

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ
БЕЛОРУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ И ГЕОЭКОЛОГИИ

Материалы
VII Международной научной конференции,
посвященной 90-летию кафедры географической экологии
Белорусского государственного университета

Минск, 11–15 ноября 2024 г.

Научное электронное издание

Минск, БГУ, 2024

УДК 911.5(06)+502.1:55(06)
ББК 20.1я431

Редакционная коллегия:

доктор географических наук, профессор *А. Н. Витченко* (гл. ред.);
кандидат географических наук, доцент *М. Н. Брилевский*;
кандидат географических наук, доцент *Д. С. Воробьев*;
кандидат географических наук, доцент *Н. В. Гагина*;
кандидат географических наук, доцент *И. И. Счастливая*;
У. А. Рондак (отв. секретарь)

Рецензенты:

доктор технических наук, доцент *И. П. Наркевич*;
кандидат географических наук, доцент *И. А. Телеши*

Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии [Электронный ресурс] : материалы VII Междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию каф. геогр. экологии Белорус. гос. ун-та, Минск, 11–15 нояб. 2024 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. Н. Витченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-985-881-694-0.

Рассмотрены современные методы и технологии геоэкологических и ландшафтных исследований, теоретические и прикладные проблемы геоэкологии. Представлено ландшафтное и ландшафтно-экологическое изучение природных и урбанизированных территорий, педагогические технологии и эколого-краеведческая деятельность в системе непрерывного образования.

Минимальные системные требования:

PC, Pentium 4 или выше; RAM 1 Гб; Windows XP/7/10;
Adobe Acrobat.

Оригинал-макет подготовлен в программе Microsoft Word

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *У. А. Рондак*

Подписано к использованию 05.12.2024. Объем 12,9 МБ

Белорусский государственный университет.
Управление редакционно-издательской работы.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.
Телефон: (017) 259-70-70.
e-mail: urir@bsu.by
<http://elib.bsu.by>

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

<i>Брилевский М.Н., Гагина Н.В.</i> НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КАФЕДРЫ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ В НАУЧНЫХ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЯХ: ИСТОРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ.....	13
<i>Викторов А.С.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОРФОЛОГИИ ЛАНДШАФТА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР.....	19
<i>Витченко А.Н.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОЭКОЛОГИИ В БЕЛАРУСИ.....	25
<i>Марцинкевич Г.И., Счастливая И.И.</i> ЛАНДШАФТНАЯ ШКОЛА БГУ: ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ.....	29
<i>Стурман В.И.</i> ЛАНДШАФТНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	36
<i>Яцухно В.М., Давидович Ю.С.</i> РЕГИОНАЛЬНАЯ И ВНУТРИРЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФРАГМЕНТАЦИИ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ).....	42

РАЗДЕЛ II СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ГЕОЭКОЛОГИИ

<i>Алисиевич С.В., Овчарова Е.П., Ковальчик Н.В.</i> ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЗАПЕЧАТАННОСТИ И ОЗЕЛЕНЕННОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ ВОДОСБОРОВ г. МИНСКА ПО ДАННЫМ OPENSTREETMAP.....	48
<i>Брилевский М.Н.</i> РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В БЕЛАРУСИ.....	54
<i>Галай Е.И., Филипчик Г.С.</i> АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В СЕКТОРЕ «ЭНЕРГЕТИКА» В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	63
<i>Гладкевич Г.И.</i> ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ СТРАН БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ РОССИИ.....	67
<i>Голеусов П.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ПОТОКОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В УРБОГЕОСИСТЕМАХ (НА ПРИМЕРЕ г. БЕЛГОРОДА).....	73

