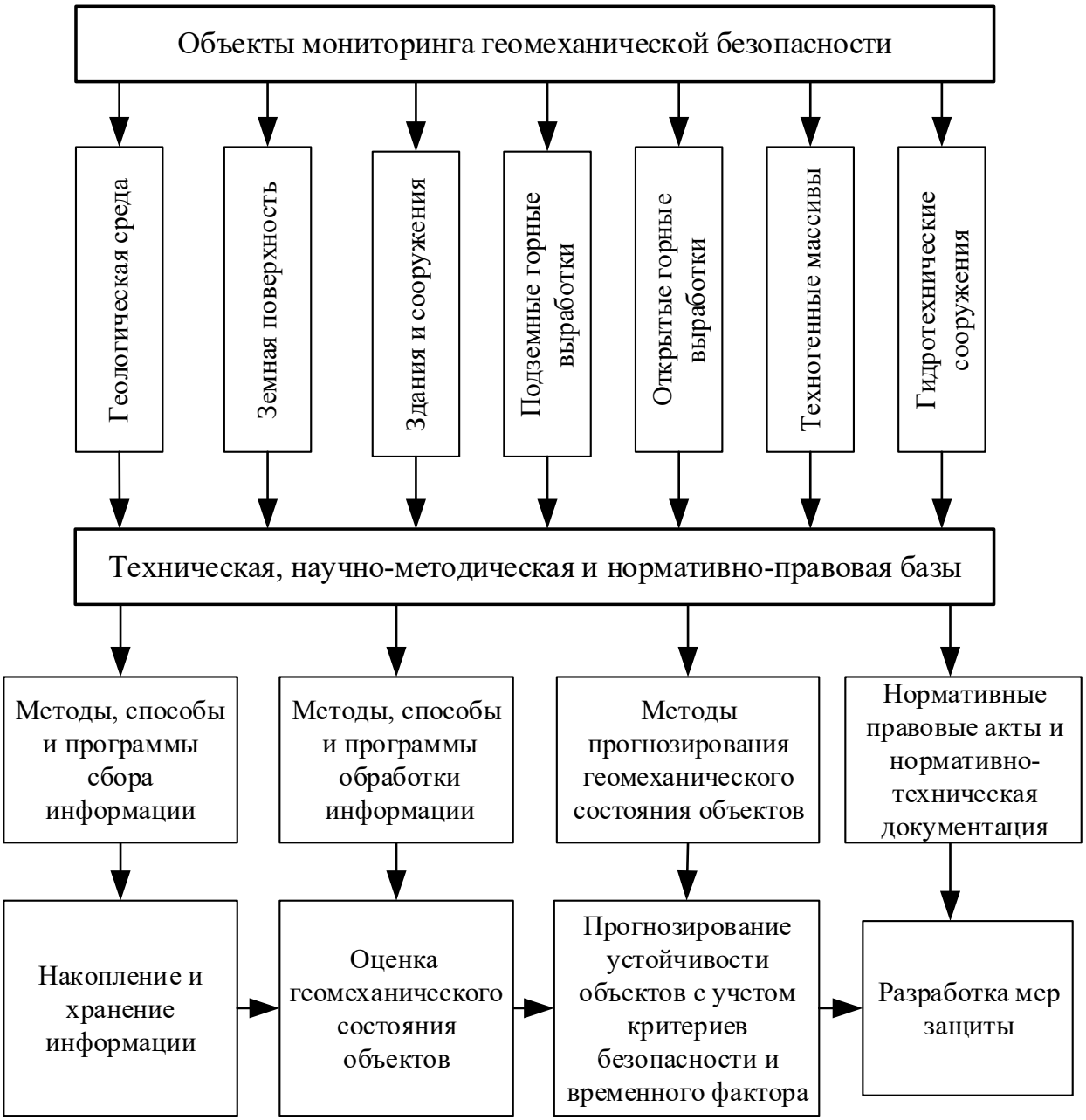


Рис. 1. Алгоритм мониторинга геомеханической безопасности на опасных производственных объектах

В настоящее время для мониторинга устойчивости уступов и бортов карьеров КМА применяются глобальные навигационные системы GPS, однако они не могут обеспечить II класс точности геодезических инструментальных наблюдений, поэтому их рекомендуется использовать в качестве вспомогательного контроля [8]. Для проведения мониторинга геомеханической безопасности уступов и бортов карьеров на АО «Лебединский ГОК» и АО «Стойленский ГОК» рекомендуется

использовать высокоточное оборудование, такое как электронные тахеометры Leica TM-30 и сканирующие системы ScanStation C10, которые успешно зарекомендовали себя при сборе данных для разработки превентивных мер защиты опасных производственных объектов.

В НИУ «БелГУ» для оценки устойчивости уступов, бортов карьеров и ярусов отвалов разработан комплекс программ, прошедших государственную регистрацию: «OtkosKRUG», «Otkos.log», «Otkos1. Otkos-1. Расчет безопасности параметров откосов» и «Slope Stability Calculator» [9, 10, 11]. Данные программы позволяют выполнять расчет безопасных параметров откосов и коэффициента запаса устойчивости (критерий безопасности) методом алгебраического сложения сил, рекомендованного [5]. Комплекс программ по управлению устойчивостью откосов бортов карьеров и ярусов отвалов успешно себя зарекомендовал в условиях разработки железорудных месторождений КМА.

Литература

1. Лодяный Д.А., Храмцов Б.А., Ростовцева А.А., Лубенская О.А. Мониторинг промышленной безопасности при разработке железорудных месторождений КМА // Горный журнал. – 2022. – № 11. – С. 52-57.

2. Климова Е.В., Храмцов Б.А., Рыбка О.А. Обеспечение безопасности работ при формировании бортов карьеров // Известия высших учебных заведения. Горный журнал. – 2006. – № 4. – С. 63-65.

3. Ильин А.И., Гальперин А.М., Стрельцов В.И. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах. – М.: Недра, 1985. – 248 с.

4. Ржевский В.В., Ревазов М.А. Принципы управления состоянием бортов глубоких карьеров // Горный журнал. –1975. – № 1. – С. 38-40.

5. Приказ Ростехнадзора от 13.11.2020 № 439 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов» // СПС КонсультантПлюс

6. Методические указания по оценке рисков развития деформаций, мониторингу и управлению устойчивостью бортов и уступов, карьеров, разрезов и откосов отвалов. – М.: ИПКОН РАН, 2022. – 90 с.

7. Рыльникова М.В., Клебанов Д.А., Рыбин В.В., Розанов И.Ю. Контроль и управление геомеханическим состоянием и устойчивостью конструктивных элементов горнотехнических конструкций карьеров на основе сбора и анализа больших данных // Горная промышленность. – 2024. – № 4. – С. 121-128.

8. Методические указания по созданию, контролю и реконструкции маркшейдерско-геодезических сетей на горных предприятиях с использованием спутниковой аппаратуры. – Л.: ВНИМИ, 1997. – 43 с.

9. Храмцов Б.А., Ростовцева А.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009616344 «Otkos.log1», 2009.

10. Храмцов Б.А., Ростовцева А.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008615512 «Otkos1», 2008.

11. Храмцов Б.А., Лубенская О.А., Лубенский А.Н., Ростовцева А.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015616606 «Slope Stability Calculator», 2015.

УДК 622.8

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ КРУПНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ НА ОТВАЛАХ

Храмцов Б.А., Бабушкин К.С.

E-mail: khramtsov@bsuedu.ru
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

Статья посвящена анализу причин крупных техногенных аварий на отвалах при открытой разработке месторождений полезных ископаемых в СССР и Российской Федерации за последние 35 лет. Рассмотрены основные факторы, влияющие на устойчивость откосов отвалов, включая инженерно-геологические и гидрогеологические условия, физико-механические свойства пород, а также технологические параметры отвалов. Особое внимание уделено оползневым процессам, их стадиям развития и последствиям, включая экологический и экономический ущерб. На примере аварий на внешних отвалах АО «Михайловский ГОК» и АО «Сибирский антрацит» выявлены недостатки в проектировании и реконструкции отвалов, связанные с недостаточной изученностью геологических условий и использованием единых методик расчета устойчивости откосов. Предложены рекомендации по соблюдению новых правил, утвержденных Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, для повышения безопасности горных работ.

Ключевые слова: техногенные аварии, отвалы, устойчивость откосов, оползни, инженерно-геологические условия, гидрогеологические условия, физико-механические свойства пород, горные работы, реконструкция отвалов, безопасность горных работ

Анализ крупных техногенных аварий в СССР и Российской федерации за последние 35 лет на отвалах, при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом, свидетельствует о том, что они происходят с периодичностью в среднем 6 лет. Данные по нарушениям устойчивости откосов отвалов, с учётом их объемов, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Техногенные аварии на отвалах

№ п/п	Название отвала и ГОКа	Объём, млн. м^3	Год
1	Внешний отвал «Ингулецкий ГОК»	20,0	1988
2	Внешний отвал «Норильский ГМК»	60,0	1992
3	Внешний отвал №7 АО «Михайловский ГОК»	20,0	1997
4	Внутренний отвал разреза «Северная депрессия»	3,0	2005
5	Внешний отвал №7 АО «Михайловский ГОК»	20,0	2015
6	Внешний отвал Елбашинский АО «Сибирский антрацит»	20,0	2020

Вопросам нарушения устойчивости откосов уступов, бортов карьеров и отвалов посвящены научные работы [1-9], выполненные учёными России, в которых охарактеризованы виды оползневых процессов, влияние на устойчивость откосов инженерно-геологических и гидро-геологических условий, физико-механических свойств пород и технологических процессов, влияние подземные и поверхностные воды, недостаточная геологическая изученность, наличие поверхностей ослабления в массиве, неверно выбранные параметры откосов, отклонение от проектных параметров, процессы выветривания и выпадение атмосферных осадков.

Устойчивость отвалов определяется их геометрическими параметрами, физико-механическими свойствами пород, отсыпаемых в отвалы и прочностными характеристиками пород их оснований. Поэтому в результате несоответствия основных технологических параметров отвалов (высот ярусов и отвалов, углов наклона ярусов и генеральных углов откосов отвалов, длины рабочего фронта и его скорости подвигания, порядка отсыпки в пространстве и во времени, способа отвалообразования), конкретным инженерно-геологическим условиям, обусловливающим прочность породных масс отвалов и их оснований, происходит нарушение устойчивости откосов.

Наиболее опасным и довольно распространенным видом деформаций отвальных масс являются оползни.

Для оползней отвалов характерны три стадии развития деформаций откосов [1, 5, 6]:

– скрытая, характеризующаяся периодом от начала развития микро-подвижек в массиве до появления видимых признаков формирования оползня;

– активная, охватывающая период с момента появления видимых признаков разрушения массива до начала стадии затухания деформаций;

– затухающая, которая характерна для периода смещения оползневых масс с уменьшающейся скоростью до полного прекращения смещения.

Для активной стадии развития оползней надподошвенного и подошвенного типов характерно быстрое смещение породных масс, представляющее большую опасность для людей и горнотранспортного оборудования.

Наиболее опасный вид деформаций откосов как оползни всегда возникает при несоответствии (превышении) параметров отвала физико-механическим свойствам пород в теле и основании отвала, то есть тогда, когда по поверхности скольжения сдвигающие силы превышают силы сопротивления сдвигу и происходит нарушение предельного равновесия.

Наибольшее влияние геологические условия оказывают на устойчивость внешних отвалов при размещении их на наклонном слоистом основании, падающем в сторону откоса, когда сопротивление сдвигу

по слоистости (контакту) меньше сопротивления сдвигу пород в отвале.

При возникновении деформаций развиваются, как правило, подошвенные и подподошвенные оползни.

В любом случае отвалы следует рассматривать как сложные инженерные сооружения вместе с основанием, на которое они отсыпаются.

Приведенный в работах [1, 2] опыт, свидетельствует о существенном влиянии гидрогеологических факторов на состояние устойчивости отвалов. К ним относятся: наличие водоносного горизонта в основании отвала; избыточное поровое давление, развивающееся в породах отвала и его основании; высачивание воды на откос, вызывающее оплывание пород и влажность пород.

На железнодорожном отвале рыхлой вскрыши №7 АО “Михайловский ГОК” начиная с 90-х годов прошлого столетия постоянно происходили оползневые процессы, которые в 1997 году привели к крупной техногенной аварии общим объёмом 20 млн м^3. Экономические затраты на ликвидацию аварии вылились в огромную сумму, которая составила десятки миллионов рублей, а может быть и более, хотя в документах по расследованию аварии сумма ущерба составила менее одного млн. рублей. Результаты данной техногенной аварии до настоящего времени не ликвидированы полностью, потому что в районе оползня до сих пор происходит сдвижение отвальных масс в сторону русла рек Чернь и Речица. Проследить изменение русла реки Речица можно на основе космических снимков за 2013 и 2025 года (рис. 1, 2).



Рис. 1. Формирование откосов отвала №7 на левом берегу канала (2013 год)



Рис. 2. Развитие оползневых процессов на отвале №7 (2025 год)

Анализ космических снимков свидетельствует о том, что техногенные массы отвала переместили русло реки Речицы в сторону деревни Остапово. Для обеспечения свободного течения реки Речица был прорыт канал в сторону реки Чернь. Данный канал приходится постоянно поддерживать в рабочем состоянии, так как в результате оползневого процесса происходит его постоянное разрушение, что требует больших экономических затрат на его восстановление. Кроме экономических затрат был нанесён экологический ущерб окружающей природной среде, который обусловлен полным перекрытием техногенными массами пойм рек Речица и Чернь.

В качестве примера рассмотрим аварии, которые произошли на внешнем железнодорожном отвале №7 АО “Михайловский ГОК” в 2015 году и внешнем отвале Елбашенский АО “Сибирский антрацит” в 2020 году.

Многие из вышеперечисленных факторов, которые приводят к возникновению крупных техногенных аварий в виде оползней при эксплуатации отвалов и их реконструкции, были выявлены в результате проведения расследования аварий на АО “Михайловский ГОК” и АО “Сибирский антрацит”.

Данные аварии на внешних отвалах привели к образованию крупных оползней объёмом 20 млн м^3 тогда, когда на отвалах производилась отсыпка верхних ярусов по проектам, разработанных с целью увеличения их приёмной емкости. То есть осуществлялась реконструкция отвалов.

При разработке новых проектных решений связанных с реконструкцией отвалов небыли детально изучены инженерно-геологические и гидрогеологические условия их формирования, которые изменились на момент реконструкции отвалов. В основании отвалов произошло скопление

воды, появился водоносный горизонт, наличие которого существенно снизило физико-механические свойства глин и суглинков, залегающих в их основании, а также способствовало появлению порового давления. Поэтому геометрические параметры внешних отвалов на АО “Михайловский ГОК” и АО “Сибирский антрацит” были рассчитаны в проекте без учёта изменений инженерно-геологических и гидрогеологических условий, что привело к ошибочному решению при выборе безопасных параметров откосов ярусов и генеральных углов наклона отвалов, а также их высот на придельном контуре.

Параметры техногенных оползней на внешнем железнодорожном отвале №7 и внешнем отвале Елбашенский отличаются незначительно друг от друга: объём оползней составил 20 млн. м^3, длина фронта 700-800 метров, глубина оползней 400-500, высота 100-120 метров, генеральные углы наклонов откосов отвалов 6-8 градусов, углы наклона осадочных пород, залегающих в основании, изменяются от 0 до 3 градусов.

В соответствии с разработанными проектами высоту отвалов было рекомендовано увеличить на 50-60 метров.

Причины аварий в первую очередь заключаются в отсутствии практических и теоретических навыков главных специалистов горных предприятий в области обеспечения устойчивости откосов отвалов; низком уровне контроля за состоянием устойчивости откосов со стороны геолого-маркшейдерской службы горных предприятий; отсутствием специалистов геомехаников на горных предприятиях, владеющих методами оценки устойчивости откосов; не выделением руководством компаний средств для решения горно-технических проблем и научных исследований в области устойчивости откосов при разработке месторождений полезных ископаемы открытым способом; в недостаточной подготовке специалистов геомехаников и геолого-маркшейдерской службы для решения вопросов обеспечения безопасности ведения горных работ в области управления устойчивостью откосов при строительстве, эксплуатации и реконструкции отвалов; использовании проектными организациями отличающихся друг от друга подходов, методов и методик при выборе безопасных параметров откосов отвалов.

В ноябре 2020 года Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ были утверждены "Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов", выполнение которых позволит на более высоком уровне решать вопросы по обеспечению безопасности ведения горных работ при формировании отвалов. В данных правилах чётко прописаны требования к инженерно-геологическим исследованиям, определению физико-механических свойств пород, залегающих в основании отвалов и техногенных масс при их формировании, а также рекомендовано расчёты

безопасных параметров откосов ярусов отвалов, осуществлять методом алгебраического сложения сил [10].

Выполнение требований новых правил проектными и научно-исследовательскими организациями позволит, осуществлять расчёты при выборе безопасных параметров откосов ярусов отвалов по одной и той же методике на всех этапах проектирования, эксплуатации и реконструкции отвалов, и тем самым повысить безопасность ведения горных работ при их формировании.

Литература

1. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М.: Недра, 1965. – 377 с.

2. Ильин А.И., Гальперин А.М., Стрельцов В.И. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах. – М.: Недра, 1985. – 248 с.

3. Попов И.И., Окатов Р.П. Борьба с оползнями на карьерах. – М.: Недра, 1980. – 240 с.

4. Певзнер М.Е. Борьба с деформациями горных пород на карьерах. – М.: Недра, 1978. – 265 с.

5. Демин А.М. Закономерности проявлений деформаций откосов в карьерах. – М.: Наука, 1981. – 144 с.

6. Туринцев Ю.И., Половов Б.Д., Гордеев В.А. Геомеханические процессы на открытых горных работах. – Сведрловск, 1984. – 56 с.

7. Крячко О.Ю. Управление отвалами открытых горных работ. – М.: Недра, 1989. – 255 с.

8. Храмцов Б.А., Абдул Батен Абдул Захир, Ростовцева А.А. Разработка и совершенствование методов расчета устойчивости откосов / Материалы XII национальной конференции с международным участием по открытой и подводной добыче полезных ископаемых, 26—30 июня, Варна, Болгария, 2013. – С. 297—301.

9. Управление устойчивостью отвалов рыхлой вскрыши железорудных карьеров КМА. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 2. С. 66–72. © Б.А. Храмцов, М.В. Бакарас, А.С. Кравченко, М.А. Корнейчук. 2018.

10. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору: приказ от 13 ноября 2020 года N 439. – Текст : электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации : [сайт]. – URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=466110.

5. МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

УДК 551.5:577.2

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ: ВЫЗОВЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ В СОВРЕМЕННУЮ ЭПОХУ

Агвердиева Н.С.

E-mail: nagverdiyeva@mail.ru
Научный руководитель: Новиков А.В., преподаватель
Российский государственный социальный университет, Москва, РФ

В статье рассматривается антропогенное изменение климата как глобальная экологическая и социально-экономическая проблема современности. Анализируются основные причины изменения климата, включая выбросы парниковых газов и деятельность человека, а также прямые и косвенные последствия для природных экологических систем и хозяйственной деятельности. Особое внимание уделяется влиянию климатических изменений на биоразнообразие, сельское хозяйство, водные ресурсы и здоровье населения. Кроме того, обсуждаются стратегии адаптации и смягчения последствий, направленные на устойчивое развитие и повышение устойчивости экосистем и обществ в условиях изменяющегося климата.

Ключевые слова: изменение климата, глобальное потепление, антропогенное воздействие, парниковые газы, адаптация к климату, устойчивое развитие.

Введение. Антропогенное изменение климата перестало быть предметом научных дискуссий и превратилось в одну из самых серьезных проблем, стоящих перед человечеством в XXI веке. Повышение средней глобальной температуры, вызванное выбросами парниковых газов, в первую очередь CO_2, оказывает комплексное и многогранное воздействие на все природные системы и, как следствие, на основы мировой экономики и жизнедеятельности общества. Цель данного доклада – систематизировать информацию о ключевых воздействиях климатических изменений на окружающую среду и проанализировать последствия для основных секторов хозяйственной деятельности, а также обозначить пути адаптации и смягчения последствий [1].

Научная основа: причины и механизмы климатических изменений

Климатическая система Земли изменяется из-за усиления парникового эффекта – естественного процесса, при котором газы в атмосфере (водяной пар, CO_2, метан, закись азота) задерживают часть теплового излучения планеты. Индустриальная деятельность человека, начиная с XIX века, привела к резкому росту концентрации этих газов.

Сжигание ископаемого топлива (угля, нефти, газа) для производства энергии.

Промышленные процессы и выбросы.

Изменение землепользования, в первую очередь вырубка лесов, которые являются естественными поглотителями углерода.

Сельское хозяйство, особенно животноводство (выбросы метана) и использование удобрений (выбросы закиси азота).

Эти действия нарушили естественный энергетический баланс планеты, что привело к глобальному потеплению. По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), средняя глобальная температура уже повысилась примерно на 1,1 °C по сравнению с доиндустриальным уровнем, и этот процесс продолжает ускоряться [2].