<i>Горбатенко В.П., Волкова М.А.</i> ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА	78
<i>Грачев И.Г., Поздняков А.В.</i> ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ НА УЧАСТКАХ ТРАНСЕКТА УШАЙСКОЙ МОРФОСТРУКТУРЫ	84
<i>Гусев А.П.</i> КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ НАЗЕМНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ И КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	89
<i>Давидович Ю.С., Гертман Л.Н.</i> ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕЛЬВЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ.....	93
<i>Давидович Ю.С., Суховило Н.Ю.</i> ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ВОДЫ В ОЗЕРЕ ЛУКОМСКОЕ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ	97
<i>Ласточкина С.И., Кафтанчикова А.Б.</i> ЭКОЛОГО-ПРАВОВАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ.....	101
<i>Латкин В.А.</i> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ МИХАЙЛОВСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ.....	107
<i>Лисецкий Ф.Н.</i> РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ИЗВЛЕКАЕМЫХ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «НАШИ РЕКИ» В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	113
<i>Лихачева Э.А., Некрасова Л.А.</i> АНТРОПОГЕННЫЙ МОРФОЛИТОГЕНЕЗ НА ТЕРРИТОРИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ И ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ.....	119
<i>Лихачева Э.А., Чеснокова И.В.</i> ГЕОЭКОЛОГИЯ: РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ.....	127
<i>Лопух П.С., Гледко Ю.А., Ровдо О.О.</i> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ РУСЛОВОГО ТИПА	131
<i>Матвеева Е.Э., Китаев А.Б.</i> ОЦЕНКА АССИМИЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО СОДЕРЖАНИЮ В ВОДЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ФЕНОЛОВ.....	135
<i>Махнач В.В.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОЗДУХА МИНСКА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПИГМЕНТЫ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, КАК КЛЮЧЕВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ФОТОСИНТЕЗА	139
<i>Музыченко Т.К., Бочарников В.Н., Маслова М.Н.</i> ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОСВОЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ПРИБРЕЖНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	144

<i>ОПЕКУНОВА М.Г., НИКУЛИНА А.Р.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕГИОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АО «КАРЕЛЬСКИЙ ОКАТЫШ»	149
<i>ПАНЮТИН Н.А., ДМИТРИЕВ В.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ	155
<i>ПЕРЕВОЩИКОВА А.А., РУДАКОВА Л.В., СУРКОВ А.А.</i> ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ АССИМИЛЯЦИИ ШЛАМОВЫХ АМБАРОВ КАК ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ С ПРИРОДНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ.....	160
<i>РЕТЕЮМ А.Ю.</i> К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	165
<i>САЗОНОВ А.А., ГЕРТМАН Л.Н., ЯРОТОВ А.Е.</i> ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ.....	171
<i>СЕМАКИНА А.В.</i> МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	176
<i>СИНЧУК О.В., КОЛБАС А.П.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПЕРЕХОДЕ К ОРГАНИЧЕСКОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ.....	182
<i>СКОК Н.В., ИВАНОВА Ю.Р., ЮРОВСКИХ А.М.</i> ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ СРЕДНЕГО УРАЛА	188
<i>СУХОВИЛО Н.Ю., ВЛАСОВА., ВЛАСОВ Б.П., НОВИК А.А.</i> ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕРА БРЕДНО	192
<i>ТАРАСЕВИЧ И.В., ДАНИЛОВИЧ И.С., ГЛЕДКО Ю.А.</i> ПОВТОРЯЕМОСТЬ И ПОСЛЕДСТВИЯ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ.....	197
<i>ТУРКИНА С.А.</i> ИСТИННЫЕ СБЕРЕЖЕНИЯ КАК МЕТОД ТИПОЛОГИИ РЕГИОНОВ ПО ЭКСТЕРНАЛИЯМ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ.....	203
<i>УШАКОВА Е.С., МЕНЬШИКОВА Е.А.</i> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ РАЗГРУЗКИ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ХЛОРИДНО-НАТРИЕВЫХ ВОД НА ХИМИЗМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	209
<i>ФЛЕРКО Т.Г.</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВЫХ ВОД НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАЧ ЦУР № 6 «ЧИСТАЯ ВОДА И САНИТАРИЯ»	213
<i>ЧЕРДАКОВА А.С., КОЗЮКОВА Т.А., ГАЛЬЧЕНКО С.В.</i> ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ПОЙМЫ РЕКИ ПАВЛОВКА (В г. РЯЗАНЬ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ)	219

РАЗДЕЛ III
ЛАНДШАФТНЫЕ И ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРИРОДНЫХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

<i>Архипова М.В.</i> ДИНАМИКА ЛЕСОВ В БАССЕЙНЕ МАЛОЙ РЕКИ	224
<i>Асташин А.Е., Ватина О.Е., Рязанова А.А., Подковырина В.М.</i> ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ БАССЕЙНА РЕКИ МЕДЯНА	229
<i>Вологдина О.С.</i> ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ	234
<i>Воробьев А.Ю., Кадыров А.С., Водорезов А.В.</i> ОПЫТ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ АККУМУЛЯЦИИ НАНОСОВ НА БЕРЕГАХ РЕКИ ОКИ	239
<i>Гагина Н.В., Гертман Л.Н., Лутохина Е.Ю., Полюхович А.Н.</i> К ВОПРОСУ О ТИПОЛОГИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ КУЛЬТУРНО-ЛАНДШАФТНЫХ РАЙОНОВ БЕЛАРУСИ	243
<i>Грищенко Н.Д.</i> ПРОБЛЕМЫ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ОЗЕР НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ БЕЛАРУСИ	249
<i>Гурьева Е.И., Величко Г.М., Сушкова Е.Е.</i> ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ТУРИСТИЧЕСКОЙ БАЗЫ ОТДЫХА НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	256
<i>Давидович Ю.С.</i> ПОДБОР КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ГЕОСИСТЕМ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ	265
<i>Жумарь П.В., Третьак А.В.</i> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	270
<i>Карпиченко А.А., Кухлевский Е.А., Лебедев Я.О.</i> РЕДКИЕ И ТИПИЧНЫЕ ПОЧВЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»	275
<i>Карпова В.Н., Лыкова Н.А.</i> РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ РОДА <i>RODGERSIA A.GREY</i> В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ	281
<i>Климина Е.М., Остроухов А.В.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ ЛАНДШАФТЫ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ ХАБАРОВСКА	287
<i>Коростелев Е.М., Зелюткина Л.О.</i> ЛАНДШАФТНЫЙ ПОДХОД В РЕАЛИЗАЦИИ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	291
<i>Махнач В.В.</i> ФОРМИРОВАНИЕ БИОИНДИКАЦИОННОЙ СЕТИ МИНСКА И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ	297
<i>Мирзеханова З.Г., Остроухов А.В.</i> РЕКРЕАЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ ЛАНДШАФТОВ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ Г. ХАБАРОВСКА	303

<i>Мовчан М.А.</i> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ УРБОЛАНДШАФТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ-СПУТНИКОВ МОСКВЫ).....	307
<i>Осипова Т.Н., Нгендакумана Д., Нехуженко Н.А.</i> КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ БУРУНДИ.....	313
<i>Орлов Т. В., Архипова М. В., Бондарь В.В., Шахматов К.Л.</i> РАЗРАБОТКА ИНДИКАЦИОННОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ВЫРАБОТАННОГО ТОРФЯНИКА	319
<i>Остроухов А.В., Климина Е.М.</i> ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ ХАБАРОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ ..	325
<i>Петрушина М.Н.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛАНДШАФТОВ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА	330
<i>Сазонов А.А., Клебанович Н.В., Червань А.Н., Карпиченко А.А., Ковальчик Н.В., Ефимова И.А., Семенюк А.С., Киндеев А.Л., Кухлевский Е.А., Есипович А.Н.</i> МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ТИПОЛОГИИ АГРОЛАНДШАФТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПО АГРОКЛИМАТИЧЕСКОМУ ПОТЕНЦИАЛУ ...	336
<i>Старожилов В.Т.</i> НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ: РОССИЙСКОЕ УЧЕНИЕ СТАРОЖИЛДОВА О НОЛАНДШАФТОСФЕРЕ – ФУНДАМЕНТ ПРАКТИК ОСВОЕНИЯ И РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СОХРАНЕНИЯ ЦИВИЛИЗАЦИЙ ЕВРАЗИИ И ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ.....	340
<i>Струк М.И., Живнач С.Г., Бокая Г.М.</i> БИОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ МАЛЫХ РЕК ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ МИНСКА	347
<i>Сулейманов А.Р., Туктарова И.О., Белан Л.Н., Асылбаев И.Г., Сулейманов Р.Р., Мирсаяпов Р.Р.</i> ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ ЗАУРАЛЬЯ (РОССИЯ).....	353
<i>Устин В.В., Шушкова Е.В., Архипенко Н.А., Сетракова Е.М., Семеняк А.А., Максимов М.М., Смолярко Е.О., Шишков А.А.</i> ОЦЕНКА ПРИРОДООХРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОЕКТИРУЕМОГО ЗАКАЗНИКА МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ «БАРСУЧИЙ ЛОГ» В МОЛОДЕЧНЕНСКОМ РАЙОНЕ	358
<i>Червань А.Н., Курлович Д.М., Семенюк А.С., Венгуанг Х., Сазонов А.А.</i> ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ НА ОСНОВЕ УЧЕТА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	364
<i>Шойдоков А.Б.</i> БИОРАЗНООБРАЗИЕ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ПОДВОДНОГО ЛАНДШАФТА ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧИТИНСКОЙ ТЭЦ-1	369