Воздействие на окружающую среду

Последствия изменения климата носят глобальный и часто необратимый характер, затрагивая все компоненты экосистем.

Криосфера: таяние льда. Сокращение ледового покрова Арктики: Площадь и толщина арктических морских льдов стремительно уменьшаются, что приводит к усилению поглощения солнечной радиации океаном (эффект альбедо) и дальнейшему ускорению потепления.

Деградация вечной мерзлоты. Таяние многолетнемерзлых грунтов в Сибири, Канаде и на Аляске высвобождает огромные количества метана, что создает петлю положительной обратной связи. Это также приводит к разрушению инфраструктуры, построенной на вечной мерзлоте.

Отступление горных ледников. Таяние ледников угрожает устойчивому водоснабжению миллионов людей, особенно в регионах, зависящих от ледникового стока (например, в Центральной Азии).

Гидросфера: изменение режима Мирового океана. Повышение уровня моря вызвано тепловым расширением воды и таянием ледниковых щитов Гренландии и Антарктиды. Это приводит к эрозии береговых линий, затоплению низколежащих территорий (малые островные государства, дельты рек, такие как Нила и Меконга), засолению пресноводных источников и грунтовых вод.

Закисление океана. Океан поглощает около 30 % антропогенного CO_2, что приводит к снижению его pH. Это нарушает процесс кальцификации и угрожает существованию морских организмов с кальциевыми раковинами и скелетами (кораллы, моллюски, планктон), разрушая основы морских пищевых цепей.

Изменение океанических течений: Нарушение термохалинной циркуляции (например, Гольфстрима) может привести к резким и непредсказуемым изменениям региональных климатов.

Экстремальные погодные и климатические явления. Изменение климата не только повышает среднюю температуру, но и увеличивает частоту, интенсивность и продолжительность экстремальных явлений:

– Волны жары: становятся более частыми и интенсивными, приводя к тепловым стрессам, пожарам и повышенной смертности.

– Засухи: усиливаются в засушливых регионах, приводя к деградации земель и опустыниванию.

– Наводнения и экстремальные осадки: Теплая атмосфера содержит больше влаги, что приводит к более интенсивным ливням и катастрофическим паводкам.

– Тропические циклоны: становятся более мощными, с большим количеством осадков и более высокой скоростью ветра.

Нарушение биоразнообразия и экосистем

Смещение ареалов видов: Животные и растения мигрируют в поисках подходящих условий (как правило, к полюсам или вверх по склонам гор), что нарушает сложившиеся экологические связи.

Массовое вымирание: виды, не способные адаптироваться или мигрировать, оказываются под угрозой исчезновения. Особенно уязвимы коралловые рифы, которые обесцвечиваются и гибнут из-за потепления и закисления воды.

Изменение сезонных циклов: нарушаются сроки миграции, цветения растений и размножения животных, что приводит к асинхронности в пищевых цепях (например, птицы могут прилететь слишком поздно, чтобы найти пищу в виде гусениц) [4].

Влияние на хозяйственную деятельность человека: воздействие на природу напрямую сказывается на экономике, создавая системные риски для стабильности и развития [3].

Сельское и лесное хозяйство.

– Снижение урожайности: Засухи, жара и наводнения уничтожают посевы. Изменение режима осадков делает традиционные методы земледелия неэффективными.

– Изменение зон земледелия: Традиционные «зерновые пояса» могут смещаться, требуя смены культур и огромных инвестиций в новые сельскохозяйственные регионы.

– Распространение вредителей и болезней: Теплые зимы позволяют вредителям и патогенам выживать и расширять свои ареалы.

Лесное хозяйство: учащение лесных пожаров, вспышки размножения короедов и снижение продуктивности лесов наносят огромный экономический ущерб.

Водные ресурсы

– Водный стресс: Изменение режима выпадения осадков и таяние ледников приводят к дефициту пресной воды для питья, орошения и промышленных нужд. Более половины мирового населения может столкнуться с нехваткой воды.

– Конфликты: Конкуренция за ограниченные водные ресурсы может обострить геополитическую напряженность в трансграничных бассейнах рек.

Энергетика

– Снижение эффективности: ТЭС и АЭС требуют больших объемов воды для охлаждения, доступность которой в жаркие периоды снижается.

– Повышение спроса на энергию: увеличивается потребность в кондиционировании воздуха в летний период.

– Уязвимость инфраструктуры: Линии электропередач, нефте- и газопроводы, энергетические объекты в прибрежных зонах подвержены риску от экстремальных погодных явлений.

Транспорт и инфраструктура:

– Разрушение дорог и мостов: Наводнения и жара (размягчение асфальта) повреждают транспортные сети.

– Прерывание судоходства: Засухи могут снижать уровень воды в реках (например, Рейн, Миссисипи), делая их несудоходными для груженых судов.

– Угрозы для портовой инфраструктуры: Повышение уровня моря и штормовые нагоны угрожают портам по всему миру.

Здравоохранение

– Распространение инфекционных заболеваний: Изменение климата расширяет ареал переносчиков таких заболеваний, как малярия, лихорадка денге и болезнь Лайма.

– Респираторные и сердечно-сосудистые заболевания: Ухудшение качества воздуха из-за пожаров и смога, тепловые удары.

– Психическое здоровье: Посттравматические стрессовые расстройства после климатических катастроф, "эко-тревога".

Социально-экономические последствия

Климатическая миграция: Миллионы людей будут вынуждены покинуть свои дома из-за повышения уровня моря, засух и неурожаев, создавая нагрузку на принимающие регионы и повышая социальную напряженность.

Усиление неравенства: наиболее уязвимыми оказываются беднейшие слои населения и развивающиеся страны, которые вносят наименьший вклад в выбросы парниковых газов, но обладают наименьшими ресурсами для адаптации [3].

Финансовые потери: Ущерб от стихийных бедствий исчисляется сотнями миллиардов долларов ежегодно. Страховой сектор сталкивается с растущими рисками.

Стратегии ответа: адаптация и смягчение последствий

Ответные меры человечества на климатический вызов делятся на две взаимодополняющие стратегии:

Смягчение последствий направлено на сокращение выбросов парниковых газов и усиление их поглощения.

Переход на ВИЭ: Развитие солнечной, ветровой, геотермальной и гидроэнергетики.

Повышение энергоэффективности: в промышленности, строительстве и на транспорте.

Сохранение и восстановление экосистем: Защита лесов, мангровых зарослей и торфяников, которые являются мощными поглотителями углерода.

Внедрение новых технологий: Улавливание и хранение углерода (CCS), развитие "зеленого" водорода, электромобильность.

Циркулярная экономика: Сокращение отходов, переработка и повторное использование материалов.

Адаптация направлена на приспособление к уже неизбежным последствиям изменения климата.

Инженерные решения: Строительство дамб и защитных сооружений от наводнений, опреснительных установок.

Природные решения: Восстановление мангровых зарослей для защиты берегов, создание «зеленых» городов.

Сельскохозяйственная адаптация: Выведение засухоустойчивых и солеустойчивых сортов культур, внедрение водосберегающих технологий (капельное орошение).

Системы раннего предупреждения: Развитие метеорологических служб для прогнозирования катастроф.

Планирование территорий: запрет на новое строительство в зонах повышенного риска (поймы рек, побережья) [5].

Заключение. Изменение климата – это не просто экологическая проблема, а комплексный мультипликатор рисков, угрожающий устойчивости глобальной экономики, продовольственной и водной безопасности, а в конечном итоге – стабильности человеческого общества. Его воздействие уже ощущается по всему миру, и его интенсивность будет только нарастать в ближайшие десятилетия. Промедление с принятием решительных мер как по смягчению последствий (сокращению выбросов), так и по адаптации к неизбежным изменениям, приведет к катастрофическим и необратимым последствиям. Успешное противостояние этому вызову требует беспрецедентного глобального сотрудничества, политической воли, масштабных инвестиций в "зеленые" технологии и коренного пересмотра подходов к экономическому развитию в сторону устойчивости и низкоуглеродности. Будущее планеты и следующих поколений зависит от действий, предпринятых сегодня.

Литература

1. Кобышева Н. В., Акентьева Е. М., Галюк Л. П. Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере. СПб.: Кириллица, 2015. –216 с.

2. Пахнин М. А. Экономика изменения климата: Нобелевская премия 2018 года Уильяма Нордхауса // Финансы и бизнес. –2020. – Т. 16, – № 1. – С. 5–22.

3. Порфирьев Б. Н., Терентьев Н. Е., Зинченко Ю. В. Планирование адаптации к изменениям климата: мировой опыт и возможности для устойчивого социально-экономического развития России // Проблемы прогнозирования. – 2023. – № 2 (197). – С. 154–168.

4. Ревич Б. А., Малеев В. В. Изменения климата и здоровье населения России: анализ ситуации и прогнозные оценки. Москва: ЛЕНАНД, 2021.

5. Сергеев А. А. Влияние климатических флуктуаций и их последствий на экономику, здоровье населения и комфортность его проживания на территории России. – Режим доступа: https://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/6556.pdf

СОВРЕМЕННЫЕ ПАРКОВЫЕ ТЕРРИТОРИИ КАК ИНСТРУМЕНТ СОХРАНЕНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ Г. БЕЛГОРОДА)

Бабич Ю.С.

E-mail: babich.julia.31@yandex.ru
Научный руководитель: Марциневская Л.В., к.г.н., доцент
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В статье рассматривается роль современных парковых территорий в сохранении и актуализации локальной идентичности региона на примере города Белгорода. В условиях глобализации и унификации городской среды парки трансформируются в многофункциональные общественные пространства, выполняющие не только рекреационную, но и социокультурную функцию. На примере Парка Победы, Центрального парка культуры и отдыха им. В.И. Ленина, набережной реки Везелка и тематических скверов анализируется, как через ландшафтный дизайн, архитектуру, событийное программирование и интеграцию исторических, культурных и природных символов формируется уникальный образ города.

Ключевые слова: локальная идентичность, парковые территории, городская среда, Белгород, культурный код, историческая память, общественное пространство, благоустройство.

В эпоху глобализации и унификации городской среды проблема сохранения уникальности мест, их культурного кода и исторической памяти становится как никогда актуальной. Локальная идентичность – это комплекс особенностей, который отличает один город от другого, формируя у его жителей чувство принадлежности к месту, гордости за него и ответственности за его развитие. Современные парковые территории давно перестали быть просто «зелеными легкими» города или местом для отдыха. Они трансформировались в мощные многофункциональные общественные пространства, которые выполняют важнейшую социально-культурную функцию: становятся платформой для формирования, сохранения и актуализации этой самой идентичности. На примере Белгорода, который входит в число самых благоустроенных и комфортных городов России, можно ярко проследить, как парки становятся инструментом работы с идентичностью.

Локальная идентичность Белгорода строится на нескольких ключевых столпах: это город воинской славы, с богатой историей, связанной с Великой Отечественной войной и Курской битвой; это центр одного из самых плодородных сельскохозяйственных регионов России, что отражено в его символике и самовосприятии; это приграничный город с сильным влиянием украинской культуры; наконец, это динамично развивающийся современный центр с акцентом на благоустройство и качество жизни [1].

Современные парки Белгорода не просто учитывают эти факторы – они вплетают их в свою ткань, делая историю и культуру осязаемыми, доступными и интересными для всех поколений.

Парк Победы: актуализация исторической памяти. Этот парк является наиболее ярким примером работы с военно-исторической составляющей идентичности. Это не просто мемориал под открытым небом с традиционной выставкой военной техники. Это пространство для живого, эмоционального переживания истории. Пространство парка выстроено как повествование, ведущее посетителя от начала войны к Победе [3]. Аллеи, композиции, зонирование – все работает на создание определенного настроения. Здесь есть место и для скорби: Вечный огонь, памятники, и для гордости – аллея Героев, и для созерцания – виды на реку Везелка и город.

А современные экспонаты, информационные стенды, использование QR-кодов позволяют оживить историю, сделать ее интерактивной и понятной для молодежи. Парк становится не просто местом памяти, но и открытым образовательным центром.

Важно, что это еще и место для отдыха горожан. Проведение здесь мероприятий в День Победы, исторических реконструкций, концертов патриотической песни необходимо для сохранения памяти, но в контексте современной жизни города. Таким образом, парк сохраняет идентичность, не застревая в прошлом, а перенося его ценности в настоящее.

Далее рассмотрим центральный парк культуры и отдыха им. В.И. Ленина как синтез истории и современности. Старейший парк города прошел серьезную реконструкцию, которая наглядно демонстрирует, как можно обновить пространство, не уничтожая его идентичность, а, наоборот, усиливая ее.

В парке сохранили его «советский» ландшафтный каркас – зеленые насаждения, аллеи, но наполнили современным содержанием. Появились комфортные зоны отдыха, детские площадки нового поколения, арт-объекты. В его оформлении часто используются элементы, отсылающие к сельскохозяйственному процветанию региона (например, малые архитектурные формы с мотивами плодородия). Парк становится местом проведения фестивалей, в том числе гастрономических, посвященных продукции белгородских фермеров, что напрямую связывает его с региональной идентичностью.

Помимо этого, парк функционирует как главная точка притяжения для семейного отдыха, молодежного общения, городских праздников. Он отражает другую важную грань Белгорода – его стремление к комфорту, уюту и семейным ценностям [5].

Белгород также развивает новые типы парковых пространств, которые формируют современный пласт идентичности.

Благоустройство набережной реки Везелка – это пример создания пространства, ориентированного на здоровый образ жизни, экологичность и созерцание природной красоты малых рек региона [4]. Это формирует идентичность города не только как исторического центра, но и как современного, экологически ориентированного поселения.

А появление в городе скверов, посвященных определенным темам, например, скверу журналистов или скверу семьи, а также установка современных арт-объектов, связанных с местными легендами или

историческими личностями, – это точечная работа с идентичностью [1]. Она делает среду уникальной, узнаваемой, что важно для формирования имиджа города среди молодежи и туристов.

Парк – это не только физическое пространство, но и социальный конструктор [2]. Именно здесь происходят межпоколенческие взаимодействия, передача традиций, формируются новые городские ритуалы – семейные прогулки в Центральном парке, занятия спортом на набережной. Это платформа для диалога между властью, жителями и бизнесом. Общественные обсуждения проектов благоустройства, волонтерские акции по озеленению, народные гуляния – все это укрепляет чувство общности среди белгородцев, их сопричастность к развитию города, что является краеугольным камнем локальной идентичности.

Опыт Белгорода наглядно демонстрирует, что современный парк – это сложносочиненный организм, выполняющий рекреационную функцию. Это – музей под открытым небом, который хранит и транслирует историческую память; культурный кластер, где актуализируются и представляются широкой публике традиции, искусство и гастрономия региона; социальный узел, способствующий формированию гражданского общества и укреплению связей между жителями; бренд-зона, формирующая положительный, уникальный и узнаваемый имидж города [2].

Успешность белгородских парков заключается в комплексном подходе: они не создаются как абстрактные «места для отдыха», а проектируются с оглядкой на уникальный культурный код территории. Через ландшафтный дизайн, архитектуру, навигацию, программирование событий они рассказывают историю места, делая ее частью повседневной жизни каждого горожанина. Таким образом, современные парковые территории действительно становятся одним из наиболее эффективных инструментов сохранения и актуализации локальной идентичности, превращая ее из абстрактного понятия в живую, осязаемую и любимую среду.

Литература

1. Смоляр, И. М. Ландшафтная архитектура и формирование идентичности городских пространств // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 11. – С. 112–120.

2. Федоров, Н. Ф. Городская идентичность как ресурс развития территории (на примере г. Белгорода) / Н. Ф. Федоров, А. В. Иванова // Социодинамика. – 2020. – № 5. – С. 56–68. – DOI: 10.25136/2409-7144.2020.5.33087.

3. Яковлева, Е. Ю. Парки Победы в России: мемориальная функция и роль в формировании городской среды // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2018. – Т. 82, № 4. – С. 76–87.

4. Официальный сайт органов местного самоуправления города Белгорода [Электронный ресурс]. – URL: https://www.beladm.ru/ (дата обращения: 13.09.2025).

5. Концепция развития общественных пространств Белгородской области [Электронный ресурс] // Управление архитектуры и градостроительства Белгородской области. – 2021. – URL: https://belarch.ru/documents/ (дата обращения: 13.09.2025).

634.8 УДК

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭРОЗИОННЫХ РИСКОВ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИНОГРАДНИКОВ КРЫМА

Бабушкин К.С.

E-mail:1325096@bsu.edu.ru
Научный руководитель: Лисецкий Ф.Н., директор ЦКП «Федерально-региональный центр аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов» НИУ «БелГУ», д.г.н, профессор
ФГБУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

Эрозия почв на виноградниках Крыма является одним из ключевых факторов деградации агроэкосистем региона. В статье рассматриваются геоморфологические, климатические и антропогенные предпосылки эрозионных процессов, а также современные методы оценки рисков и особенности агротехники, направленные на их минимизацию.

Ключевые слова: эрозия почв, виноградники, Крым, агротехника, геоинформационный анализ, устойчивое земледелие.

Эрозия почв в виноградниках Крыма представляет существенную угрозу устойчивости ампелоценозов, обусловленную комплексным взаимодействием геоморфологических, климатических и антропогенных факторов [1]. Крымский полуостров отличается значительным разнообразием ландшафтов, включая горные склоны Южного берега Крыма, предгорные районы и степные зоны [2].

Виноградники, часто размещаемые на наклонных участках, подвержены повышенным рискам водной и ветровой эрозии, что приводит к деградации почвенного покрова и снижению продуктивности агроценозов.

Эрозионные процессы в крымских виноградниках определяются несколькими взаимосвязанными факторами.

Большая часть Крыма, особенно его центральные и северные районы, представляет собой степные равнины с пологими склонами и низменностями, где эрозия проявляется преимущественно в виде дефляции почв. Эти территории имеют относительно ровный рельеф, и в условиях частых ветров почвы подвержены ветровой эрозии, особенно в засушливые периоды.

В южной и юго-западной частях Крыма рельеф становится более сложным: здесь преобладают горные хребты и долины Главной гряды Крымских гор. Крутые склоны и узкие долины создают

условия для интенсивной водной эрозии, особенно при вырубке лесов и распашке под виноградники. Смыв почвы в таких зонах может достигать 1–8 т/га в год, в зависимости от возраста насаждений и агротехнических мер. Молодые виноградники, с недостаточно развитой корневой системой, теряют до 8,16 т/га/год, тогда как зрелые насаждения (старше 20 лет) демонстрируют меньший смыв – около 1,61 т/га/год – благодаря уплотнению почвы и лучшей фиксации корнями [4].

Таблица 1

Факторы эрозионных процессов в виноградниках Крыма

Фактор	**Описание**	**Пример**
Геоморфологические особенности	Сложный рельеф с равнинными степями, предгорьями и горными районами. Степные равнины с пологими склонами подвержены ветровой эрозии; южные районы с крутыми склонами и долинами – водной эрозии [4].	Степь: Тарханкутский полуостров; Горы: Южный берег Крыма, Крымские горы; Предгорья: Бахчисарай, Севастополь
Климатические условия	Жаркое лето и засухи усиливают эрозию, особенно в степях. Рост температур и неравномерность осадков увеличивают риски; в эродированных почвах накапливаются тяжелые металлы.	Тарханкутский полуостров, Южный Крым
Антропогенные воздействия	Интенсивное виноградарство, химизация и механическая обработка усиливают эрозию. Заброшенные виноградники увеличивают смыв почвы.	Заброшенные виноградники

Предгорные районы, такие как окрестности Бахчисарая и Севастополя, представляют переходную зону с умеренными уклонами, где происходить чередование холмов и равнин. Здесь эрозия сочетает водные и ветровые процессы, а интенсивность смыва зависит от характера почв (легкоглинистые, щебнистые) и методов обработки.

Аномально жаркое лето и засухи усиливают эрозионные процессы, особенно в степных районах, где дефицит осадков сочетается с ветровой эрозией. Тренды изменения климата в Крыму показывают рост температур и неравномерность осадков, что требует корректировки карт рисков для виноградарства [5]. В условиях эродированных ландшафтов южного Крыма накапливаются тяжелые металлы (медь, цинк, свинец) [10],

мигрирующие в почву из удобрений и пестицидов, усугубляя деградацию. Интенсивное виноградарство, включая химизацию и механическую обработку, способствует потери почвенного слоя.

Методы оценки эрозионных рисков можно разделить на несколько взаимодополняющих подходов: ампелопедологический, геоинформационный и экологический (таблица 2).