РАЗДЕЛ IV
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
В СИСТЕМЕ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<i>АСТАШИН А.Е., МАЛЫШЕВА М.А., МАРКОВА Д.В.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ И АПРОБАЦИЯ ЭКСКУРСИИ «БОГАТСТВО НИЖЕГОРОДСКОЙ ПРИРОДЫ: СЕРДЦЕ ОЗЕРА СВЕТЛОЯР» НА ТЕРРИТОРИИ ВОСКРЕСЕНСКОГО РАЙОНА	373
<i>БЫЗОВА Н.М.</i> АРКТИКОВЕДЕНИЕ – ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ	379
<i>Воронова Т.С.</i> НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА УРОКАХ ГЕОГРАФИИ	385
<i>Гладких Д.И., Антипова О.С.</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ УЧАЩИХСЯ (НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ ШКОЛЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ)..	389
<i>Гледко Ю.А., Лопух П.С.</i> ОТ ОБУЧЕНИЯ К ПРАКТИКЕ, ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ: К 100-ЛЕТИЮ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ БЕЛАРУСИ	395
<i>Головня Е.К., Кафтанчикова А.Б.</i> ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА ООПТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: КОНЦЕПЦИЯ И ДИЗАЙН	401
<i>Завьялова С.В.</i> КЕРЖЕНСКИЙ ЗАПОВЕДНИК КАК ПРИРОДНО-ИСТОРИЧЕСКИЙ ПАМЯТНИК	406
<i>Зыкина Н.Г.</i> ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ОХРАНЯЕМОГО ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА «ЯРУШКИНСКИЙ ПАРК» г. ИЖЕВСКА	409
<i>Иванихина С.Д., Кнорре А.А., Барабанцова А.Е., Гирева А.В., Жилина Т.Н.</i> ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДИГРЕССИИ НА ТУРИСТИЧЕСКОМ МАРШРТЕ «ПРИРОДА – ВЕЛИКИЙ СКУЛЬПТОР» НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ»	416
<i>Калина А.А.</i> ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ТОЛЩИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЗАКАЗНИКА РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ «ВЫДРИЦА»)	422
<i>Кольмакова Е.Г., Гагина Н.В., Писарчук Н.М.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЫ «ЗЕЛЕНАЯ ЭКОНОМИКА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИИ»	428
<i>Крутских О.А., Мальцева Е.А.</i> АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	432
<i>Лайко С.В.</i> РАЗРАБОТКА И АКТУАЛИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРОП	436

<i>Ласточкина С.И., Пейхвассер В.Н.</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АРЕАЛОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН	442
<i>Лопарева Э.В., Крутских О.А.</i> НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ В РАМКАХ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	448
<i>Ляшенко В.В., Крутских О.А.</i> ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ В РАМКАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ УЧАЩИХСЯ ПРИ СОТРУДНИЧЕСТВЕ ВУЗА И ШКОЛЫ	452
<i>Макар К.А., Яротов А.Е.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО И ИСТОРИКО-ЭТНОГРАФИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БЫХОВСКОГО РАЙОНА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЧАСТНОГО ТУРИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «ЧИГИРИНКА»	456
<i>Макар К.А., Яротов А.Е., Гагина Н.В.</i> МЕЛЬНИЦЫ КАК ЭЛЕМЕНТ КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТА БЕЛАРУСИ	461
<i>Микляева П.</i> МЕТОДЫ САМОПОДГОТОВКИ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ: РОЛЬ ТЕСТОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	467
<i>Минченко Е.Е.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ»	472
<i>Перцева С.С., Кривдина И.Ю.</i> РАЗВИТИЕ И ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОГРАФИИ	477
<i>Смолярко Е.О., Лопух П.С.</i> ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТЕРРИТОРИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЗАКАЗНИКА МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ «БАРСУЧИЙ ЛОГ»	483
<i>Стяжкина И.С., Четыркина В.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОКАХ ГЕОГРАФИИ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ ИНТЕРАКТИВНОЙ КАРТЫ НА ТЕРРИТОРИЮ БОТАНИЧЕСКОГО САДА УДМУРТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА С ПОМОЩЬЮ СЕРВИСА GOOGLE MAPS).....	490
<i>Хижняк А.Н., Павлова Е.В., Счастливая И.И.</i> СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА» И КАФЕДРЫ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ БГУ ПРИ ПОДГОТОВКЕ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	495
<i>Ходжиматов Д.Р., Зальвиская О.С.</i> ПОПУЛЯРНЫЕ ЦВЕТОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ И ТРЕНДЫ В ЦВЕТОЧНОМ ОФОРМЛЕНИИ г. ТАШКЕНТА	501
<i>Черникова О.В., Мажайский Ю.А.</i> ЭКОЛОГО-КРАЕВЕДЧЕСКАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ВУЗОВ.....	505