Таблица 2

Методы оценки эрозионных рисков в виноградниках Крыма

Метод	**Описание**	**Ключевые параметры**	**Вклад в оценку рисков**
Ампелопедологический	Диагностика почв по содержанию микроэлементов и биоаккумуляции для оценки деградации.	Анализ элементов (Cr, Co, Ba), биоаккумуляция железа, меди, марганца.	Выявление деградации почвенного профиля, корректировка агротехнических мер для минимизации эрозии.
Геоинформационный [8]	Кластеризация виноградников по агроклиматическим параметрам для определения зон риска.	Сумма активных температур, индексы Хуглина и Винклера, средняя температура, осадки, коэффициент Селянинова.	Идентификация зон риска по климатическим параметрам и выделение уязвимых зон.
Экологический [1]	Анализ накопления тяжелых металлов в почвах разного возраста виноградников.	Оценка миграции тяжелых металлов (медь, цинк, свинец) из удобрений и пестицидов.	Определение влияния загрязнителей на почвы и биоразнообразие, выявление зон с высоким риском деградации.

Агротехнические приемы в виноградниках Крыма адаптированы к разнообразию микрозон полуострова, от субтропического климата Южного берега до засушливой континентальной степи Восточного Крыма. Уникальные почвенно-климатические условия позволяют выращивать широкий спектр сортов винограда – от раннеспелых до

поздних, включая традиционные для региона сорта, такие как Кокур белый и Ркацители, а также редкие местные разновидности, например Кефесия и Сары Пандас.

Для борьбы с эрозией в степных и предгорных зонах активно используются почвопокровные культуры, такие как люцерна, райграс и злакобобовые травосмеси [6]. Эти культуры снижают смыв почвы за счет укрепления верхнего почвенного слоя и задержки поверхностного стока. Однако их внедрение требует учета конкуренции за питательные вещества и влагу, особенно в засушливых условиях. Для минимизации конкуренции рекомендуется чередовать посевы трав через 2–3 междурядья с ротацией каждые 2–3 года, а также проводить их скашивание до фазы активного роста винограда.

Органические методы включают использование биологических препаратов) для защиты от болезней и внесение компоста для повышения содержания органического вещества в почве. Исследования показывают, что в органических виноградниках биомасса углерода микробов увеличивается в 4 раза, а базальное дыхание почвы – в 2,8 раза по сравнению с традиционными хозяйствами, что способствует повышению устойчивости почв к эрозии [7]. Однако применение медьсодержащих препаратов в органическом виноградарстве требует строгого контроля из-за риска накопления меди в почве, особенно в зрелых виноградниках старше 20 лет.

В горных зонах Южного берега Крыма, где уклон склонов достигает 10–30° и более, применяются террасные посадки. Террасирование с поперечной обработкой и созданием буферных полос многолетних трав снижает смыв почвы в 2–2,5 раза [9]. На крутых склонах эффективны дополнительные меры, такие как обвалование (создание земляных валиков высотой 40–50 см с перемычками), посадка лесополос и сплошных лесных массивов для регулирования водного стока. В предгорных районах (например, окрестности Бахчисарая и Севастополя) применяются комбинированные подходы, включая глубокую осеннюю вспашку и снегозадержание, что улучшает водный режим и снижает ветровую эрозию в зимний период.

Эрозия почв в виноградниках Крыма остается ключевой угрозой, обусловленной геоморфологией, климатом и антропогенными факторами. Современные методы оценки рисков, включая ампелопедологический, геоинформационный и экологический подходы, позволяют идентифицировать уязвимые зоны и корректировать агротехнику [8]. Внедрение террасирования, почвопокровных культур, органического земледелия и мониторинга тяжелых металлов способствует минимизации деградации, повышению продуктивности и устойчивости агроэкосистем.

Дальнейшие исследования должны фокусироваться на адаптации к климатическим изменениям для сохранения уникального виноградарского потенциала региона.

Литература

1. Lisetskii F., Poletaev A., Zelenskaya E. Soil Indicators of Terroir and Their Importance for Adaptive and Sustainable Viticulture // Sustainability. – 2025. – Vol. 17, № 7. – P. 3166. – DOI: 10.3390/su17073166.

2. Gabechaya V., Andreeva I., Morev D. et al. Exploring the Influence of Diverse Viticultural Systems on Soil Health Metrics in the Northern Black Sea Region // Soil Systems. – 2023. – Vol. 7, № 3. – P. 73. – DOI: 10.3390/soilsystems7030073.

3. Мельников В.А. Оценка агроэкологических условий западной части Южного берега Крыма с выделением микрозон для оптимального размещения технических сортов винограда: дис. … канд. с.-х. наук: 06.01.08. – Ялта: ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН», 2018. – 200 с.

4. Rodrigo-Comino J., Terol G., Mora G., Ruiz-Sinoga J.D., Cerdà A. The age of vines as a controlling factor of soil erosion processes in Mediterranean vineyards // Science of the Total Environment. – 2018. – Vol. 616–617. – P. 1163–1173. – ISSN: 1879-1026, 0048-9697.

5. Рюмшин А.В., Иванченко В.И., Булава А.Н. Оценка почвенных показателей Предгорного природно-климатического виноградарского района Крыма для производства винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2014. – № 1. – С. 5–13.

6. Келенджеридзе Н.К. Эффективность использования зеленых удобрений в виноградниках на террасах // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. – 2017. – № 11. – С. 3–7. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-ispolzovaniya-zelenyh-udobreniy-v-vinogradnikah-na-terrasah.

7. Andreeva I.V., Gabechaya V.V., Pivazyan A.A. et al. Ecogeochemical features of ampelocoenoses as objects for soil-ecological monitoring // Timiryazev Biological Journal. – 2024. – Vol. 2, № 4. – P. 30–45. – DOI: 10.26897/2949-4710-2024-2-4-30-45.

8. Буряк Ж. А. Совершенствование подходов к оценке эрозионной опасности агроландшафтов с использованием ГИС-технологий // Региональные геосистемы. 2014. №23 (194). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-podhodov-k-otsenke-erozionnoy-opasnosti-agrolandshaftov-s-ispolzovaniem-gis-tehnologiy.

9. Коллектив авторов (Vinograd.info). Борьба с эрозией почвы на склонах Крымских гор // Виноградарство Крыма: Агротехника. – [Электронный ресурс]. – URL: https://vinograd.info/knigi/vinogradarstvo-kryma/agrotehnika-9.html (дата обращения: 17.09.2025).

10. Vystavna Y., Huneau F., Le Coustumer P., Vergeles A., Stolberg M. Trace metals in wine and vineyard environment in southern Ukraine // Food Chemistry. – 2014. – Vol. 146. – P. 339–344. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.09.091

УДК 504:553.98

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И МОНИТОРИНГ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Гречишников Е.Н.

E-mail: e.grechhishnikoff2017@yandex.ru
Научные руководители: Новиков А.В., преподаватель
Российский государственный социальный университет, Москва, Россия
Сумарукова О.В., учитель Биологии и Химии
ГБОУ города Москвы школа № 1223, Москва, Россия

В статье рассматриваются проблемы незаконной добычи полезных ископаемых и появления несанкционированных карьеров в Белгородской области. Проведен экологический мониторинг данных территорий с использованием современных методов выявления и оценки масштабов нарушений. Особое внимание уделено вопросам рекультивации и восстановлению нарушенных земель. Описаны последствия добычи для окружающей среды и предложены рекомендации по улучшению контроля и предотвращению подобных нарушений в будущем. Работа направлена на повышение эффективности природоохранных мероприятий в регионе.

Ключевые слова: незаконная добыча, экологический мониторинг, несанкционированные карьеры, рекультивация, Белгородская область, охрана окружающей среды.

Введение. Экологические проблемы приобрели особую актуальность в последнее время. Особенно важным вопросом является рациональное использование природных ресурсов, в том числе недр. Нелегальная добыча полезных ископаемых и создание несанкционированных карьеров приводит к серьёзным последствиям как для окружающей среды, так и для экономики региона.

Белгородская область – один из крупнейших промышленных регионов Центрального черноземья [3], где фиксируется не только официальная разработка недр, но и высокая активность незаконной добычи полезных ископаемых. Согласно исследованиям О.П. Рагулиной [1], в регионе выявлено множество несанкционированных карьеров, многие из которых остаются без рекультивации, что является угрозой для земельных ресурсов, лесов, водных объектов и здоровья населения.

Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью изучения опыта мониторинга подобных объектов, поиска эффективных методов их выявления и анализа существующих проблем в сфере экологического надзора.

Экологические последствия незаконной добычи

Нелегальная добыча песка, глины, мела и других полезных ископаемых приводит к деградации почв, уничтожению растительности, нарушению ландшафта и изменению гидрологического режима территорий.

Нарушение целостности почвенного покрова сопровождается образованием техногенных пустот и свалок строительного мусора, что ухудшает экологическую обстановку. Подобные последствия фиксировались и в других регионах России, например, в Воронежской области [2].

Методы мониторинга

Выявление и картографирование несанкционированных карьеров является непростой задачей. Традиционные наземные методы обследования требуют значительных ресурсов и времени, а также зависят от человеческого фактора. В последние годы всё более активно применяются дистанционные методы: спутниковое зондирование**,** а также беспилотная аэрофотосъёмка [1].

Например, исследования О.П. Рагулиной [1] показали, что применение беспилотной аэрофотосъёмки позволяет более точно определять границы нарушенных территорий, а также формировать базы данных для последующего анализа.

Использование БПЛА (дронов) даёт возможность в короткие сроки обследовать значительные площади и создавать детальные цифровые модели рельефа. Однако в условиях Белгородской области данный метод ограничен финансовыми возможностями надзорных органов и особыми ограничениями, действующими в регионе с 2022 года.

Динамика нарушений

По данным регионального управления экологического надзора, в 2019–2023 гг. количество нарушений законодательства в сфере незаконной добычи ископаемых стабильно росло [1]. Только в 2023 году было зафиксировано более 230 случаев незаконной добычи, при этом значительная часть нарушений связана с отсутствием лицензий у предпринимателей.

Интересно, что тенденции роста нарушений отмечаются не только в Белгородской области, но и в других регионах Центрального Черноземья. Так, исследования Симоненко [5] показали, что спутниковая идентификация открытых разработок полезных ископаемых подтверждает масштабность проблемы.

Проблема рекультивации

Одной из наиболее острых и нерешённых проблем в Белгородской области является рекультивация земель, нарушенных незаконной добычей полезных ископаемых. По данным исследования, проведённого О.П. Рагулиной [1], на территории области насчитывается более 140 несанкционированных карьеров, общая площадь которых превышает 100 гектаров. Эти карьеры расположены как в городских округах (например,

в Старооскольском и Шебекинском), так и в сельских районах, где незаконная добыча чаще всего связана с использованием песка и глины для строительных целей.

Главная особенность в том, что большая часть подобных карьеров располагается на муниципальных землях, где ответственность за проведение рекультивации возлагается на местные органы власти. Однако, как отмечает Рагулина [1], на эти цели выделяется крайне ограниченное финансирование, в результате чего полноценные мероприятия по восстановлению нарушенных территорий откладываются на неопределённый срок.



Рис. 1. Несанкционированный карьер по добыче песка в с. Курасовка Ивнянского района Белгородской области [1]



Рис. 2. Несанкционированный карьер по добыче мела вблизи п. Чернянка Белгородской области [1]



Рис. 3. Несанкционированный карьер по добыче песка в с. Афанасьевка Алексеевского городского округа Белгородской области [1]

Рекультивация предполагает два основных этапа: технический и биологический. Техническим этапом является выравнивание рельефа, засыпка ям и выемок, восстановление плодородного слоя почвы, а биологическим – посадка растений, восстановление лесных или луговых экосистем, создание условий для возвращения биоразнообразия.

На практике в Белгородской области чаще всего ограничиваются только частичным техническим этапом – засыпкой наиболее опасных карьеров. Биологическая стадия, требующая дополнительных затрат и долгосрочного планирования, практически не реализуется. Это приводит к тому, что земли годами остаются непригодными для хозяйственного использования [3].

Рагулина указывает, что в 2023 году было принято решение о необходимости рекультивации части карьеров, в том числе в Валуйском городском округе и Ровеньском районе, где выявлены самые крупные нарушения. Однако из-за отсутствия строгого механизма контроля многие планы остаются на бумаге [4].

Дополнительную сложность создаёт правовой аспект: значительная часть карьеров не имеет определённого собственника. Земли находятся в муниципальной собственности, но из-за недостатка ресурсов местные администрации не в состоянии обеспечить выполнение всех мероприятий. В результате нарушенные участки годами представляют собой экологически опасные зоны, создающие риски оползней, загрязнения почв и грунтовых вод.

Таким образом, проблема рекультивации в Белгородской области остаётся системной. Недостаточность финансирования, отсутствие долгосрочных программ восстановления и слабый контроль за

исполнением решений приводят к тому, что нарушенные земли постепенно увеличиваются по площади. По мнению Рагулиной [1], решение вопроса возможно лишь при условии внедрения современных методов мониторинга, привлечения федеральных средств и создания единого реестра нарушенных земель, который позволит отслеживать состояние каждого объекта и контролировать процесс восстановления.

Заключение. Незаконная добыча полезных ископаемых остаётся одной из главных угроз экологической безопасности Белгородской области. Масштабы нарушений и слабая эффективность мер контроля свидетельствуют о необходимости внедрения современных технологий мониторинга и ужесточения ответственности за незаконное недропользование.

Использование спутникового зондирования и беспилотной съёмки позволит повысить эффективность выявления карьеров и сократить затраты на надзорные мероприятия. Одновременно требуется комплексное решение проблемы рекультивации, включающее как технические, так и биологические меры.

Таким образом, опыт Белгородской области может быть рассмотрен как пример региона, где экологические вызовы требуют системного подхода, объединяющего усилия государства, науки и общества.

Литература

1. Рагулина, О. П. Мониторинг несанкционированных карьеров Белгородской области и анализ правонарушений в сфере недропользования / О. П. Рагулина // Региональные геосистемы. – 2024. – Т. 48, № 2. – С. 198-209. – DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-2-198-209.

2. Калужских, И. В. Проблемы реабилитации нарушенных территорий в границах города на примере Белгорода / И. В. Калужских // Наука в современном информационном обществе : Материалы XIV международной научно-практической конференции, North Charleston, USA, 23–24 января 2018 года. Том 2. – North Charleston, USA: CreateSpace, 2018. – С. 1-5.

3. Петин, А. Н. Минерально-сырьевые ресурсы железорудной провинции КМА и геолого-промышленная оценка их запасов / А. Н. Петин // География: история, современность, перспективы: К 90-летнему юбилею Георгия Семеновича Гужина. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2012. – С. 403-413.

4. Рагулина, О. П. Рекультивация несанкционированных карьеров как подход в недопущении незаконного недропользования (на примере Белгородской области) / О.П. Рагулина // Куражсковские чтения: Материалы III Международной научно-практической конференции, Астрахань, 16–17 мая 2024 года. – Астрахань: Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, 2024. – С. 212-218.

5. Симоненко, Е. В. Мониторинг земель дистанционным зондированием территории / Е. В. Симоненко, А. А. Лопырев, А. А. Криворотова // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 205.

УДК 504.53

О СОСТОЯНИИ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Ибриев Д. М-Э.

E-mail: ortsukhaeva@yandex.ru
Научный руководитель: Усманов А.Х., доцент, к-г.-м.н.
ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», Грозный

В данной статье рассматривается состояние земельных ресурсов Чеченской Республики. Дается краткая характеристика распределения земельного фонда Чеченской Республики по категориям земель. Также дается оценка качества почвы республики.

Ключевые слова: земельные ресурсы, почва, категория земель, пробы, анализ.

Почвенно-земельные ресурсы имеют важнейшее значение в природообразовании и представляют собой основной источник продовольствия для всего живого на земле.

Исходя из многовековой практики, жизнеспособность и благополучие любой страны обеспечиваются принадлежащими ей земельными ресурсами и, конечно же, живущими в ней людьми.

Земельные ресурсы – это, во-первых, территория страны, во-вторых, все то, что располагается вверху и внизу этого пространства. Если у государства достаточно земли, то она становится важным экономическим и политическим аспектом, позволяющим развивать народное хозяйство. Земельные богатства открывают широкие возможности для того, чтобы регионы планеты могли экономически развиваться [5].

Обладая определенными природными качествами, территория является общим базисом для расположения на ней инфраструктуры, которая способна обеспечивать жизнедеятельность населения. Речь о городах, производственных предприятиях, культурно-исторических объектах и так далее. Плодородная почва земли – главное производственное средство в сельскохозяйственной и лесной отраслях. Сегодня происходит формирование многоукладной структуры, направленной на создание и объединение всей совокупности участников, способных продуктивно использовать землю. Речь о государстве, компаниях, гражданах и так далее.

Не исключение в этом отношении и вся территория Чеченской Республики, она занимает территорию размером от 16,4 тыс. км^2 и подразделяется на 15 сельских муниципальных районов и два города республиканского значения. К числу экологически загрязненных районов можно отнести почти всю территорию республики, но в качестве основных можно выделить г. Грозный (Заводской район, поселок Мичурина),

Курчалойский район, Надтеречный район, Горагорск, где главным образом источником загрязнения являются промышленные предприятия и кустарно-нефтяные мини-установки [1].

Наиболее крупными районами на территории Чеченской Республики являются Щелковской (299412 га), Наурский (220517 га), Грозненский (114283 га) районы [1, 2].

Большая часть территории республики занята землями категории сельскохозяйственного назначения – 972,2 тыс. га (60,1 %). Земли категории населенных пунктов составляют 132,7 тыс. га (8,2 %), земли категории промышленности, транспорта, связи и иного назначения – 34,9 тыс. га (2,1 %), земли лесного фонда – 352,7 тыс. га (21,8 %), земли водного фонда – 9,1 тыс. га (0,5 %), земли запаса – 113,3 тыс. га (7,0 %) (табл.1).

Таблица 1

Распределение земельного фонда Чеченской Республики по категориям земель на 01.01.2025 г.

№ п/п	Категории земель	Площадь, всего
1.	Земли сельскохозяйственного назначения	972,2
2.	Земли населенных пунктов	132,7
3.	Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения	34,9
4.	Земли особо охраняемых территорий и объектов	2,2
5.	Земли лесного фонда	352,7
6.	Земли водного фонда	9,1
7.	Земли запаса	113,3
8.	Итого земель	1617,1

Почва, являясь основным накопителем химических веществ техногенной природы и фактором передачи инфекционных и паразитарных заболеваний, может оказывать неблагоприятное влияние на условия жизни населения и его здоровье.

На территории Чеченской Республики лабораторный контроль за состоянием почв на площадках планируемой застройки и объектах текущего санитарного надзора осуществляется ФБУЗ «ЦГиЭ в ЧР». В первую очередь контроль и мониторинг осуществляются на территориях общего доступа (селитебные зоны, зоны рекреации) и объектах повышенного экологического риска (детские и образовательные учреждения) [2].

В 2023 г. было исследовано 914 проб почвы по санитарно-химическим показателям, из них не соответствующим гигиеническим нормативам – 0; 1056 проб по микробиологическим показателям, из них не соответствующим гигиеническим нормативам – 3. На паразитологические показатели

исследовано 1009 проб, из них 814 проб почвы на территории детских организаций. Не соответствующим гигиеническим нормативам проб не выявлено (табл. 2).

Таблица 2

Доля проб почвы населенных мест, не отвечающих санитарным требования (%)

Наименование	2021 г	2022 г	2023 г	Динамика к 2022 г
Санитарно- химические показатели	0	4,9	0	понижение
Микробиологические показателя	0	4,5	0,3	понижение
Паразитологические показатели	0	0,3	0	понижение

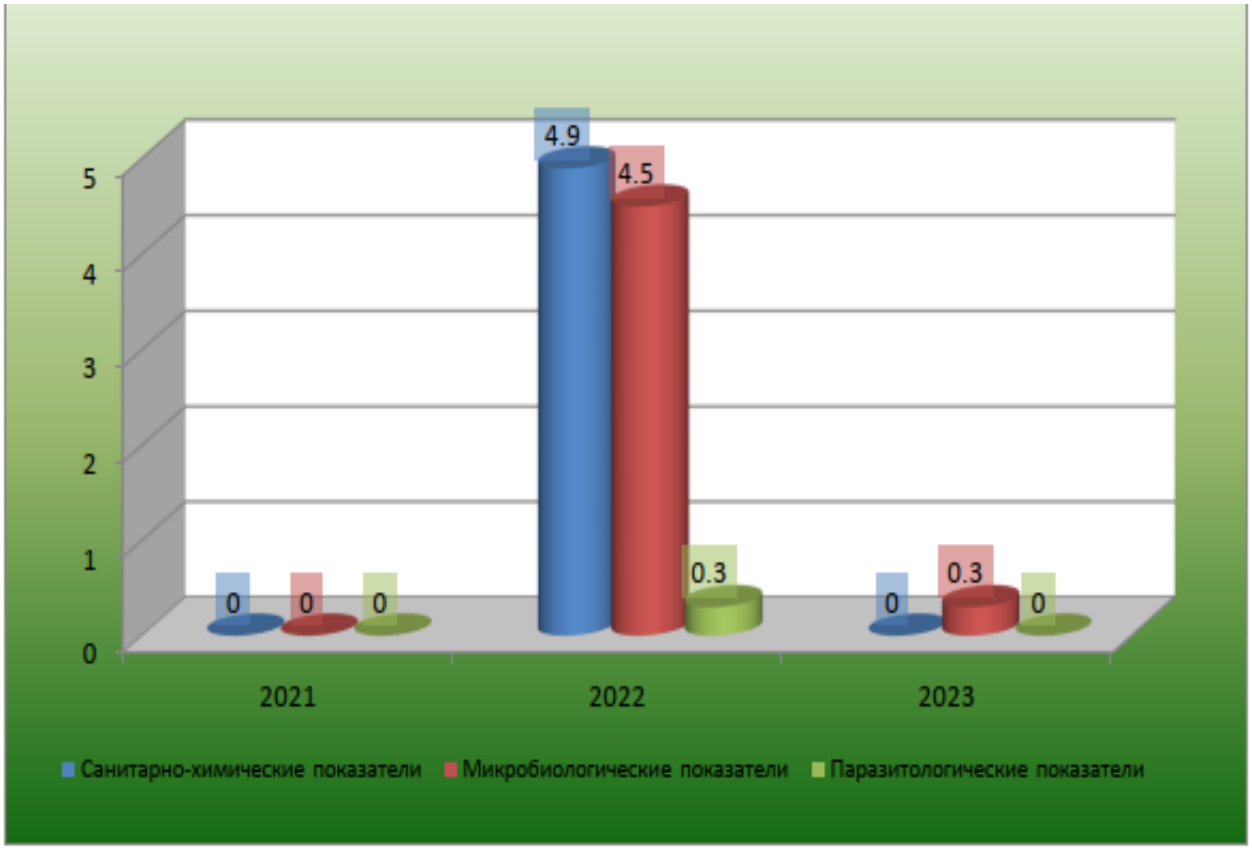


Рис. 1. Доля проб почвы населенных мест, не отвечающих санитарным требования (%)

Как видно из табличных данных, загрязненность почвенного покрова в Чеченской Республике, на протяжении 3 лет показывает небольшое снижение.