<i>Чернов В.И., Ямских Г.Ю.</i> ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ООПТ КРАСНОЯРСКОЙ КОТЛОВИНЫ	509
<i>Шведова Н.А.</i> ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-КРАЕВЕДЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ У ОБУЧАЮЩИХСЯ	513
<i>Шестаков Н.А.</i> КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ПЛОЩАДИ ПРИРОДООХРАННЫХ ЛЕСОВ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «ГРОДНЕНСКАЯ ПУЩА» НА ОСНОВЕ РАЗНОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ LANDSAT	518

РАЗДЕЛ V

ДИАЛОГОВАЯ ПЛОЩАДКА МОЛОДЕЖНОЙ СЕКЦИИ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

<i>Акулов Д.А.</i> ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД В ДОННЫХ ОСАДКАХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА СИБАЙ И БАЙМАКСКОГО РАЙОНА БАШКОРТОСТАНА	524
<i>Алиева М.А., Рондак У.А.</i> КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА г. МИНСКА	528
<i>Афанасьева Е. М.</i> РОЛЬ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ВИДОВ ЗЕМЕЛЬ ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ	534
<i>Баскакова Е.П., Ватина О.Е.</i> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛАНДШАФТОВ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА р. ВЕЛИКАЯ БОГОРОДСКОГО РАЙОНА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ.....	539
<i>Бенько А.А., Киндеев А.Л., Червань А.Н., Сазонов А.А.</i> РАССЧЕТ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В СТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОПЫТНОГО УЧАСТКА.....	545
<i>Бродницкий С.В., Вихарев Н.Г.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ	551
<i>Гордей Н.А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЯДОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА МЕТЕОСТАНЦИЯХ МИНСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ.....	556
<i>Гриц Я.А., Рондак У.А.</i> МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕНых НАСАЖДЕНИЙ ЗАВОДСКОГО РАЙОНА г. МИНСКА	561
<i>Здрок Е.А., Червань А.Н.</i> ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ НА ОБЛАСТНОМ И РАЙОННОМ УРОВНЯХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	566

<i>Кислицын Д.А., Лис К.Я.</i> ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ВЫРУБОК НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ	572
<i>Книга П.В., Карпиченко А.А.</i> ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. КОБРИНА).....	578
<i>Костюченко И.В., Данилович И.С.</i> ДИНАМИКА И НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ СЛУЧАЕВ СИЛЬНОГО ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ	583
<i>Крупская М.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ МЕТРИК ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ОЗЕЛЕНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ Г. БАРАНОВИЧИ)..	589
<i>Куценко Д.А., Иванов Д.Л.</i> АНАЛИЗ СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГРОЗ В АЭРОПОРТУ МИНСК-2.....	595
<i>Кечик Е.И., Сумак Е.Н.</i> ВЛИЯНИЕ ГОРОДА НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ КОНВЕКТИВНЫХ ЯВЛЕНИЙ.....	599
<i>Левицкий Е.В., Кафтанчикова А.Б.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИВЕЛИРНЫХ СЕТЕЙ В ОЦЕНКЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛАНДШАФТА ...	604
<i>Луд С.В., Лопух П.С.</i> АНАЛИЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДА СУДОХОДНОЙ НАВИГАЦИИ.....	607
<i>Небышинец А.М.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА КЛИМАТИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ ПО ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ	612
<i>Петраш М.Ю., Марголина И.Л.</i> СУТОЧНАЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА УРОВНЯ ШУМА В ЖИЛОЙ ЗОНЕ КРУПНОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ АКАДЕМИЧЕСКОГО РАЙОНА МОСКВЫ).....	618
<i>Птицына Е.Д., Ерина О.Н.</i> ХАРАКТЕРИСТИКИ «ЦВЕТЕНИЯ» ВОДЫ В ДОЛИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ (НА ПРИМЕРЕ МОЖАЙСКОГО, ГОРЬКОВСКОГО, ЧЕБОКСАРСКОГО И КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ)	623
<i>Романюта Е.А., Кафтанчикова А.Б.</i> НЕОБХОДИМОСТЬ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПОВ ЛАНДШАФТНО- ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	628
<i>Синчук О.В., Юдчиц Т.С., Колбас А.П., Архипова Н.В.</i> ВИДОВОЙ СОСТАВ ПЕРЕПОНЧАТОКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ, ТРОФИЧЕСКИ СВЯЗАННЫХ С ПЛОДОВО-ЯГОДНЫМИ КУЛЬТУРАМИ В УСЛОВИЯХ САДОВЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	632
<i>Тимошенко В.А., Иванов Д.Л.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ЗА ПЕРИОД ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА	636
<i>Чэнь Цзянь</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ	640

<i>ЧЕРТКОВ Д.Н.</i> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ОПОРНОЙ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	646
<i>ШИЛО А. С.</i> ОЦЕНКА УПРАВЛЕНИЯ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ	651
<i>ЩИПЕЦ А.И., ЛИСИНА Т.С.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ИЗМЕНЯЮЩИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ г. МОГИЛЕВА	655
<i>Ян Лю К</i> ВОПРОСУ ОБ ОСТРОВАХ ТЕПЛА В ГОРОДАХ КИТАЯ	659

РАЗДЕЛ I ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 91 (01)

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КАФЕДРЫ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ В НАУЧНЫХ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЯХ: ИСТОРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

М. Н. Брилевский, Н. В. Гагина

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
bryleuski@mail.ru, hahina@bsu.by*

Рассмотрены основные этапы развития кафедры географической экологии за 90 лет, направления научных исследований, проанализированы крупнейшие научные и учебно-методические публикации сотрудников кафедры.

Ключевые слова: научная школа; физическая география; ландшафтоведение; геоэкология; научная публикация; учебное издание.

Введение. В 2024 году исполняется 90 лет кафедре географической экологии, одной из старейших кафедр факультета географии и геоинформатики. В 1934 году Постановлением Совнаркома БССР № 791 «О работе БГУ» был основан геолого-почвенно-географический факультет (декан Ф.Ф. Дербентьев), в составе которого работало пять кафедр: минералогии и петрографии (профессор М.Ф. Чурин), общей геологии (профессор С.С. Маляревич), исторической геологии (И.И. Кроль), почвоведения (профессор Я.Н. Афанасьев), географии (профессор В.П. Налимов), которая в скором времени была преобразована в кафедру физической географии. В становлении факультета, организации учебного процесса и развитии научных направлений исследований большую роль сыграли приглашенные из Москвы и Ленинграда специалисты. Одним из них был И.М. Иванов, который и стал первым заведующим кафедры физической географии.

На протяжении 90 лет кафедра неоднократно меняла название: кафедра физической географии, физической географии СССР, физической географии и охраны природы, географической экологии. В соответствии с запросом народного хозяйства изменялись научные направления исследований, проводимых преподавателями и студентами кафедры: геоморфоло-

гия, физическая география, ландшафтоведение, метеорология и климатология, палеогеография, геоэкология и др. На разных этапах кафедрой руководили И.М. Иванов, В.А. Дементьев, А.Х. Шкляр, С.М. Зубов, В.Г. Синякова, Л.А. Демидович, Г.И. Марцинкевич, А.Н. Витченко, Н.В. Гагина. Менялись образовательные программы, учебные планы и перечень учебных дисциплин. Все перечисленные изменения нашли отражение в научных и учебно-методических публикациях ведущих специалистов кафедры.