Таким образом, качественные характеристики земельных ресурсов в Чеченской Республике стремительно ухудшаются. Почва (в первую очередь это касается сельхозугодий) деградирует и загрязняется, становится менее стойкой к разрушающим процессам, не так быстро восстанавливает свои

качества и плодородие. Причинами таких изменений являются: истощительное, хищническое использование земельных ресурсов, недооценка потребности изучать состояние земли, разрабатывать обоснованные с научной точки зрения комплексные мероприятия, чтобы их рационально эксплуатировать, воспроизводить плодородие почвенного слоя, предупреждать и устранять неблагоприятные процессы.

Подобные факты говорят о том, что требуется проводить мониторинг земли, прежде всего для того, чтобы контролировать ситуацию и динамику качественных показателей земли, учитывая имеющиеся природные условия и производственную деятельность людей [3, 4].

На сегодняшний день мониторинговые мероприятия в отношении эксплуатации земельных ресурсов проводят унитарные госпредприятия. То, что госхозы не используют земли или не осуществляют соответствующие агромелиоративные меры, вызвано их недостаточным материальным и техническим обеспечением.

Анализ состояния земель Чечни показал, что вся территория региона нуждается в землеустроительных работах. Для этого нужно:

- разработать схему землеустроительных мероприятий в районах;
- создать проекты внутрихозяйственного землеустройства;
- разработать земледельческую и землеустроительную систему;
- сформировать рабочие (технические) проекты, чтобы качественно улучшать и осваивать сельхозугодия.

Помимо этого, требуется создание генеральной схемы противоэрозийных мер в зональном разрезе; подготовка программы улучшения и воссоздания плодородных качеств почвы; разработка программы земельного мониторинга со стороны государства.

Литература

1. Алхазуров, М.Л. Становление и развитие Чеченской Республики / М.Л. Алхазуров. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 172 с.

2. Байраков И.А. Земельные ресурсы и состояние почвенного покрова Чеченской Республики / Материалы региональной научно-практической конференции «Системно-аналитическое решение проблем города и села». – Грозный, 2002. – С. 90-95.

3. Байраков И.А., Гайрабеков У.Т. Состояние и меры по охране и рациональному использованию земельных ресурсов Затеречья / География и геоэкология Чеченской республики: сб. статей. – Грозный: РИО ЧТУ, 1997. – С.38-40.

4. Байраков И.А. Деградация почвенно-растительного покрова Чеченской Республики / И.А. Байраков, Р.А. Гакаев / Сб. материалов 2-ой Международной научно-практической конференции «Наука и устойчивое развитие общества. Наследие В.И. Вернадского». – Тамбов: Издательство «Тамбовпринт», 2007. – 187 с.

5. Боголюбов С.А. Все о земельных отношениях / С.А. Боголюбов, Е.А. Галиновская, Е.Л. Минина, В.В. Устюкова. – М.: Проспект, 2010. – 656 с.

5. Ерофеев, Б.В. Земельное право России / Б.В. Ерофеев. – М.: Юрайт, 2013. – 679 с.

УДК 551.46:504.5

ПРОБЛЕМЫ ДЕГРАДАЦИИ БЕРЕГОВЫХ МОРСКИХ ЛИНИЙ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ПОБЕРЕЖИЙ

Кириченко Е.В.

E-mail: Ek26Rina0722@yandex.ru
Научный руководитель: Гончарова О.В., кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры МиЕНД
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Армавирский государственный педагогический университет», г. Армавир, Российская Федерация

В статье перечисляются проблемы деградации береговых линий морей России и рассматриваются перспективные подходы к защите морских побережий. Основное внимание уделено изучению специфики и уязвимости береговых ландшафтов, которые подвержены воздействию природных и антропогенных факторов.

Ключевые слова: береговые ландшафты, природный фактор, антропогенный фактор, индикаторы динамики, рациональное природопользование, Водный Кодекс.

Россия является крупнейшей страной мира по территории и обладает самыми длинными береговыми линиями. Эта особенность способствует богатству прибрежных и морских ландшафтов, что, в свою очередь, требует разработки сложных и дифференцированных стратегий для их охраны и устойчивого развития. Значительная часть морских побережий представлена уникальными береговыми ландшафтами, которые играют важную роль в развитии прибрежных экосистем как на суше, так и в море, и постоянно изменяются под воздействием внешних и внутренних факторов [2]. Современные процессы деградации береговых линий морей России обусловлены несколькими основными факторами. Во-первых, изменение климата значительно воздействует на прибрежные экосистемы: потепление вызывает таяние ледников и повышение уровня моря, что способствует эрозии берегов. В некоторых регионах подъём уровня моря происходит быстрее, чем в других, увеличивая риски для населённых пунктов и природных сообществ. Во-вторых, к деградации береговых линий также приводят частота и интенсивность стихийных бедствий, таких как штормы и ураганы [3, с. 12].

Наиболее часто южные районы Дальнего Востока России подвергаются опасным природным стихийным бедствиям, обусловленным геологическими факторами: из-за сильных движений земной коры и цунами происходит разрушение и затопление береговых участков морей; также здесь фиксируются крупные землетрясения силой до 7–8 баллов и

выше, вызывающие оползни и другие сходные последствия. Показателями стабильных условий среды служат долгосрочные наблюдения за состоянием природной энергетики, когда ничего существенного не меняется ни в самой природе, ни в человеческих объектах, находящихся рядом. Учитывая четырёхбалльную шкалу, можно выделить 4 класса индикаторов динамики природных процессов и изменения состояния геосистем (в том числе прибрежно-морских) в зависимости от активности воздействия и интенсивности проявления этих процессов:

1) характеристики процессов слабой интенсивности, которые соответствуют зонам со слабой суммарной активностью функционирования и весьма устойчивым ландшафтом;

2) характеристики процессов умеренной интенсивности, которые соответствуют умеренно-динамическим активным зонам, умеренно-устойчивым и устойчивым ландшафтам;

3) характеристики процессов повышенной интенсивности – соответствуют динамически активным зонам и неустойчивым ландшафтам;

4) характеристики процессов чрезвычайной интенсивности – соответствуют динамически наиболее активным зонам и весьма неустойчивым ландшафтам. Индикаторы первых двух классов соответствуют типичным проявлениям динамических процессов в данном ландшафте, и оценка динамической активности зон зависит от таких факторов, как частота возникновения процессов, масштаб нарушения растительности в ландшафте и характер изменений рельефно-субстратной основы ландшафта. Индикаторы третьего и четвёртого классов отображают проявление экстремальных и катастрофических механизмов, существенно влияющих на устойчивость геосистем. Поэтому показатели динамической активности в прибрежных зонах применяются для изучения процессов в экосистемах, а также для анализа воздействия как антропогенной деятельности, так и природных факторов. Они не только отражают ход ключевых процессов, влияющих на состояние прибрежных систем, но и служат инструментом мониторинга основных характеристик, оценки эффективности экологических, географических и социальных инициатив, а также контроля долгосрочных антропогенных воздействий на береговую и морскую среду. Всё это способствует разработке управленческих решений, их корректировке, а также оценке эффективности и адаптивности предпринимаемых мер [1, с. 57-59].

Рассмотрим проблемы деградации береговых морских линий на примере особенностей Азово-Черноморского побережья, которое отличается высоким рекреационным и транспортным потенциалом, играющим важную роль в экономике и общественной жизни региона.

Однако оно подвергается серьёзным природным и антропогенным угрозам, среди которых выделяются деградация береговой зоны, снижение биоразнообразия и нарушение устойчивости морских берегов. Ландшафтные комплексы формируются сочетанием природных процессов и человеческой деятельности. Основными факторами, влияющими на стабильность берегов, являются:

1) гидрологический режим: движение водных масс и активность прибоя сильно влияют на конфигурацию береговой линии;

2) климатические условия: периодически возникающие штормы и волны ускоряют эрозию и перемещение наносов;

3) антропогенное воздействие: постройка портов, жилья и промышленных объектов дестабилизирует природные геосистемы.

Стоит отметить, что современное состояние побережья осложняется несколькими проблемами, а именно:

1) недостаточность нормативной базы (недостаточная координация мер по охране и использованию берегов приводит к ухудшению состояния уникальных ландшафтов);

2) высокие нагрузки на природу (быстрое расширение туристической и транспортной инфраструктуры усиливает давление на чувствительную экосистему);

3) противоречия с научными рекомендациями (хозяйственное освоение часто идёт вразрез с научными предписаниями по сохранению устойчивости берегов).

В качестве наиболее эффективных подходов к решению этих проблем можно предложить следующее:

1) рациональное природопользование (применение эффективных инструментов стратегической экологической оценки и внедрение интеграционных подходов к управлению прибрежными зонами);

2) нормативное регулирование (установление чётких стандартов и норм, ограничивающих антропогенную нагрузку);

3) научные исследования (постоянный мониторинг и изучение состояния берегов позволяют своевременно выявлять негативные изменения) [2].

Таким образом, сохранение уникальных морских береговых ландшафтов Азово-Черноморского побережья требует целостной и согласованной политики, направленной на поддержание их устойчивости и сбережение богатств природы региона.

В настоящее время продолжается активное развитие технологий и рост объемов промышленного производства, однако осознание негативных последствий экономического прогресса появилось относительно недавно. Всё чаще происходят экологические и технологические катастрофы,

сокращается биоразнообразие, увеличивается количество несанкционированных свалок и подобных проблем. Поэтому все больше стран понимают необходимость внедрения природоохранной политики, направленной на рациональное использование природных ресурсов и поддержание экологического баланса [6, с. 363]. В связи с высоким риском стихийных бедствий любые неправильные решения могут привести к серьёзным негативным последствиям. Наиболее предпочтительным является создание диверсифицированной экономики, включающей небольшие автономные предприятия с локальными системами жизнеобеспечения, поскольку такая структура легче адаптируется к разнообразию природно-ресурсного потенциала региона. Эти предприятия должны обладать способностью быстро реагировать на изменение природных условий и оперативно переключаться между различными ресурсами в зависимости от сезона и местоположения, демонстрируя высокую гибкость.

Важно учитывать, что проблемы прибрежной зоны затрагивают три уровня: региональный, территориальный и локальный. Современные альтернативы монопрофильному использованию природных ресурсов должны основываться на комплексном подходе, объединяющем различные отрасли и направленном на обеспечение безотходного производства. Сегодня большинство прибрежных регионов специализируются только на одном виде деятельности, а именно: марикультуре, рыболовстве, туризме или транспорте, что негативно влияет на устойчивость всей системы. Решением может стать интеграция этих отраслей в единую систему, позволяющую эффективно и всесторонне использовать природные ресурсы. На уровне региона приоритетными задачами являются развитие законодательства, организация береговой охраны и ведение кадастровых документов. На территориальном уровне важной ролью выступает функционально-географическое зонирование, которое заключается в определении оптимальных видов природопользования и схем хозяйствования для каждого конкретного участка.

Таким образом, выделение прибрежной зоны как отдельной единицы требует точного определения субъекта, осуществляющего природопользование, а также разработки специальных юридических норм, регулирующих взаимоотношения между различными видами природопользования. Помимо этого, необходимо создание береговой службы, ведение кадастра и проведение детального зонирования, что позволит перейти к модели устойчивого развития прибрежных территорий. Следует отметить, что при выделении прибрежной зоны в качестве относительно самостоятельного объекта рационального природопользования в каждом конкретном случае нужно определять

конкретного субъекта (природопользователя или владельца). Одновременно для реализации системы устойчивого развития на побережьях важно учредить береговую службу с функциями мониторинга, разработать прибрежно-морской кадастр, провести дробную делимитацию и функционально-географическое зонирование, а также определить наиболее предпочтительную для конкретной части береговой зоны схему природопользования и допустимые масштабы её эксплуатации [1, с. 74-76]. Состояние водных объектов и их потоков во многом зависит от видов хозяйственной деятельности, осуществляемой как непосредственно на водных объектах, так и на прилегающих к ним территориях. Поэтому российское законодательство, а также законодательство ряда других стран, предусматривают установление особых территорий, на которых вводятся специальные ограничения. В числе таких зон выделяются водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы. Согласно статье 65 Водного кодекса (ВК) РФ от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ, водоохранные зоны представляют собой территории, расположенные вдоль береговой линии морей, рек, ручьёв, каналов, озер и водохранилищ [6]. На этих территориях устанавливается особый режим использования, направленный на предотвращение загрязнения, засорения, заиливания и истощения водных объектов, а также на сохранение естественной среды обитания водных флоры и фауны. В рамках водоохранных зон дополнительно создаются прибрежные защитные полосы, для которых введены более строгие ограничения на хозяйственную деятельность [4].

Также в охране природных ландшафтов стоит отметить особое значение общественных экологических организаций, создаваемых на добровольной основе и не являющихся коммерческими структурами, стремящихся защищать окружающую среду и совершенствовать экологическую ситуацию в глобальном масштабе.

Основными направлениями работы таких объединений являются: 1) участие в законотворческом процессе; 2) экологическое воспитание и просвещение; 3) общественный контроль за соблюдением природоохранного законодательства; 4) общественная экологическая экспертиза; 5) научно-исследовательская работа; 6) организация массовых природоохранных мероприятий (озеленение и благоустройство, очистка зон массового отдыха, ликвидация стихийных свалок); 7) защита конституционных экологических прав граждан; 8) научно-техническая деятельность – организация научно-технических и научно-практических конференций, совещаний, семинаров, учёбы; 9) научно-издательская деятельность. Одной из ключевых задач общественных экологических организаций является способствование развитию экологически

устойчивого общества. Их деятельность направлена на продвижение экологически безопасных технологий, популяризацию использования возобновляемых источников энергии, поддержку экологического туризма, охрану редких видов растений и животных, уменьшение вредных выбросов в атмосферу, а также заботу о сохранении водных ресурсов. В первую очередь, экологические объединения сосредотачивают усилия на решении экологических проблем именно в том регионе, где они находятся [6, с. 364].

Таким образом, учитывая особенности больших береговых зон России и риски, вызванные изменением климата и ростом антропогенного воздействия, важно разрабатывать индивидуальные подходы к управлению прибрежными территориями. Использование различных индикаторов активности природных процессов позволит более эффективно анализировать и снижать негативное влияние неблагоприятных факторов, обеспечивая устойчивое развитие и сохранение уникальных экосистем морских побережий нашей страны.

Литература

1. Арзамасцев И.С. Прибрежно-морское природопользование: теория, индикаторы, региональные особенности / под общ. ред. П. Я Бакланова; отв. ред.: И. С. Арзамасцев; Российская акад. наук, Дальневосточное отд-ние, Тихоокеанский ин-т географии. Владивосток: Дальнаука, 2010. 307 с.

2. Береговых Х. Научное обеспечение сбалансированного планирования хозяйственной деятельности на уникальных морских береговых ландшафтах и предложения по его использованию на примере Азово-Черноморского побережья / под ред. Р.Д. Косьяна. Геленджик, 2013. С. 1752-1766.

3. Бурнашов Е. М. Современная динамика и геоэкологическое состояние морского берега Калининградской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Специальность 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле). ФГОУ ВПО «КГТУ». Барнаул, 2011. 12 с.

4. Сатдаров А.З. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы в законодательных системах России и мира / Вестник Удмуртского университета. 2015. Т. 25. № 4. С. 35-44.

5. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/4c65ff0f232195d8dccc08535d2c3923d5b67f1c

6. Шабалина Ю. С. Роль общественных экологических организаций в решении проблем природопользования и охраны среды на уровне региона // Система управления экологической безопасностью: материалы XVII международной научно-практической конференции. Екатеринбург: УрФУ, 2023. С. 363-364.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТРОПА В СУРГУТЕ: ИННОВАЦИОННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

Поздняков П.Н.

E-mail: pavelpozdno@gmail.com
Научный руководитель: Марциневская Л.В., к.г.н, доцент
ФГБУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В статье рассматривается потенциал создания экологической тропы как ключевого инструмента экологического просвещения населения города Сургута.

Ключевые слова: экологическое просвещение, экологическая тропа, урбанизация, Сургут, экологическая культура, устойчивое развитие, природоохранные технологии.

Сургут, как крупнейший промышленный центр Ханты-Мансийского автономного округа, сталкивается с комплексом экологических проблем, характерных для урбанизированных территорий с высокой концентрацией промышленных предприятий. В таких условиях развитие экологической культуры среди населения становится не просто важной общественной задачей, а необходимым условием для устойчивого развития города.

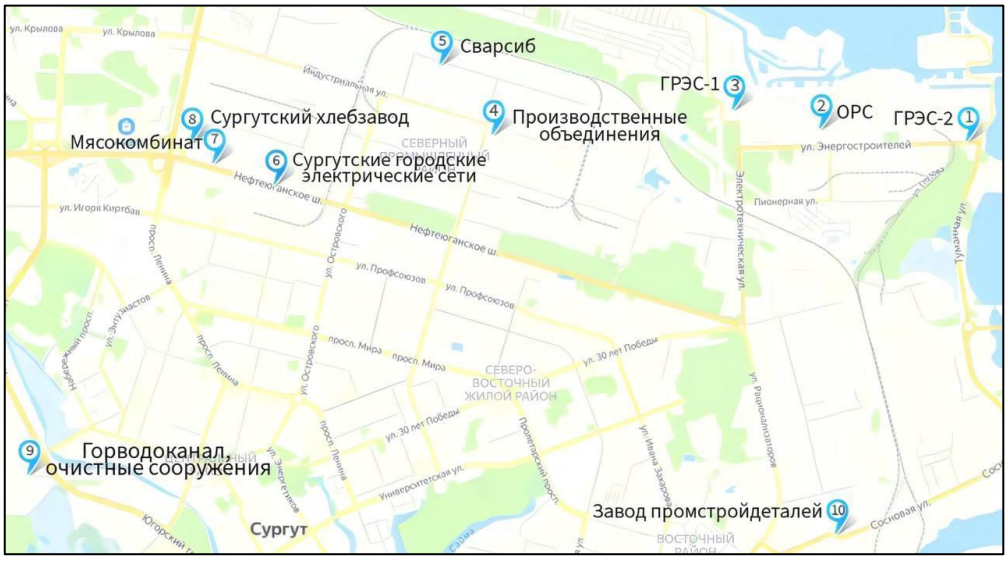


Рис. 1. Карта-схема ключевых промышленных объектов (составлено автором)

Город Сургут функционирует в условиях выраженного техногенного прессинга, обусловленного деятельностью предприятий топливно-энергетического комплекса, энергетики и транспорта.

Выбросы от стационарных источников (предприятия ТЭК, Сургутские ГРЭС-1 и ГРЭС-2) и автотранспорта формируют повышенные концентрации

загрязняющих веществ, с периодическим превышением ПДК по диоксиду азота, оксиду углерода и взвешенным частицам (PM2.5, PM10).

Почвенный покров испытывает техногенное давление, о чем свидетельствуют данные исследований СурГУ, выявившие в 500-метровой зоне от промышленных объектов содержание нефтепродуктов до 1,2 ПДК [2], что приводит к нарушению почвенного дыхания и биохимических процессов.

Несмотря на относительную стабильность крупных водных объектов, существует риск локального загрязнения малых рек и ручьев поверхностными стоками.

Парадоксально, но именно в условиях интенсивной урбанизации Сургут сохраняет значительный природно-рекреационный потенциал, что создает уникальные возможности для организации экологической деятельности. Этот потенциал признается на стратегическом уровне, в связи с чем сохранение и развитие экологического каркаса города является одним из приоритетов его развития в рамках стратегии «Сургут 2050» [8].

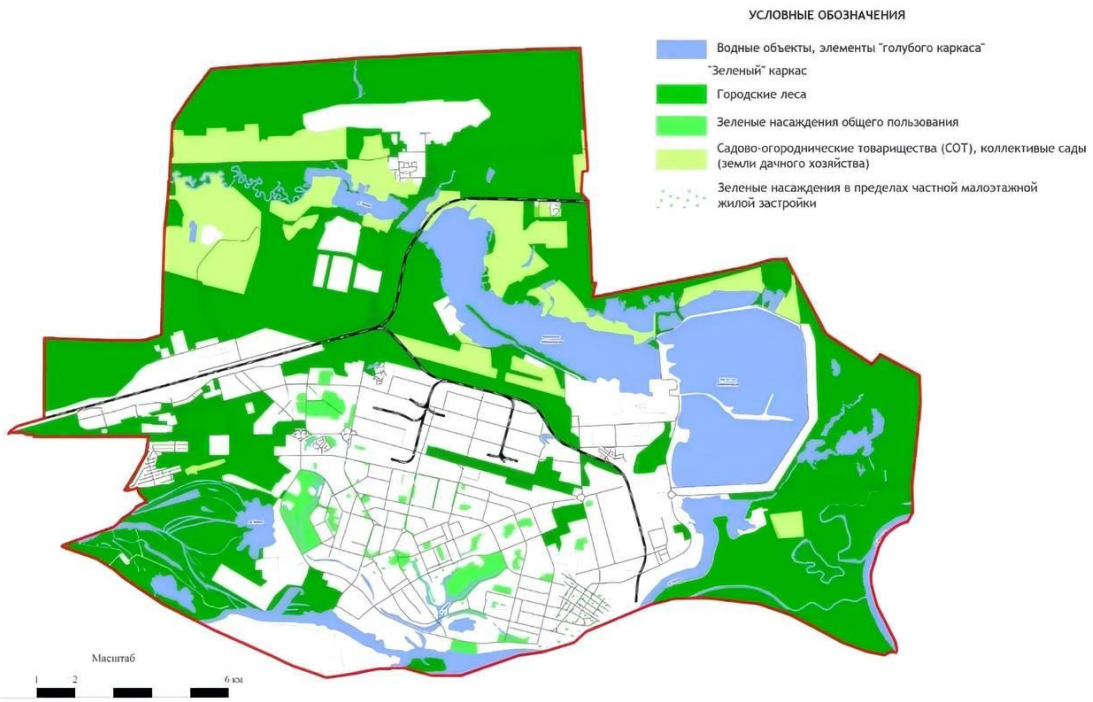


Рис. 2. Экологический каркас города Сургут [7]

Особую ценность представляют:

– пойменные комплексы реки Сайма с реликтовыми кедровыми рощами и местами гнездования редких видов птиц, включая орлан-белохвоста, занесенного в Красную книгу [4];

– озеро Кедровое, сохраняющее стабильное гидрохимическое состояние (II класс чистоты) и служащее местом нереста для 9 видов рыб [6];

– рекультивированные территории (лесопарк «Геолог»), демонстрирующие успешный опыт интеграции природных и антропогенных элементов.

В условиях таких экологических вызовов мировая практика предлагает эффективные решения, среди которых экологические тропы, зарекомендовавшие себя как инструмент экологического просвещения, рекреации и мониторинга состояния окружающей среды.

Зарубежные проекты (например, в Германии или США) часто делают акцент на развитой инфраструктуре и использовании цифровых технологий [1]. В то время как российский опыт, на примере троп в «Лосином острове» или Ханты-Мансийске, отличается большим вниманием к региональной специфике, интеграцией с образовательными программами и включением этнокультурного компонента [5]. Сравнительный анализ зарубежного и российского опыта создания экотроп приведен в таблице.

Таблица

Сравнительный анализ зарубежного и российского опыта создания экотроп
(составлено автором)

Критерии	Зарубежный опыт	Российский опыт
Цели экотроп	Повышение осведомленности о биоразнообразии, экосистемах, устойчивом туризме	Вовлечение в устойчивый туризм, развитие эко культуры
Уровень сложности	Для разных возрастных групп, от простых до научных маршрутов для исследователей	Для широкой аудитории с акцентом на образовательные программы для школьников и студентов
Технологии	Интерактивные элементы, мобильные приложения, экологические станции, виртуальные туры	Информационные стенды, экскурсии с проводниками, экологические фестивали
Типы информации	Информация о природных процессах, изменениях климата, биоразнообразии, угрозах экосистемам	Информация о флоре и фауне, антропогенных проблемах, сохранении экосистем
Образование	Часто включают в себя научные исследования, участие в волонтерских проектах	Вовлечение школьников и студентов в экологические проекты и программы
Роль жителей	Включение местных жителей в организацию мероприятий, создание экологически устойчивых сообществ	Вовлечение местных жителей в охрану природы, проведение местных образовательных мероприятий
Рекреация	Экологический туризм, активные прогулки, участие в эко туристических акциях	Экологический туризм, рекреация

Экологическая тропа, являясь эффективным инструментом, сочетающим образовательную, рекреационную и природоохранную функции, трансформируется из пассивного просветительского маршрута в действующую научно-демонстрационную площадку, что становится возможным благодаря ее ключевому свойству: она позволяет на практике продемонстрировать природные процессы, экологические взаимосвязи и последствия антропогенного воздействия, переводя абстрактные знания в

личный опыт гражданина [3]. Как следствие, тропа начинает служить наглядным доказательством устойчивости природных систем и их способности к самовосстановлению даже в условиях интенсивного антропогенного прессинга, характерного для промышленного Сургута.

Предложенная концепция экологической тропы представляет собой инновационный подход к решению экологических проблем промышленного города, выходящий за рамки традиционного просвещения и рекреации. Она превращает экологическую тропу в живую лабораторию устойчивого развития, где каждый посетитель не только наблюдает, но и участвует — с помощью интерактивных модулей, гражданских научных проектов и волонтерских акций по мониторингу.

В условиях промышленного Сургута тропа выполняет роль живой лаборатории устойчивого развития, где акцент сделан на интерактивность и участие. Через интерактивные модули, гражданские научные проекты и волонтерские акции по мониторингу посетители становятся активными участниками процесса. Таким образом, тропа выступает в качестве моста между промышленной реальностью и экологической ответственностью, демонстрируя на реальных примерах рекультивации и сохранения биоразнообразия практическую модель устойчивого сосуществования города и природы. В перспективе она служит пилотной площадкой для апробации и последующего масштабирования успешных экологических практик на весь город.

Таким образом, экотропа выступает не только как образовательный ресурс, но и как пилотная площадка для апробации экологических практик, которые в перспективе могут быть масштабированы на весь город, превращая локальные решения в системные изменения.

Литература

1. Baumkronenpfad im Nationalpark Hainich [Electronic resource]. – URL: https://www.baumkronenpfad.de/home (accessed 20.09.2025)

2. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 2022 году. – Ханты-Мансийск: Принт-Класс, 2023. – 184 с.

3. Иванова А. А. Городские экологические тропы: методическое пособие. – Екатеринбург: Уральский университет, 2020. – 112 с.

4. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: животные, растения, грибы / авт.-сост. А. В. Иванов и др. – Екатеринбург: Баско, 2022. – 460 с.

5. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 11.06.2021) // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 2. – Ст. 133.

6. Петрова А.С. Особенности экологического просвещения в нефтегазодобывающих регионах // Экология и промышленность России. – 2019. – № 5. – С. 34–38.

7. Пуд С.Г. Экологический каркас города Сургута: автореф. маг. дис. 05.04.06 Экология и природопользование. – Саратов, 2025. – 12 с.

8. Стратегия Сургута до 2050 года: проект // Агентство стратегических инициатив. – URL: https://strategy24.ru/surgut/projects/strategiya-surguta-do-2050-goda-proekt (дата обращения: 20.09.2025).

УДК 631.4

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ПОЧВ ДЛЯ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ

Пустовая И.А., Чендев Ю.Г.

E-mail: pustovayaia@yandex.ru
ФГБУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

В статье рассматриваются методологические вопросы исследования эволюции почв, при палеореконструкциях. Проведенный анализ существующих представлений об использовании разновозрастных почв для палеоэкологических исследований показал широкую вариабельность применяемых оценок и подходов к реконструкции палеоусловий: моделирование и сравнительно-профильный метод, сравнительно-географический и метод хронорядов. Подробно рассмотрена классификация методов, отмечаются слабые и сильные стороны различных подходов в палеопочвенных исследованиях.

Ключевые слова: Биогеоценозы, палеоэкологические реконструкции, погребенные почвы, эволюция почв

Исследование эволюции почв является одной из основных задач теоретического почвоведения, немалое значение в изучении почв имеет историческое развитие биогеоценозов [1, 9].

Основными целями исследования почв при изучении истории биогеоценозов являются:

а) познание закономерностей образования и развития основных типов современных почв от начала почвообразования до сегодняшнего состояния; т. е. исследование не только свойств почв и процессов почвообразования, но и их временной изменчивости и последовательности [5];

б) познание текущей жизни современных почв и выявление их свойств, унаследованных от предыдущего развития, актуально влияющих на текущую жизнь почвы [6];

в) выявление актуальных «сегодняшних» тенденций в развитии почв и прогноз изменений почв в будущем [1].

В различных литературных источниках приводятся методы изучения эволюции почв, ниже мы проанализировали основные труды в данном направлении.

Так, А.Л. Александровский, И.В. Иванов (2015) обобщили методы изучения эволюции почв [1], среди которых выделили следующие:

– Монопрофильные методы (в их основе лежит изучение отдельных почвенных профилей) такие, как генетический анализ почвенного профиля,

глубокопочвенные исследования и метод меток-реперов, свидетелей [1]. Два последних, как сообщают авторы, являются вспомогательными и представляют собой приемы в изучении эволюции почв и отдельных ее моментов.

– Методы прямых наблюдений – являются частью мониторинга за изменением почв (режимные наблюдения, повторные съемки и исследования) [3].

К методу прямых наблюдений можно отнести и стационарный метод, который представляет собой многолетние наблюдения за изменением процесса почвообразования на стационарном участке [9].

Следует отметить, что несмотря на точность метода прямых наблюдений, с его помощью невозможно произвести длительную ретроспективную реконструкцию почв (только возраст десятки – сотни лет), данное обстоятельство обусловлено краткостью и нерегулярностью наблюдений [8].

– Методы моделирования, полевые либо лабораторные, по сути, это искусственное экспериментальное воспроизводство процессов в почве, позволяющее экспериментально воспроизводить почвенные явления и процессы в контролируемых условиях [14].

– Сравнительно-профильный метод, ряд авторов дает ему понятие сравнительно-аналитического, в его основе лежит сравнение свойств и состава почвенных горизонтов со свойствами и составом почвообразующей породы [4]. Данный метод, является достаточно информативным, что обусловлено сравнением результатов генетического анализа различных почвенных профилей.

– Сравнительно-географические методы, представляют собой отождествление пространственного ряда почвенных типов, существование которых связано с определенными географическими условиями, с рядом последовательных стадий развития почвы во времени. Причину эволюции почв объясняют эволюцией фактора почвообразования, пространственное изменение которого соответствует наблюдаемому нами пространственному ряду почв [9].

– Вертикальные или стратиграфические хроноряды почв – серия расположенных одна над другой погребенных почв [2]. Наиболее известны стратиграфические хроноряды плейстоценовых почв в лёссовых толщах. Оценка сравнительного возраста почв в вертикальных рядах проще, чем в горизонтальных рядах. Для голоценовых почв часты случаи совмещения горизонтальных и вертикальных хронорядов, особенно под многочленными эоловыми наносами и выходящими на поверхность «откопанными» почвами [7].

– Сравнительно-хронологические методы, к числу которых относится метод хронорядов [13]. Различие почв по возрасту и идентичность по всем остальным факторам – главное условие построения хроноряда. Только в таком случае можно считать, что почвы хроноряда развивались по одному пути и

различия между ними обусловлены возрастом почвообразования. Для разработки метода хронорядов большое значение имели работы Иенни (1941), Стивенса и Уолкера (1979), Фрикена (1975), Геннадиева (1978) [5, 8, 10]. Применение его стало возможным с разработкой методов датирования почв [1].

В современной науке различают хроноряды дневных и погребенных почв [13].

– Метод дневных хронорядов разновозрастных почв, представляет собой ряды почв с различными первичными или вторичными нуль-моментами на идентичных породах и элементах рельефа, обычно располагающиеся на небольших расстояниях друг от друга.

– Метод хронорядов погребенных почв представляет сравнительное изучение почв под искусственными или естественными наносами как на общей поверхности рельефа, так и в вертикальных последовательных напластованиях.

– Горизонтальные хроноряды погребенных почв – серии почв, погребенных в различное время на единой одновозрастной поверхности. В этом случае погребенные почвы зафиксировали состояние современных дневных почв на какой-то период голоцена. Примеры горизонтальных хронорядов – почвы, погребенные валами, насыпями, курганами, песчаными дюнами, грядами и т.д. [8].

Диагенетическим (педометаморфическим) изменениям подвержены динамические свойства погребенных почв: содержание органического вещества, структура гумусовых горизонтов, состав и профильное распределение водорастворимых солей, обменных катионов и т.д. [3]. Выраженность диагенетических изменений и сохранность исходных (диагностических) признаков зависят от условий захоронения (скорость образования наноса), мощности и состава перекрывающих слоев, исходного характера почвы и других особенностей [9].

Изучение погребенных почв позволяет значительно больше узнать об их эволюции [14].

Принципиальным вопросом исследований эволюции почв является разделение изменений почв во времени от изменений, связанных с пространственным варьированием свойств как погребенных, так и фоновых почв [11]. Необходимо сопоставлять разновозрастные почвы, аналогичные по материнским породам, по положению в рельефе, в рядах катен и по многим другим признакам.

Благоприятным условием сопоставления свойств палеопочв, которое, однако, не устраняет всех противоречий, является сходство фоновых почв изучаемых объектов. В таких случаях имеется возможность с высокой вероятностью отнести изменения погребенных почв за счет времени и различных условий почвообразования в былые эпохи.

Одним из способов уменьшения доли пространственного варьирования и выяснения на его фоне закономерностей изменения свойств почв во

времени является определение относительных величин параметров погребенных почв от значений их у современных фоновых почв, принимаемых за 100 % [12].

Таки образом, при проведении палеопочвенных реконструкций необходимо весьма взвешенно подходить к выбору методике исследования, зачастую требуется комплексный подход и учет пространственно-временных вариаций.

Литература

1. Александровский, А.Л. Методы изучения эволюции и возраста почв и почвенного покрова / А.Л. Александровский, И.В. Иванов // Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв. М.: ГЕОС, 2015. – Глава 3. – С. 39-57

2. Александровский, А.Л. Почвы со вторым гумусовым горизонтом и палеочерноземы как свидетельства эволюции педогенеза в голоцене на периферии лесной зоны и в лесостепи (обзор) / А.Л. Александровский, Ю.Г. Чендев, А.А. Юртаев // Почвоведение. 2022. – № 2. – С. 147-167.

3. Возраст и эволюция черноземов / Н.Я. Марголина, А.Л. Александровский, Б.И. Ильичев и др. – М.: Наука, 1988. – 144 с.

4. Геккер, Р.Ф. Введение в палеоэкологию / Р.Ф. Геккер. – М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1957. – 126 с.

5. Геннадиев, А.Н. Почвы и время: модели развития / А.Н. Геннадиев. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 232 с.

6. Козловский, Ф. И. Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв / Ф.И. Козловский. - М.: Наука, 1991. – 196 с.

7. Кочубей, О. В. Реконструкции природных обстановок ландшафтов средне- и позднеголоценового времени на основе комплексного использования палинологического и геохимического методов / О. В. Кочубей, В. Е. Марков, О. Ф. Дзюба, Е. М. Нестеров // Вестник СПбГУ. Сер. 3, 2012. – Вып. 2 – С. 13-27

8. Память почв: Почва как память геосферно-биосферноантропосферных взаимодействий / Отв. ред. В.О. Таргульян, С.В. Горячкин. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 692 с.

9. Пустовая И.А. Опыт использования почв под выбросами из нор лесных животных для палеоэкологических реконструкций / И.А. Пустовая // Инновационное развитие современной науки: новые подходы и актуальные исследования" (31 января 2024, Москва). Сб. материалов Международной научно-практической конференции. - Издательство ЦРОН, Издательство АЛЕФ, 2024 – С. 53-59

10. Пшеничников, Б.Ф. Основы почвоведения / Б.Ф. Пшеничников. – ФГАОУ ВО ДВФУ, 2021. – С. 59

11. Чендев, Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене / Ю.Г. Чендев. – М.: ГЕОС, 2008. – 212 с.

12. Чендев, Ю.Г. Контрастные варианты эволюции почв археологических памятников в поймах рек лесостепи Средрерусской возвышенности / Ю.Г. Чендев и др. // Почвоведение. 2021. – № 4. – С. 1-20.

13. Федюнин, И.В. Междисциплинарные исследования стоянки Каменка 1 и некоторые проблемы изучения мезолита Донского левобережья / И.В. Федюнин, Ю.Г. Чендев, Т.Ф. Трегуб // Вестник Томского государственного университета, 2021 – № 469. – С. 210-225

14. Bottjer J. David Palaeoecology. Past, Present, and Future / Wiley-Blackwell, 2016. – 232 p.

УДК 519.2 502.4

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА: ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ И МЕРЫ БОРЬБЫ

Сафонов К.А.

E-mail: vegamegawolf@gmail.com
Научный руководитель: Фахрутдинов Р.Р., доцент, канд. техн. наук
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия

Загрязнение воздуха является одной из наиболее острых экологических проблем современного мира, оказывающей существенное влияние на здоровье человека, состояние окружающей среды и климатические процессы. В данной статье рассматриваются основные источники загрязнения атмосферы, их роль в формировании экологической ситуации, а также анализируются современные меры по снижению уровня вредных веществ в воздухе. Особое внимание уделяется роли государственных программ, технологий очистки и общественного участия в борьбе с загрязнением. Подчеркивается необходимость комплексного подхода и международного сотрудничества для достижения устойчивого экологического баланса.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, источники загрязнения, меры борьбы, экологическая безопасность, очистка воздуха, устойчивое развитие

Введение. Качество воздуха является одним из ключевых индикаторов экологического благополучия региона. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодно около 7 миллионов человек умирают от заболеваний, связанных с ухудшением качества атмосферного воздуха. Загрязнённый воздух негативно влияет на здоровье человека, вызывая респираторные заболевания, сердечно-сосудистые патологии, а также ухудшая качество жизни и снижая работоспособность населения. Помимо этого, загрязнение атмосферы способствует изменению климата, деградации природных экосистем и нарушению биологического баланса на планете [7].

Цель данной статьи – проанализировать основные источники загрязнения воздуха и рассмотреть современные меры по их устранению и снижению вредных выбросов.

Основные источники загрязнения воздуха

Источники загрязнения можно условно разделить на две категории: антропогенные (человеческие) и природные.

Антропогенные источники

Промышленные предприятия

Промышленные комплексы являются одними из крупнейших источников выбросов вредных веществ в атмосферу. Они выделяют диоксид серы (SO_2), оксиды азота (NO_x), твердые частицы (ПМ), летучие органические соединения (ЛОС) и тяжелые металлы. Например, металлургические заводы выбрасывают значительные объемы пыли и токсичных веществ, что негативно сказывается на здоровье работников и населения вблизи промышленных зон. Современные

технологии позволяют снизить эти выбросы за счет установки очистных сооружений, таких как электрофильтры и скрубберы [5].

Транспорт

Автомобильный транспорт – один из наиболее значимых источников городского загрязнения. Выбросы содержат оксиды азота (NO_x), углеводороды (HC), твердые частицы (ПМ) и углекислый газ (CO_2). Особенно опасен дизельный транспорт из-за высокого содержания твердых частиц и ЛОС. Согласно исследованиям HEI & UNEP (2019), транспорт является причиной до 40 % всех городских выбросов вредных веществ в развитых странах. Внедрение электромобилей, развитие общественного транспорта и использование альтернативных видов топлива позволяют значительно снизить эти показатели [4].

Энергетика

Использование ископаемого топлива для производства электроэнергии – один из крупнейших факторов загрязнения атмосферы. Тепловые электростанции на угле, нефти или газе выбрасывают большое количество SO_2, NO_x и ПМ. По данным IPCC (2021), энергетический сектор остается основным источником глобальных выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ. Переход к возобновляемым источникам энергии – солнечной, ветровой, гидроэнергетике – является важнейшей стратегией снижения экологической нагрузки [1].

Домашние очаги

Использование биотоплива для отопления жилых помещений вызывает значительные выбросы частиц пыли, CO_2 и других вредных веществ внутри домовладений. Особенно актуально для развивающихся стран с низким уровнем доступа к централизованному теплоснабжению. Внедрение современных систем отопления и использование экологически чистых видов топлива способствуют снижению этих выбросов [3].

Природные источники

Пыль из пустынь – переносится ветром на большие расстояния.

Лесные пожары – выделяют большое количество ПМ, CO_2 и других веществ.

Вулканическая деятельность – выбросы диоксидов серы, пепла.

Биологические процессы – выделение метана из болот или разлагающихся органических веществ.

Однако антропогенные источники значительно превосходят природные по масштабу воздействия на качество воздуха.

Меры борьбы с загрязнением воздуха

Для снижения уровня вредных веществ применяются комплексные стратегии:

Законодательное регулирование

Создание нормативов по допустимым уровням выбросов является основой государственной политики в области охраны окружающей среды. Например, директива Европейского союза по качеству атмосферного воздуха устанавливает лимиты для SO_2, NO_x, ПМ10 и других веществ (EU Commission, 2008). В России действует Федеральный закон «Об охране окружающей среды», а также национальные стандарты по качеству воздуха.

Технологические инновации

Установка фильтров и скрубберов на промышленных объектах.

Использование каталитических нейтрализаторов в автомобилях.

Развитие возобновляемых источников энергии.

Внедрение систем очистки газовых потоков.

Мониторинг ситуации

Использование спутниковых данных совместно с наземными станциями позволяет отслеживать уровни загрязнения в реальном времени. Такие системы помогают оперативно реагировать на превышения нормативов [2].

Общественное участие

Образовательные кампании повышают осведомленность населения о вреде загрязнения воздуха. Гражданский контроль за соблюдением экологических стандартов способствует снижению выбросов через инициативы по мониторингу и отчетности.

Международное сотрудничество

Глобальные программы по сокращению парниковых газов – например, Парижское соглашение – способствуют снижению общего уровня загрязнений на планете. Международное взаимодействие важно для обмена опытом и внедрения передовых технологий [6].

Перспективы развития борьбы с загрязнением воздуха

Современные технологии позволяют разрабатывать более эффективные системы очистки: фотокаталитические покрытия или биологические фильтры. Важна интеграция систем мониторинга с управлением городским транспортом для оптимизации его работы. Переход к экологически чистым видам транспорта – электромобилям или общественному транспорту с низким уровнем выбросов – также является важным направлением развития.

Международное сообщество должно продолжать усилия по созданию единых стандартов качества воздуха и обмену передовым опытом для достижения глобальных целей по улучшению экологической ситуации.

Заключение. Качество воздуха является одним из важнейших аспектов экологического благополучия и здоровья населения. Его состояние напрямую влияет на физическое и психологическое здоровье человека, а также на устойчивое развитие городских и сельских территорий. В современном мире проблема загрязнения атмосферы приобретает все большую остроту из-за роста промышленного производства, увеличения автотранспортных средств и энергетического потребления, что приводит к значительным выбросам вредных веществ.

Анализ источников загрязнения показывает, что основными виновниками ухудшения качества воздуха являются антропогенные факторы – промышленные предприятия, транспорт, энергетика и бытовое использование топлива. Эти источники выбрасывают в атмосферу диоксиды серы, азота, твердые частицы, летучие органические соединения и тяжелые металлы, что вызывает широкий спектр заболеваний у населения, ухудшает экологическую обстановку и способствует глобальному потеплению.

Для борьбы с этой проблемой необходимо внедрение комплексных мер. Законодательное регулирование и стандартизация позволяют установить

допустимые уровни загрязнений и обеспечить контроль за их соблюдением. Технологические инновации – установка очистных сооружений, развитие экологически чистых видов транспорта и переход на возобновляемые источники энергии – существенно снижают объем вредных выбросов. Важную роль играет мониторинг ситуации с помощью современных систем наблюдения за качеством воздуха, что позволяет своевременно реагировать на превышения нормативов.

Общественное участие и просвещение населения также являются важными компонентами успешной борьбы с загрязнением атмосферы. Повышение экологической ответственности граждан способствует формированию культуры бережного отношения к окружающей среде и стимулирует инициативы по снижению индивидуальных выбросов.

Международное сотрудничество играет ключевую роль в решении глобальных проблем загрязнения воздуха. Совместные усилия по обмену опытом, внедрению передовых технологий и соблюдению международных стандартов позволяют добиться значительных успехов в улучшении экологической ситуации на планете.

Несмотря на существующие достижения, проблема загрязнения воздуха остается актуальной и требует постоянного внимания со стороны государственных органов, научных учреждений, бизнеса и общества в целом. Только системный подход, основанный на научных данных, инновациях и активном участии всех заинтересованных сторон, способен обеспечить устойчивое улучшение качества воздуха.

В будущем необходимо продолжать развитие технологий очистки атмосферы, расширять использование возобновляемых источников энергии, внедрять умные системы управления транспортом и промышленностью. Важным аспектом является формирование экологической культуры среди населения – осознание важности сохранения чистоты воздуха для здоровья будущих поколений.

Подводя итог, можно сказать: сохранение чистоты воздуха – это не только задача экологической службы или правительства, а ответственность каждого человека. Совместными усилиями мы можем создать более безопасную и здоровую окружающую среду для себя и будущих поколений.

Литература

1. Воробьёв В.А., Иванов В.В. Экология и охрана окружающей среды. – М.: Издательство МГУ, 2015.

2. Гусев А.В., Смирнова Е.И. Загрязнение атмосферы и здоровье человека // Экологическая безопасность России. – 2017. – № 3. – С. 45–52.

3. Иванов А.П., Петрова Н.В. Технологии очистки воздуха в промышленности // Техника и технология, 2019, № 4, с. 23–29.

4. Кузнецов Ю.И., Лебедева Т.А. Основные источники загрязнения воздуха и пути их устранения // Экология и промышленность России, 2018, № 2, с. 12–19.

5. Михайлов В.Н., Сидорова Е.А. Законодательство в области охраны атмосферного воздуха // Правовые основы экологической деятельности, 2020.

6. Федоров А.В., Новикова И.Ю. Современные технологии мониторинга загрязнения воздуха // Инновационные технологии в экологии, 2021, № 1, с. 34–41.

7. Шмидт Л., Ковалев А., Петров В. Международное сотрудничество в области охраны атмосферы // Экологическая политика России и мира, 2016.

УДК 332.3

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ КАДАСТРОВЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНОГО СООРУЖЕНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Семенов М.Ю.

E-mail: Kripsem@gmail.com
Научный руководитель: Сутормина Э.Н. кандидат географических наук,
доцент департамента географии и геоинформатики
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»,
Ставрополь, Россия

В статье рассмотрены актуальные вопросы подготовки кадастровых документов для линейных объектов на примере подводящего газопровода высокого давления в Шпаковском районе Ставропольского края. Проанализирована нормативно-правовая база, регламентирующая кадастровый учет линейных сооружений. Особое внимание уделено технологиям полевых геодезических работ и камеральной обработки данных с использованием современного оборудования. Приведены результаты уточнения местоположения и характеристик газопровода, описана структура подготовленного технического плана. Рассчитана экономическая эффективность проводимых кадастровых работ. Показано, что своевременное и точное отражение сведений об объектах газотранспортной инфраструктуры в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН) является ключевым фактором их безопасной эксплуатации и устойчивого развития территорий.

Ключевые слова: государственный кадастровый учет, линейный объект, технический план, газопровод, охранная зона, ЕГРН, геодезические измерения, Шпаковский район, кадастровый инженер.

Введение. Динамичное развитие инфраструктуры газотранспортных сетей в Российской Федерации обуславливает возрастающую значимость эффективного управления земельными ресурсами и объектами недвижимости. Особую важность в этом процессе приобретает кадастровый учет не только самих линейных объектов, но и их охранных зон, поскольку он обеспечивает юридическую прозрачность, контроль за использованием земель и безопасность эксплуатации газораспределительных систем [5, 7].

Шпаковский район Ставропольского края является ключевым звеном газотранспортной сети Юга России. Высокая степень газификации района (более 97 %) и наличие протяженных магистральных и распределительных сетей определяют необходимость детального изучения особенностей постановки на кадастровый учет объектов и их охранных зон в данном регионе. Проблемы, связанные с оформлением прав, определением границ охранных зон и соблюдением требований законодательства, требуют комплексного анализа и выработки практических решений.

Целью данного исследования являлась разработка и апробация методики подготовки кадастровых документов для уточнения характеристик

линейного сооружения газотранспортной сети (подводящего газопровода высокого давления) с последующим внесением изменений в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН).

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить нормативно-правовую базу, регулирующую подготовку кадастровых документов для линейных объектов;
- проанализировать природно-хозяйственные условия Шпаковского района;
- выполнить комплекс геодезических и камеральных работ;
- подготовить технический план сооружения;
- оценить экономическую эффективность и стоимостные показатели кадастровых работ.

Материалы и методы. Нормативно-методической базой исследования послужили федеральные и региональные нормативные акты. Ключевыми документами выступили: Федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» [5], Федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ «О кадастровой деятельности» [7], Земельный кодекс РФ [4], Градостроительный кодекс РФ [2], Приказ Росреестра от 15.03.2022 № П/0082 «Об установлении формы технического плана...», СП 36.13330.2021 «Магистральные трубопроводы» [8].

Объектом исследования выступило линейное сооружение – подводящий газопровод высокого давления с кадастровым номером 26:11:000000:2160, проходящий через территорию Шпаковского муниципального округа Ставропольского края. Протяженность объекта составляет 10 385 метров.

В процессе работы применялись как общенаучные методы (анализ, синтез, сравнение), так и специальные:

– *Полевые геодезические методы:* Рекогносцировка местности, спутниковые геодезические измерения с использованием GNSS-оборудования (приемник Leica GS08 plus), тахеометрическая съемка (тахеометр Spectra Precision 8 2"), лазерное сканирование (дальномер Leica Disto D210).

– *Камеральные методы:* Обработка результатов измерений, уравнивание геодезических сетей, построение цифровых моделей, подготовка графических материалов в программных комплексах CREDO, AutoCAD и ГИС ArcGIS.

– *Экономический анализ:* Расчет затрат на проведение кадастровых работ, оценка экономической эффективности.

Все геодезические измерения выполнялись в местной системе координат МСК-26 (зона 1) с привязкой к пунктам государственной геодезической сети (ГГС). Точность измерений соответствовала нормативным требованиям для линейных объектов I категории (максимальная погрешность определения координат не более 0,05 м).

Результаты и их обсуждение. Нормативно-правовые основы и особенности объекта. Кадастровый учет линейных объектов газотранспортной инфраструктуры представляет собой строго регламентированный процесс. Для магистральных газопроводов высокого давления (к которым относится исследуемый объект) максимально допустимая погрешность определения координат характерных точек составляет не более 5 см, что подтверждает необходимость использования высокоточных методов геодезических измерений [7, 8]. Особое внимание при подготовке технического плана уделяется установлению и описанию охранных зон, размер которых для объектов высокого давления может достигать 100 метров по обе стороны от оси трассы [6].

Природно-хозяйственная характеристика района. Шпаковский муниципальный округ имеет ярко выраженную сельскохозяйственную направленность. По данным анализа, пашни занимают 45,63 % территории (107 848 га), пастбища – 36,79 % (86 991 га). Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения составляет 204 383 га (86,5 % от территории района). Численность населения – 167 823 человека, из которых 68 % проживает в городской местности (г. Михайловск). Газоснащением охвачено более 97 % потребностей района, что подчеркивает критическую важность точного и актуального кадастрового учета объектов его инфраструктуры.

Технология выполнения кадастровых работ. Работы по уточнению характеристик газопровода включали несколько этапов:

1. *Подготовительный этап:* Сбор и анализ исходных данных (кадастровые выписки, технический паспорт, проектная документация).
2. *Полевой этап:* Проведение геодезической съемки трассы газопровода и его охранных зон. Координаты характерных точек определялись методом спутниковых измерений в режиме RTK, что обеспечило высокую точность (средняя квадратическая погрешность не превысила 0,10 м).
3. *Камеральный этап:* Обработка полученных данных, построение цифровой модели объекта, подготовка текстовой и графической частей технического плана.

Таблица 1

Основные технические характеристики газопровода

Параметр	Значение
Кадастровый номер	26:11:000000:2160
Наименование	Подводящий газопровод высокого давления к с. Татарка
Протяженность, м	10 385
Диаметр труб, мм	219
Давление, МПа	Высокое (свыше 0,6 МПа)
Количество кадастровых кварталов	8
Система координат	МСК-26 (зона 1)

Подготовка технического плана. Технический план был подготовлен в соответствии с требованиями Приказа Росреестра № П/0082. Документ включил следующие разделы:

- титульный лист;
- исходные данные;
- сведения о пунктах геодезической сети и средствах измерений;
- описание местоположения объекта недвижимости;
- характеристики объекта недвижимости;
- заключение кадастрового инженера.

В графических приложениях были отражены схема расположения газопровода, границы его охранных зон и расположение характерных точек. В ходе кадастровых работ было выявлено расхождение между фактическим расположением линейного сооружения и сведениями, содержавшимися в ЕГРН, что потребовало внесения изменений для устранения кадастровой ошибки.

Экономическая эффективность. Затраты на проведение кадастровых работ для объектов газотранспортной сети складываются из стоимости полевых изысканий (45-50 %) и камеральной обработки (25-30 %). Для магистральных газопроводов в условиях Шпаковского района стоимость работ на 1 км трассы составляет в среднем 55-85 тысяч рублей.

Таблица 2

Структура затрат на кадастровые работы (на 1 км газопровода)

Этап работ	Удельный вес, %	Диапазон стоимости, руб.	Основные виды затрат
Полевые изыскания	45-50	35 000 – 50 000	ФОТ геодезистов, амортизация оборудования, транспорт
Камеральная обработка	25-30	20 000 – 35 000	ФОТ кадастрового инженера, лицензионное ПО
Итого прямые затраты	70-80	55 000 – 85 000	

Экономическая эффективность проявляется как в прямой экономии (снижение риска судебных споров, оптимизация налоговых платежей за землю), так и в косвенных выгодах: повышение уровня безопасности эксплуатации, снижение аварийности, рост инвестиционной привлекательности объектов инфраструктуры. Прогнозируемый рост потребления газа в районе к 2041 году на 117 % (с 173,2 до 376,0 тыс. м³/год) дополнительно обосновывает необходимость своевременных и точных кадастровых работ.

Безопасность жизнедеятельности. При проведении полевых работ особое внимание уделялось соблюдению норм охраны труда, техники

безопасности при работе с геодезическим оборудованием, электробезопасности и противопожарной безопасности. Использование беспилотных летательных аппаратов для аэрофотосъемки позволило минимизировать риски при обследовании труднодоступных участков трассы.

Заключение. Проведенный комплекс кадастровых работ позволил уточнить ключевые характеристики линейного объекта газотранспортной сети – подводящего газопровода высокого давления в Шпаковском районе Ставропольского края. В результате были получены актуальные данные о его местоположении и технических параметрах, что необходимо для внесения изменений в ЕГРН.

Подготовка кадастровых документов для таких объектов требует строгого соблюдения нормативных требований к точности измерений, использования современного геодезического оборудования и специализированного программного обеспечения. Учет особенностей района (высокая доля земель сельскохозяйственного назначения, значительная протяженность газотранспортной сети) является необходимым условием успешного выполнения работ.

Разработанная методика может быть применена для кадастрового учета и актуализации сведений об аналогичных объектах в других регионах Российской Федерации. Результаты работы способствуют обеспечению юридической чистоты прав на объекты недвижимости, повышению точности кадастровых данных и, как следствие, эффективному и безопасному управлению газотранспортной инфраструктурой, что является важным фактором устойчивого развития территорий.

Литература

1. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов. – М.: Высшая школа, 2016. – 448 с.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 01.03.2025). – URL: http://www.consultant.ru
3. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 20.03.2025). – URL: http://www.consultant.ru.
4. О государственной регистрации недвижимости: Федеральный закон от 13.07.2015 N 218-ФЗ (ред. от 23.05.2025). – URL: http://www.consultant.ru.
5. О кадастровой деятельности: Федеральный закон от 24.07.2007 N 221-ФЗ (ред. от 26.12.2024). – URL: http://www.consultant.ru.
6. Об утверждении Правил охраны магистральных трубопроводов: Постановление Правительства РФ от 24.04.2023 N 675 (ред. от 01.01.2025). – URL: http://www.consultant.ru
7. Об утверждении формы технического плана, требований к его подготовке и состава содержащихся в нем сведений: Приказ Росреестра от 15.03.2022 N П/0082. – URL: http://www.consultant.ru.
8. СП 36.13330.2021. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85*. – М., 2021.
9. Официальный сайт администрации Шпаковского района Ставропольского края. – URL: https://shmr.ru/.

УДК 332.3, 504.53.062.4

КОМПЛЕКС ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Шевченко Е.М., Белова А.В.

E-mail: alena080772@gmail.com
Научный руководитель: Белова А.В. кандидат географических наук, доцент, заведующий базовой кафедрой ведения ЕГРН
«Северо-Кавказский федеральный университет», город Ставрополь, Российская Федерация

В статье рассматривается комплекс землеустроительных мероприятий, направленных на рациональное использование деградированных земель. Анализируются причины деградации земель, методы восстановления почвенного плодородия и подходы к планированию рационального использования деградированных земельных ресурсов в условиях современных экологических и экономических требований.

Ключевые слова: землеустройство, деградированные земли, рациональное использование земель, мелиорация земель, рекультивация земель, восстановление плодородия почв.

Под деградацией понимают устойчивое ухудшение свойств почвы как среды обитания биоты, а также снижение ее плодородия в результате воздействия природных или антропогенных факторов. Деградация почвы может быть разделена на:

– физическую (ухудшение гидрофизических свойств почвы, нарушение почвенного профиля);

– химическую (ухудшение химических свойств почвы, истощение запасов питательных элементов, вторичное засоление, вторичное осолонцевание, загрязнение ксенобиотиками);

– биологическую (снижение видового разнообразия, нарушение оптимального соотношения различных видов почвенной мезофауны и микроорганизмов, загрязнение почвы патогенными и др. не свойственными ей микроорганизмами, ухудшение санитарно-эпидемиологических показателей).

Причиной деградации являются самые разные факторы: сельскохозяйственная деятельность, перевыпас, сведение лесов, опустынивание и др.

Для обеспечения надежной защиты почв и восстановления деградированных территорий необходимо проводить комплексные мелиоративные мероприятия, включающие агротехнические, агрохимические, агробиологические, агролесомелиоративные, фитомелиоративные и гидромелиоративные работы, параллельно с формированием системы агроландшафтного мелиоративного земледелия. Такой подход позволит решить на уровне всего земельного фонда сельскохозяйственного назначения

Российской Федерации задачи по снижению эрозионных процессов, предотвращению потери сельскохозяйственных угодий, эффективному использованию биоклиматического потенциала страны, улучшению экологического состояния и повышению устойчивости агросферы к природно-техногенным воздействиям, а также сохранению и увеличению рабочих мест в сельскохозяйственной отрасли и улучшению уровня жизни сельского населения.

Разработка мероприятий по восстановлению деградированных земель включает в себя определение целей и задач, выбор методов, разработку проекта и его реализацию. Цели и задачи разработки мероприятий по восстановлению деградированных земель охватывают весь спектр действий – от диагностики и проектирования до практической реализации и контроля, направленных на восстановление плодородия, экологической устойчивости и продуктивности почв, а также на обеспечение долгосрочного и рационального использования земельных ресурсов.

Цели восстановления деградированных земель:

1. Восстановление плодородия и продуктивности почв. Возвращение земель в сельскохозяйственный оборот или иное целевое использование, повышение урожайности, улучшение качества почвенного покрова.

2. Стабилизация сельскохозяйственного производства. Создание условий для устойчивого земледелия, снижение рисков потери урожая из-за деградации почв.

3. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность. Предотвращение дальнейшего ухудшения состояния земель, защита от эрозии, заболачивания, засоления, загрязнения, сохранение биоразнообразия и экосистемных функций.

4. Обеспечение устойчивого развития территорий. Создание условий для долгосрочного использования земель, поддержание их пригодности для хозяйственной деятельности и удовлетворения социально-экономических потребностей общества.

5. Сохранение и восстановление ландшафтов. Восстановление рельефа, растительного покрова, лесовосстановление, создание новых устойчивых ландшафтов.

6. Достижение международных и национальных целей в области устойчивого развития. Вклад в решение глобальных и региональных задач по предотвращению деградации земель и обеспечению устойчивого управления природными ресурсами.

Методы восстановления деградированных земель разнообразны и подбираются в зависимости от типа и степени деградации, а также целевого назначения территории. Основные методы включают:

1. **Рекультивация.** Искусственное воссоздание плодородия почвы и растительного покрова, нарушенного из-за горных разработок, строительства дорог и других работ.

Рекультивация бывает двух видов:

– техническая рекультивация – удаление мусора, планировка, засыпка провалов, террасирование, создание дренажных систем, нанесение плодородного слоя почвы;

– биологическая рекультивация – посев травосмесей, посадка древесных и кустарниковых пород, внесение удобрений и сидератов, фитомелиорация для восстановления структуры и плодородия почвы.

2. Консервация. Временное прекращение использования земель, если за короткое время восстановить их плодородие невозможно.

3. Мелиорация. Повышение продуктивности и устойчивости земледелия за счёт сохранения и повышения плодородия земель, а также вовлечения в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых участков. Выделяют несколько видов мелиорации: гидромелиорация, агролесомелиорация, химическая мелиорация, тепловая мелиорация, биологическая мелиорация.

Согласно Федеральному закону от 10 января 1996 г. N 4-ФЗ «О мелиорации земель» выделяют пять основных типов мелиорации: гидромелиорация, агролесомелиорация; культуртехническая мелиорация, химическая мелиорация и агрофитомелиорация. Кроме того, отдельно выделяют тепловую мелиорацию.

Разработка мероприятий по восстановлению деградированных земель требует комплексного подхода, который включает исследование и оценку состояния земель, планирование и выбор эффективных методов восстановления, их практическое применение, а также постоянный мониторинг эффективности и обеспечение устойчивого использования восстановленных территорий. Не менее важным является привлечение инвестиций, взаимодействие с научными организациями и местными сообществами. Такой системный подход позволяет не только вернуть плодородие почв, но и предотвратить повторное ухудшение состояния земель, что способствует устойчивому развитию и охране окружающей среды.

Литература

1. Балыбердин, В. В. Землеустройство и мониторинг земель / В. В. Балыбердин. – М.: Юрайт, 2021. – 352 с.

2. Государственный доклад «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2023 году» / Росреестр. – М., 2024. – 210 с.

3. Гринь, Г. И. Деградация почв и пути её предотвращения / Г. И. Гринь. – М.: Колос, 2020. – 240 с.

4. Иванова, Е. В. Оценка эффективности рекультивационных мероприятий / Е. В. Иванова // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2021. – № 2. – С. 45-53.

5. Кравченко И.И. Мелиорация почв: учебник – М.: Колос, 2020. – 320 с.

6. Кузнецова А.И. Справочник по мелиорации земель – М.: Агропромиздат, 2020. – 512 с.

7. Мельников, А. В. Восстановление деградированных земель / А. В. Мельников. – М.: Колос, 2022. – 184 с.

8. О рекультивации и консервации земель: Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 № 800 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2018. – № 29. – Ст. 4359.

9. Снакин В.В. Экология и охрана природы. Словарь-справочник.

УДК 574:504

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

Шерашова Я. А.

E-mail: sherashovanina@gmail.com
Научные руководители: Новиков А.В., преподаватель
Российский государственный социальный университет, Москва, Россия
Сумарукова О.В., учитель Биологии и Химии
ГБОУ города Москвы школа № 1223, Москва, Россия

В статье рассматривается влияние антропогенной нагрузки на состояние водных ресурсов Краснодарского края. Проанализированы основные источники загрязнений, включая промышленность, сельское хозяйство, бытовой сектор и туризм. Описаны физико-географические и гидрометеорологические особенности региона, оказывающие влияние на качество и доступность воды. Представлены результаты оценки текущего экологического состояния водоемов, а также рекомендации по улучшению управления водными ресурсами и снижению негативного воздействия человека. Особое внимание уделяется необходимости модернизации инфраструктуры и усилению контроля за санитарными нормами.

Ключевые слова: водные ресурсы, антропогенная нагрузка, загрязнение воды, управление водными ресурсами.

Введение. Вода играет важную роль в жизнедеятельности каждого жителя планеты Земля. Она необходима для удовлетворения потребностей человека, поддержки сельского хозяйства, функционирования промышленности и обеспечения комфортного существования животного и растительного мира. Однако современное общество сталкивается с рядом серьезных проблем, связанных с загрязнением и истощением водных ресурсов [2]. Одним из наиболее ярких примеров такого кризиса является ситуация в Краснодарском крае.

Краснодарский край характеризуется благоприятным климатом, живописной природой и богатым биологическим разнообразием. Территория региона богата внутренними водоемами, включая крупные реки, водохранилища и многочисленные малые реки. Тем не менее, стремительное экономическое развитие, расширение городских поселений, активизация туристической сферы и интенсивное ведение сельского хозяйства оказывают серьезное отрицательное воздействие на состояние водных ресурсов края.

По данным статистики, ежегодно наблюдается уменьшение объемов чистой пресной воды, доступного населению региона. Исследование показывает, что одной из главных причин подобного явления выступает

значительное загрязнение водоемов промышленными отходами, сельхозпродукцией и бытовой канализацией. Постоянное потребление больших объемов воды усугубляет ситуацию, ускоряя процесс истощения и увеличивая дефицит ресурса.

Данная проблема приобретает особую значимость в связи с тенденциями роста численности населения, развитием туризма и ростом спроса на продукты питания. Именно поэтому исследование вопроса загрязнения и истощения водных ресурсов представляет большой интерес для специалистов различного профиля, чиновников, политиков и простых граждан.

Цель настоящей статьи состоит в изучении сложившейся ситуации с водными ресурсами Краснодарского края, определении возможных направлений развития, позволяющих эффективно решать проблему и обеспечивать устойчивость экономики и комфортное проживание населения региона.

Факторы, влияющие на загрязнение и истощение водных ресурсов

Рассмотрим основные факторы, оказывающие наибольшее влияние на ухудшение состояния водных ресурсов Краснодарского края.

1. Антропогенное воздействие

Человеческая деятельность оказывает существенное влияние на качество и количество воды в регионе [3]. К основным источникам антропогенной нагрузки относятся:

– Промышленность. Многие производственные процессы связаны с потреблением большого объема воды и образованием токсичных сточных вод. Несмотря на наличие нормированных стандартов сброса производственных отходов, нарушения происходят регулярно, что приводит к значительным сборам загрязнений в реки и озера.

– Сельское хозяйство. Широко распространённое применение химических удобрений и пестицидов в земледелии создаёт угрозу качеству воды. Попадание остатков удобрений в водоёмы приводит к эвтрофикации, накоплению тяжелых металлов и токсинов, что существенно ухудшает состав водной среды.

– Коммунальное хозяйство. Большое количество бытовых сточных вод поступает в местные водоемы практически без должной обработки. Особенно остро эта проблема проявляется в курортных зонах побережья Черного и Азовского морей, где летом резко возрастает численность отдыхающих, что дополнительно нагружает коммунальные службы.

– Туризм. Массовое посещение региона миллионами туристов сопровождается увеличением объёмов бытового мусора и пищевых отходов, значительная часть которых попадает в акваторию моря и внутренние водоемы. Так, ежегодный приток около десяти миллионов

туристов на побережье Чёрного моря обусловливает резкое возрастание нагрузки на санитарную инфраструктуру региона.

2. Физико-географические характеристики региона

Краснодарский край находится в зоне умеренного континентально-морского климата, характеризующегося большим числом солнечных дней и относительно высокими среднегодовыми температурами. Такие условия благоприятствуют развитию сельского хозяйства и туризма, но одновременно создают повышенную потребность в водных ресурсах.

Значительная часть территории региона занята равнинами, крупными речными системами и мелкими водотоками. Но именно эта доступность воды стала причиной быстрого расширения хозяйств и активного освоения новых площадей под нужды населения и промышленности [1]. Вследствие чрезмерного осушения болотистых районов и неконтролируемого забора воды уменьшилось число мелких рек и ручьев, ухудшились показатели прозрачности и химического состава крупных водоемов.

3. Гидрометеорологическая обстановка

Из-за нестабильности погодных условий в последнее десятилетие регион столкнулся с резкими колебаниями уровней осадков. Периодически возникающие длительные периоды дождей сменяются продолжительными засухами, что усиливает дисбаланс в распределении водных ресурсов. Возникают наводнения и подтопления одних районов, тогда как другие испытывают острую нехватку воды. Всё это усложняет организацию своевременного водоснабжения и увеличивает затраты на обслуживание инфраструктурных объектов.

Кроме того, общее потепление климата приводит к повышению температур, увеличению испарения и изменению режима осадков, что ещё сильнее осложняет положение с водоснабжением.

4. Демографическое давление

Регион традиционно привлекателен для переселенцев благодаря мягким погодным условиям и высокому уровню медицинского обслуживания. Население края увеличивается стабильно высокими темпами, вызывая дополнительные потребности в обеспечении питьевой водой, что стимулирует быстрый расход имеющихся ресурсов. Согласно официальным данным, прирост населения Краснодарского края за последние десять лет составил примерно 1 миллион человек, достигнув отметки почти шести миллионов жителей.

Рост числа потребителей приводит к увеличению нагрузки на существующие системы водоснабжения и очистные сооружения, многие из которых морально устарели и физически изношены [5]. Значительный процент сельских населённых пунктов вообще лишён централизованного водоснабжения, полагаясь на частные скважины и колодцы сомнительного качества.

5. Особенности экономических процессов

Традиционно Краснодарский край славился своей сильной аграрной отраслью, развивающейся преимущественно за счёт крупного растениеводства и животноводства. Вместе с положительным эффектом роста продовольственной базы региона усиливается негативное воздействие фермерских хозяйств на водные ресурсы. Освоение значительных массивов земли под выращивание зерновых культур и овощеводство сопровождается массовым применением удобрений и гербицидов, большая часть которых впоследствии оказывается в открытых водоемах, загрязняя воду и создавая угрозу для водных организмов.

Отсутствие четких законодательных механизмов регулирования использования природных ресурсов также ограничивает эффективность управленческих мер, направляющих развитие региона на путь устойчивого развития.

Оценка текущего состояния водных ресурсов

Анализируя текущее состояние водных ресурсов Краснодарского края, можно выделить ряд характерных особенностей:

– Высокая концентрация нитратов и фосфора в большинстве рек и водохранилищ региона.

– Наличие стойких органических соединений, тяжёлых металлов и нефтепродуктов в водоемах вблизи городов и крупных производств.

– Ограниченность рыбных запасов большинства рек и внутренних озёр.

– Продолжающееся опустынивание небольших рек и постепенное исчезновение редких видов водных организмов.

– Незначительное покрытие селитебных территорий современной системой очистки сточных вод.

– Низкий уровень технологичности применяемых способов очистки и низкое финансирование мероприятий по восстановлению и охране водных ресурсов.

Согласно результатам проведенных обследований, более половины исследуемых водоемов края находятся в неудовлетворительном состоянии. Уровень загрязнения оценивается как высокий и даже критичный в некоторых районах. Таким образом, необходимость неотложных действий очевидна.

Основные направления устранения негативных явлений

Для преодоления кризисной ситуации с водными ресурсами в Краснодарском крае целесообразно предпринять следующие шаги:

1. Модернизация инфраструктуры водоснабжения и водоотведения.

Актуальность обновления устаревшей инфраструктуры коммуникаций велика. Замена старых трубопроводов, установка автоматических станций учета расхода воды и внедрение современных

технологий обеззараживания позволят повысить эффективность распределения и снизить потери воды.

2. Строгое соблюдение санитарно-эпидемиологических норм.

Важно усилить государственный контроль за соблюдением нормативных актов, регулирующих производство и распределение продуктов питания, строительных материалов и других товаров народного потребления, содержащих потенциально опасные вещества [4]. Ужесточение наказания за несоблюдение норм приведет к снижению поступления загрязняющих веществ в водоемы.

3. Реализация региональных программ повышения энергоэффективности.

Эффективное использование электроэнергии и других энергетических ресурсов сократит издержки и снизит объемы выбросов углекислого газа, способствующего глобальному потеплению и учащению экстремальных погодных явлений.

4. Активное вовлечение гражданского общества и неправительственных организаций.

Организации общественного характера способны привлечь дополнительное внимание к состоянию водных ресурсов и способствовать созданию общественных инициатив по очистке водоемов и борьбе с нелегальным сбросом отходов.

5. Применение экологически чистых технологий в промышленности и сельском хозяйстве.

Использование альтернативных методов уборки урожая, биоорганических удобрений и эко-технологий способно уменьшить ущерб, наносимый окружающей среде.

6. Укрепление правовой основы охраны водных ресурсов.

Важнейшими мерами станут внесение поправок в законы, регламентирующие охрану водных ресурсов, ужесточение санкций за несанкционированный сброс отходов и создание специальных надзорных структур.

7. Просветительские мероприятия среди населения.

Повышение осведомленности населения о проблемах загрязнения и роли каждого гражданина в сохранении чистоты водоемов повысит социальную ответственность и создаст атмосферу коллективного сознания ответственности за будущее водных ресурсов региона.

Прогнозы и перспективы

Прогнозируется, что дальнейшее игнорирование обозначенных проблем неизбежно приведёт к дальнейшему обострению экологической обстановки в регионе. Текущие тенденции показывают, что в ближайшие годы произойдёт существенный рост спроса на водные ресурсы, связанный с ожидаемым увеличением населения и активным развитием городской

инфраструктуры. Без радикальных мер проблема лишь усугубится, став угрозой устойчивости развития региона.

Однако реализация перечисленных выше предложений способна стабилизировать ситуацию и предотвратить катастрофические сценарии. Переход на новые технологии, усиление государственного контроля и общественный контроль смогут создать позитивные предпосылки для восстановления утраченных функций водоемов и возвращения региона к состоянию гармонии с природой.

Особое значение приобретают международные соглашения и координация действий с соседними странами, имеющими общие водные ресурсы. Совместные усилия соседних субъектов позволят выработать эффективные механизмы совместной эксплуатации водоемов и разумного распределения водных ресурсов.

Заключение. Таким образом, проблема загрязнения и истощения водных ресурсов Краснодарского края носит острый характер и требует незамедлительной реакции. Дальнейшее затягивание процесса реформ и модернизации грозит региону серьезными последствиями в плане обеспечения водой населения и производства. Лишь грамотная стратегия охраны и рачительного использования водных ресурсов сможет гарантировать устойчивое развитие региона и достойное качество жизни его обитателей.

Необходимо осознать важность принятых мер и приложить максимум усилий для формирования нового вектора развития, ориентированного на сбережение водных ресурсов и заботу о будущем наших детей и потомков.

Литература

1. Аргунова М.Н., Куимов В.Г. Методика изучения экологического состояния рек бассейна Нижнего Дона // Вестник Южного федерального университета. Серия: Науки о Земле. 2019. № 1. С. 35-44.

2. Борисова Л.П., Барсукова Н.И. Эколого-гидрохимическая оценка поверхностных вод Кубанского региона // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. 2017. № 3. С. 25-33.

3. Новиков, А. В. Влияние экологии города на здоровье населения / А. В. Новиков, Д. Е. Саньков, О. В. Сумарукова // Окружающая среда и здоровье населения: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Курск, 23 октября 2024 года. – Курск: Курский государственный медицинский университет, 2024. – С. 134-137.

4. Романов Г.Ф., Кузнецова О.Ю. Оценка загрязнения поверхностных вод Краснодарского края тяжелыми металлами // Химия и технология воды. 2019. Том 41. № 2. С. 185-195.

5. Яковлев В.М., Петрова Е.А. Состояние водных ресурсов Краснодарского края и проблемы его охраны // Труды Российского института гидробиологии РАН. 2020. Том 105. № 3. С. 241-250.

УДК 504.06

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ

Щербакова М. И.

E-mail: mariya.shherbakova.05@mail.ru
Научный руководитель: Новиков А.В., преподаватель
Российский государственный социальный университет, Москва, РФ

В статье рассматриваются вопросы устойчивого развития регионов России с акцентом на экологическую составляющую. Приводится обзор современного состояния и проблем экологического благополучия в различных регионах, а также анализируются социально-экономические аспекты устойчивого развития. Отмечается важность интеграции экологических приоритетов (таких как рациональное природопользование, возобновляемая энергетика, управление отходами) в стратегии регионального развития. Сделаны выводы о текущих достижениях и недостатках в реализации концепции устойчивого развития на региональном уровне и предложены направления для дальнейшего совершенствования политики устойчивого развития в России.

Ключевые слова: устойчивое развитие, регион, экология, экологическая эффективность.

Введение. Концепция устойчивого развития подразумевает сбалансированное развитие территорий по трем взаимосвязанным направлениям: экономическому, социальному и экологическому. На международном уровне эта концепция закреплена Повесткой ООН до 2030 года и Целями устойчивого развития (ЦУР). Россия присоединилась к данной повестке в 2015–2016 годах, что потребовало интеграции целей устойчивого развития в национальную и региональную стратегию развития. В контексте регионов России устойчивое развитие приобретает особую значимость из-за высокой дифференциации условий и уровня развития субъектов Федерации. Многие российские регионы сталкиваются с необходимостью поиска баланса между экономическим ростом, повышением качества жизни населения и сохранением окружающей среды.

На практике достижение такого баланса затруднено. В ряде случаев в стратегиях развития регионов наблюдается приоритет экономических задач в ущерб экологическим и социальным целям. Подобный уклон приводит к тому, что экономический рост не всегда сопровождается улучшением экологической ситуации и социальных условий. Поэтому особого внимания требуют экологические аспекты развития регионов, от которых во многом зависит долгосрочная устойчивость развития.

Экологические аспекты устойчивого развития регионов

Экологическая составляющая является ключевой для устойчивого развития регионов России. Состояние окружающей среды в ряде регионов оценивается как кризисное, наблюдается устойчивая тенденция к деградации экосистем. Например, исследование Центрально-Черноземного района показало критическое состояние природной среды этого макрорегиона и необходимость принятия неотложных мер для предотвращения разрушения экосистем. Ключевым фактором обеспечения экологической устойчивости там названо увеличение лесистости территорий минимум вдвое, поскольку лесные насаждения формируют "экологический каркас" региона. Подобные проблемы характерны и для других индустриально развитых или экологически неблагополучных регионов.

По данным исследований, именно слабое экологическое развитие является основным тормозящим фактором комплексного устойчивого развития регионов России. Так, комплексный анализ Приволжского федерального округа (ПФО) выявил, что, хотя большинство регионов ПФО имеют уровень развития, близкий к устойчивому, главным сдерживающим фактором остается неудовлетворительное состояние окружающей среды и недостаточная экологическая устойчивость территорий. Это свидетельствует о том, что без решения экологических проблем достичь подлинно устойчивого развития невозможно. В ответ на эти вызовы в России реализуются крупные экологические инициативы. В 2019 году стартовал национальный проект «Экология», направленный на улучшение экологической обстановки и качества жизни граждан. В рамках этого проекта ставятся конкретные цели, например: обеспечить к 2024 году 90,8 % населения страны качественной питьевой водой из централизованных источников (для городского населения – до 99 %), восстановить 23,5 тыс. га водных объектов, увеличить площадь особо охраняемых природных территорий и пр. Также предусматриваются меры по снижению загрязнения воздуха в промышленных центрах (реализуется федеральный проект «Чистый воздух») и переход предприятий на наилучшие доступные технологии для сокращения выбросов. Эти шаги на национальном уровне дополняют региональные программы, направленные на экологизацию экономики.

Многие регионы начинают включать экологические приоритеты в свои стратегии развития. К ключевым направлениям относятся переход на возобновляемые источники энергии, рациональное обращение с отходами, развитие экологичного транспорта и повышение энергоэффективности. Например, во многих субъектах Федерации реализуются проекты по раздельному сбору и переработке отходов, модернизации систем

общественного транспорта (переход на электро- и газомоторный транспорт), энергосбережению в ЖКХ и промышленности. Эти меры не только улучшают состояние окружающей среды, но и создают новые рабочие места и возможности для "зеленого" бизнеса, способствуя экономической диверсификации регионов.

За последние два десятилетия в среднем по стране отмечаются некоторые улучшения экологической ситуации в результате структурных изменений экономики. Так, экологическая эффективность региональных экономик (отношение выпуска несырьевых отраслей к экологическим издержкам и расходу ресурсов) постепенно повышалась. С 2003 года экологическая эффективность среднестатистического российского региона росла (с перерывами в кризисные годы) благодаря увеличению доли сектора услуг и закрытию неэффективных «грязных» производств. Наиболее быстрый рост экологической эффективности наблюдался в густонаселенных регионах с развитым сектором высокотехнологичных услуг и активным внедрением инноваций – например, в Москве, Санкт-Петербурге, Свердловской, Томской, Белгородской, Калининградской областях. Напротив, в большинстве северных и сибирских сырьевых регионов экологическая эффективность снижалась за этот период. То есть регионы, экономика которых зависит от добычи и первичной переработки природных ресурсов, сталкиваются с особыми трудностями на пути к экологической устойчивости.

Важно отметить, что достигнутые улучшения в ряде случаев обеспечивались не столько собственной экологической трансформацией экономики региона, сколько внешними финансовыми вливаниями. Перераспределение части доходов от сырьевого экспорта (нефтегазовой ренты) через систему межбюджетных трансфертов позволило поддержать социально-экономическое развитие многих ресурсовых регионов даже без кардинального улучшения их экологических показателей. Однако такой путь не может считаться полностью устойчивым в долгосрочной перспективе. Необходимы дополнительные усилия для "озеленения" экономики регионов: инвестирование в несырьевые сектора, повышение энергоэффективности, развитие общественного электротранспорта и иной экологически чистой инфраструктуры. По оценкам экспертов, потенциал повышения экологической эффективности остается значительным почти во всех субъектах РФ. Реализация этого потенциала требует дальнейшего внедрения технологий низкоуглеродного развития, усиления экологических норм и стимулирования экологически ориентированного бизнеса.

Социально-экономические аспекты и интеграция целей устойчивого развития

Хотя главный акцент в устойчивом развитии регионов сделан на экологии, нельзя рассматривать экологическую составляющую в отрыве от социально-экономических условий. Устойчивое развитие предполагает одновременное улучшение качества жизни населения и рост экономики при сохранении окружающей среды. В российском контексте это означает, что регионы должны решать проблемы бедности, неравенства, развития человеческого капитала наряду с экологическими задачами.

Социальный аспект устойчивого развития включает в себя повышение уровня и качества жизни людей, развитие здравоохранения, образования, обеспечение достойной занятости и улучшение демографической ситуации. Многие регионы РФ сильно различаются по уровню доходов населения и качеству социальных услуг. Одной из национальных целей развития является снижение уровня бедности хотя бы вдвое по сравнению с 2017 годом. Эта цель отражает стремление к тому, чтобы экономический рост приносил пользу широким слоям населения и уменьшал социальные диспропорции. Устойчивое развитие регионов невозможно без смягчения межрегиональных социально-экономических дисбалансов, поэтому государственная политика направлена на поддержку отстающих регионов через выравнивание бюджетной обеспеченности, реализацию нацпроектов в сфере инфраструктуры, образования, здоровья.

Экономический аспект устойчивости подразумевает построение конкурентоспособной и диверсифицированной региональной экономики, которая растет без нанесения ущерба природе. Для многих российских регионов актуальна задача ухода от модели экстенсивного сырьевого роста. Как отмечалось, в 2000-2010-е годы рост во многом опирался на эксплуатацию природных ресурсов, что сопровождалось экологическими издержками. Сегодня стратегическая цель – переход к инновационной экономике знаний и услуг, повышающей добавленную стоимость при уменьшении ресурсоемкости и загрязнения. Это соответствует и целям климатической политики: Россия взяла обязательства по сокращению выбросов парниковых газов, что требует модернизации промышленности и энергетики в регионах. Внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) и развитие "зеленой" энергетики (возобновляемые источники, водородная энергетика и др.) становятся неотъемлемой частью стратегии устойчивого развития в промышленно развитых субъектах.

Необходимо подчеркнуть, что все три составляющие – экология, экономика и социальная сфера должны рассматриваться комплексно. Индикаторы устойчивого развития регионов охватывают множество показателей: от уровня загрязнения воздуха и состояния водных ресурсов

до ВРП на душу населения, уровня бедности, занятости, доступности услуг образования и медицины. В научной литературе предлагаются интегральные индексы, позволяющие количественно оценивать устойчивость развития региона на основе системы экологических, экономических и социальных индикаторов. Использование таких интегрированных показателей (например, индекс устойчивого развития региона) помогает выявить слабые места: в одних регионах это экологические риски, в других – экономическая неустойчивость или социальные проблемы. Комплексный мониторинг прогресса по всем направлениям ЦУР позволяет корректировать региональную политику: усиливать меры поддержки там, где отставание наиболее критично.

В последние годы в некоторых регионах России началась практическая интеграция Целей устойчивого развития в стратегическое планирование. Пилотными в этом стали, к примеру, Москва, Республика Татарстан, Свердловская и Самарская области, где региональные власти официально увязали свои программы развития с показателями ЦУР. Такой подход позволяет ориентировать региональную политику на сбалансированный результат. Тем не менее, по оценкам экспертов, в целом по стране внедрение принципов устойчивого развития идет неравномерно и зачастую формально. Во многих региональных стратегиях по-прежнему преобладают экономические ориентиры, и конкретные механизмы достижения экологических и социальных целей прописаны недостаточно четко. Преодоление этой практики требует повышения экологической культуры управления и ответственности бизнеса, развития институтов "зеленого" финансирования, более тесного сотрудничества власти, общества и научного сообщества в вопросах устойчивого развития.

Заключение. Устойчивое развитие регионов России – сложный многоплановый процесс, который находится в стадии формирования. Проведенный обзор показывает, что экологическая составляющая выступает определяющим условием долгосрочной устойчивости: без решения накопившихся экологических проблем регионы не смогут достичь сбалансированного роста. В настоящее время в большинстве российских регионов экологическая ситуация остается напряженной, а где-то критической, что тормозит прогресс по многим направлениям устойчивого развития. Одновременно социально-экономическое развитие не должно останавливаться: регионы нуждаются в экономическом росте для повышения благосостояния населения, но этот рост должен быть "зеленым" и инклюзивным.

Позитивные сдвиги все же заметны. На федеральном уровне приняты стратегические меры (нацпроект «Экология», Стратегия экологической безопасности до 2025 г. и др.), начата перестройка нормативной базы под

стандарты экологической устойчивости. Ряд регионов внедряет у себя элементы "зеленой" повестки, растет осознание бизнесом своей социальной и экологической ответственности. В результате за последние два десятилетия в среднем ряде регионов повысилась экологическая эффективность экономики, особенно там, где произошла модернизация и диверсификация хозяйства. Однако этого недостаточно: сохраняется значительный потенциал для улучшения, будь то внедрение возобновляемой энергетики, повышение энергоэффективности, экологическая рекультивация земель или развитие человеческого капитала.

Для обеспечения устойчивого развития во всех регионах России необходимы продолжительные и скоординированные усилия. Среди первоочередных задач – экологизация промышленности и энергетики, адаптация к изменению климата, внедрение циркулярной экономики в обращении с отходами, развитие «зеленого» транспорта и городской среды. Не менее важно сокращение социального неравенства между регионами, поддержка образования и инноваций, формирование у населения экологической культуры и ответственности. Комплексный подход, учитывающий специфику каждого региона, позволит наметить оптимальные пути к достижению баланса между экономическими, социальными и экологическими приоритетами.

Таким образом, устойчивое развитие российских регионов выступает одновременно и целью, и инструментом национального развития. Акцент на экологическом благополучии регионов сегодня – это инвестиция в будущее страны, в котором экономический рост гармонично сочетается с сохранением природы и улучшением качества жизни людей. Достижение этой цели требует продолжения начатых преобразований и консолидации усилий государства, бизнеса и общества на принципах устойчивости.

Литература

1. Лысоченко, А. А. Экологическая экосистема региона: стратегическое управление и развитие / А. А. Лысоченко. – Ростов-на-Дону: Содействие – XXI век, 2021. – 140 с.

2. Устойчивое развитие промышленности в условиях цифровой поляризации / Н. А. Симченко, Р. Р. Тимиргалеева, С. Ю. Цехла [и др.]. – Севастополь: Филиал МГУ в г. Севастополе, 2022. – 242 с. – DOI 10.35103/SMSU.2022.12.45.001.

3. Устойчивое развитие региона на основе использования рекреационных ресурсов: Коллективная монография / А. Д. Чудновский, М. А. Жукова, А. В. Кормишова [и др.]; Под редакций А.Д. Чудновского. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2020. – 488 с.

4. Эколого-экономические аспекты устойчивого развития региона: коллективная монография / А. Ф. Баранова, Ю. А. Дмитриев, Е. Г. Ерлыгина [и др.]. – Нижневартовск: Наука и практика, 2021. – 150 с.

UDK 551.583

CLIMATE IN AFRICA

Tioban S., Kornilov A. G.

Belgorod State University, Russian Federation

Abstract: Africa is characterized by a wide climatic diversity due to its location in tropical and subtropical latitudes. The main climate zones are: equatorial, subequatorial, tropical (savannas and deserts), subtropical (Mediterranean climate), and mountainous regions.

Key: Climate Zones:

Intensification of droughts in the Sahel since the 1970s. Glacier retreat in East Africa. Instability of rainy seasons. Increased risk of desertification, floods, and heatwaves.

Impact on Nature and Society: Agriculture is highly climate-dependent and threatened. Water scarcity and deteriorating living conditions. Migrations and increased conflicts over land and water. Threats to biodiversity (savannas, tropical forests, mangrove ecosystems).

Introduction. Africa is a unique continent, central to the study of climatic processes on Earth. As the second-largest continent, Africa encompasses a vast diversity of natural conditions: from equatorial forests with abundant rainfall to arid deserts such as the Sahara. The continent's geographic location, mostly within the tropical belt between the Tropics of Cancer and Capricorn, defines its climatic characteristics. It is a region with some of the hottest places on Earth, as well as areas with moderate climates in the southern tip.

Africa's climate has both scientific and practical significance. The lives and economic activities of hundreds of millions of people depend directly on it. In the context of global climate change, Africa is particularly vulnerable, experiencing sharp temperature fluctuations, increasing droughts, desertification, and floods. These phenomena threaten food security, public health, and biodiversity.

The aim of this study is to analyze Africa's climate characteristics, identify the main factors influencing its formation, and examine the consequences of climate change for nature and society. Special attention is given to contemporary challenges related to global warming and human impacts on the environment. Studying Africa's climate is crucial not only for understanding natural processes but also for developing adaptation strategies. Sustainable development and the well-being of its population largely depend on successfully addressing climate-related issues.

Thus, this work provides a comprehensive overview of Africa's climatic features, their role in shaping natural and social processes, and prospects for adaptation to new climatic conditions.

Relief

Most of Africa is situated on the stable African lithospheric plate and lies high above sea level. About 180 million years ago, Africa was an integral part of the ancient supercontinent Gondwana. When Gondwana split, the African lithospheric plate separated. The foundation of modern Africa is part of this plate.
The continent is divided by elevation into two parts:

– Northwest Africa
– Southeast Africa

In the east lies the East African Rift volcanic system: from Ethiopia (Ethiopian Plateau) to South Africa (Drakensberg Mountains). Mountain ranges run parallel to the coastline, forming a hook-shaped massif stretching from Eritrea to Angola. Other notable mountains include the Atlas Mountains in North Africa, the Tibesti Massif in the Sahara, Fouta Djallon in West Africa, and the Cameroon Mountain Range.
Continental Features:

– Elevation ranges from 200 to 1000 meters above sea level.
– Low Africa (north and west) includes the Sahara Desert, Atlas Mountains, Sudanese region, Upper Guinea Mountains, and the Congo Basin (mainly flat terrain below 1000 m).
– High Africa (east and south) includes the Ethiopian and East African Highlands, Mount Kilimanjaro, Kalahari Basin, and Drakensberg Mountains (elevations above 1000 m).
– Africa contains large reserves of oil and natural gas, as well as copper, gold, cobalt, platinum, chromium, and many other minerals.

The highest mountain in Africa is Mount Kilimanjaro, with Uhuru Peak at 5,895 m. The largest desert on Earth, the Sahara, covers 9,000,000 km². Other major deserts include the Namib, Kalahari, and Arabian deserts. The East African Rift Valley contains the Great Lakes of Africa.

Relief* Forms*:

– Most of Africa's active mountain-building ended long ago. The lower part of the platform consists of crystalline rocks, basalt, and granite of magmatic origin. Africa's geology is unique due to its ancient and unusual structure.
– Predominant landforms:
– Stepped plains
– Extensive plateaus
– Highlands (mainly in East African and Ethiopian Highlands), often volcanic
– Most of the continent consists of high plains. Lowlands are narrow strips, mainly along the coast. The largest plains are in the north and west, with highly varied surfaces. Africa is characterized by alternating hills, lowlands, and plateaus. For example, plateaus are surrounded by the Congo and Kalahari depressions, lying 300–900 m above sea level.

Relatively little of Africa is mountainous. The highest mountains are on the East African Plateau (Kenya and Kilimanjaro volcanoes). In the northwest, the Atlas Mountains formed at the junction of two lithospheric plates. In the south, the Cape Mountains are low and flat, resembling inverted bowls. The Drakensberg system, part of the Hercynian orogeny, covers 402,418 km² in South Africa.



Fig. 1. General Characteristics of African Relief [Source: Geological Structure and Relief of Africa Geography Without a Tutor]

Evolutionary Changes in African Relief

During the Mesozoic and Cenozoic eras, significant crustal shifts occurred in Africa. This was especially pronounced in the eastern part of the continent, where the largest fault system on Earth formed. Many of the rift valleys gave rise to narrow, deep lakes. The faults were accompanied by volcanic activity.

In the northwest and south of the continent, the ancient platform is bordered by mobile fold belts of lithospheric plates: the Atlas Mountains in the northwest and the Cape Mountains in the south. The predominance of minerals of magmatic and metamorphic origin on the continent is a result of intrusions.

The African Plate, on which Africa rests, is not stationary. In the region of the Great African Rift Valleys in the southeast, earthquakes occur and volcanic activity is observed.

Processes Shaping the Geological Structure

The continent's geological structure formed millions of years ago, when this land was still part of Gondwana. The African Plate is believed to have formed approximately during the Archean period. Most of the coastline developed due to abrasion, resulting in cliffs with few bays. The collision between the African and Eurasian Plates led to the formation of the Atlas Mountains. A large rift formed in the Ethiopian Highlands. Lakes Nyasa (Malawi) and Tanganyika are examples of rift valleys filled with water.

Crustal faults also produced horsts (uplifted blocks) and grabens (lowered blocks). As a result, East Africa contains the world's largest linear tectonic fault system. Due to crustal shifts, the Arabian Plate and then the Somali Plate separated from the African lithospheric plate.

Crust Structure and Mineral Resources

The crust in Africa represents the African-Arabian Plate or platform. In the north, the platform cover is well-developed, particularly in the Sahara. In the center of the continent are highlands associated with shields exposing crystalline basement, whose depressions form the bases of Africa's largest basins. Folded regions (Atlas and Cape Mountains) border the African Plate.

Annual Precipitation in Africa

Average annual precipitation varies by climate zone:

– Equatorial latitudes (roughly between 5° N and 5° S): rainfall is regular and abundant. In the Congo Basin (Zaire) and along the Gulf of Guinea coast, annual precipitation reaches 2,000–3,000 mm. On the windward slopes of the Cameroon massif, it can reach up to 9,000 mm.

– Subequatorial latitudes (roughly up to 17–19° N and S): precipitation decreases from 1,500 mm to 300–250 mm at the borders with tropical deserts.

– Tropics (up to 30° N and 30° S): extremely low humidity. The vast Sahara is particularly dry, receiving 50 mm or less annually.

– Subtropics: precipitation increases again, reaching 300–500 mm on the Libyan-Egyptian Mediterranean coast and 500–800 mm on the windward slopes of the Atlas and Cape Mountains.

Conclusion. Africa, as a unique and diverse continent, plays a key role in the study of global climatic processes. Its geographic location, spanning equatorial, tropical, and subtropical zones, creates a wide range of climate conditions – from humid equatorial forests to arid deserts. However, this very diversity makes Africa particularly vulnerable to climate change, which already has a significant impact on both nature and the continent's population.

The main factors shaping Africa's climate are its geographic position, relief, ocean currents, and air masses. These elements create a contrast between regions with abundant rainfall and arid areas such as the Sahara and Namib deserts. In

recent decades, climate changes – including rising temperatures, increased frequency of extreme weather events, and altered precipitation patterns – have exacerbated existing problems such as desertification, soil degradation, and biodiversity loss.

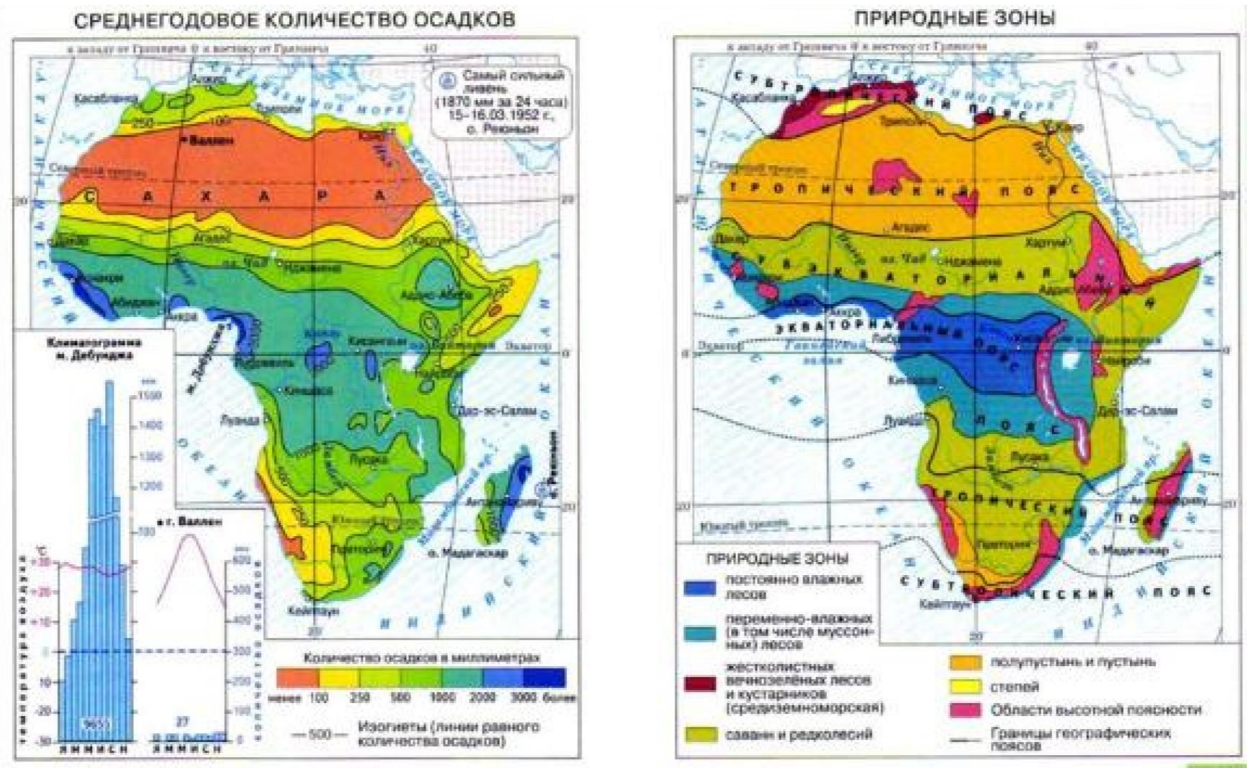


Fig. 2. Average Annual Precipitation

The socio-economic consequences of climate change for Africa are severe. Agriculture, the backbone of many economies, suffers from droughts and floods, threatening food security. Worsening living conditions lead to migration and social conflicts, and public health is at risk due to the spread of climate-related diseases. Ecosystems, including tropical forests, savannas, and coral reefs, are also under threat, questioning their ability to maintain biodiversity and regulate climatic processes.

Despite these challenges, Africa demonstrates potential for adaptation and sustainable development. The implementation of innovative agricultural practices, the development of renewable energy, improved water management, and strengthened international cooperation are all crucial steps toward climate resilience. Educational programs and the involvement of local communities in adaptation processes are particularly important, allowing traditional knowledge to be combined with modern technologies

References

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Sixth Assessment Report. Chapter on Africa [Electronic resource]. – 2023. – Available at: Intergovernmental Panel on Climate Change – Ruwiki: Internet Encyclopedia, free. – Accessed: 08.04.2025.

2. United Nations Environment Programme (UNEP). Climate Change Adaptation in Africa: Regional Report. – Nairobi: UNEP, 2022. Our Work in Africa | UNEP – United Nations Environment Programme.

3. World Bank. Africa Climate Business Plan. Accelerating Climate Resilient and Low-Carbon Development. – Washington, DC: World Bank, 2021. – 112 p. Africa. Climate. Great Russian Encyclopedia.

4. FAO. Climate Change and Food Security in Africa. – Rome: Food and Agriculture Organization of the UN, 2020. – 48 p. Africa. Climate • Obrazavr.

5. African Union. Climate Change and Resilience in Africa: Policy and Strategy Framework. – Addis Ababa: AU Commission, 2022. Winds in the Equatorial Belt in Summer.

6. Musina S.A. Climate Change and Its Impact on African Countries // Moscow University Bulletin. Series 5: Geography. – 2020. – No. 5. – P. 74–83.

7. Climate Analytics. Africa: Climate Change Impacts and Opportunities [Electronic resource]. – 2023. – Available at: https://climateanalytics.org, free. – Accessed: 08.04.2025.

Научное электронное издание
сетевого распространения

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Сборник материалов XI Международной научной конференции

г. Белгород, 15–17 октября 2025 года

Публикуется в авторской редакции

Оригинал-макет: А.Н. Оберемок
Выпускающий редактор: В.С. Берегова

Подписано к использованию 24.10.2025.
Гарнитура Times New Roman. Объем издания – 19,4 МБ
Оригинал-макет подготовлен в ЦПП ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ»
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85. Тел.: 30-14-48