В 2024 году также исполняется 70 лет со дня основания Белорусского географического общества, среди инициаторов создания которого были сотрудники кафедры В.А. Дементьев и А.Х. Шкляр. На протяжении длительного времени они возглавляли секции физической географии (В.А. Дементьев) и фенологии (А.Х. Шкляр), а профессор В.А. Дементьев был председателем БГО с 1963 по 1974 гг.

Результаты и их обсуждение. Сотрудники кафедры стали авторами научных монографий, учебных и учебно-методических пособий, редакторами сборников научных статей, научными консультантами ряда настенных карт и атласов по различным направлениям системы географических наук. В довоенные годы осуществлялось становление кафедры и организация образовательного процесса, быстро менялся профессорско-преподавательский состав, поэтому значимых публикаций не было.

Одним из основных направлений научной и образовательной деятельности кафедры стала общая физическая и региональная география, что соответствовало названию кафедры на первых этапах ее функционирования. Кафедра обеспечивала подготовку студентов по геоморфологии, гидрологии, метеорологии и климатологии, физической географии СССР и физической географии Беларуси. Лидером данного направления в 1940-1970-е годы был профессор В.А. Дементьев, о чем свидетельствуют публикации сотрудников кафедры. В.А. Дементьевым было выполнено геоморфологическое районирование Беларуси (1948), а затем и физико-географическое, которое уточнялось несколько раз (1959, 1960, 1977). Надо отметить, что несмотря на изменения структуры преподаваемых дисциплин и появление других кафедр исследования в области физической географии продолжают до наших дней.

По физической и региональной географии подготовлены монографические издания: «Прырода Беларусі (фізіка-геаграфічны агляд)» (В.А. Дзяменцьеў, А.Х. Шкляр, В.П. Якушка, 1959); «Система физико-географических районов Белоруссии» (В.А. Дементьев, 1960); «Советский Союз. [Географическое описание: в 22 т.] Белоруссия (В.П. Бородина, В.А. Дементьев, В.А. Жучкевич и др., 1967; «Природные комплексы и продук-

тивность растительности СССР» (С.М. Зубов, 1978); коллективные монографии «Белорусское Поозерье: анализ эколого-мелиоративного состояния» (В.С. Аношко, М.Н. Брилевский и др., 1922); «Рациональное природопользование Белорусского Поозерья» (В.С. Аношко, М.Н. Брилевский, А.Н. Витченко, В.Ф. Логинов и др., 1994); «География Могилевской области» (И.И. Пирожник, А.Н. Витченко, Г.И. Марцинкевич и др., 2004).

Под редакцией сотрудников кафедры выходят сборники научных трудов со статьями, посвященными проблемам общей физической географии и физической географии Беларуси, а также справочные издания. Важнейшими среди них стали следующие издания: «Ученые записки БГУ. Сер. Географическая, вып. 8» (Ред. В.А. Дементьев, 1948); «Ученые записки БГУ. Сер. Геолого-географическая, вып. 21» (Ред. В.А. Дементьев, 1954); «Туристские маршруты по БССР. Справочник» (В.А. Дементьев, Н.Т. Романовский, А.Х. Шкляр, О.Ф. Якушко, 1957); «Вопросы географии Белоруссии. Научный сборник БГО. Вып. 1» (Ред. В.А. Дементьев, и др. 1960); «Вопросы географии Белоруссии. Вып. 3» (Ред. В.А. Жучкевич, А.Х. Шкляр, С.А. Польский, 1972).

Но наибольшее количество публикаций по общей и региональной географии, подготовленных сотрудниками кафедры, относится к образовательной сфере: «География Беларускай ССР» (В.А. Дзяменцьеў, М.Т. Раманоўскі, 1952); «География Белоруссии (В.А. Дементьев, Н.Т. Романовский, С.М. Мельничук, 1965); «История географии. Ч.1» (В.А. Дементьев, О.Н. Андрющенко, 1962); «Физическая география СССР. Региональный обзор, ч.1,2,3» (С.М. Зубов, 1965, 1967, 1971); «Основы гидрологии суши. Реки, озера, водохранилища» (Б.Б. Богословский, 1974); «География Белоруссии» (В.А. Жучкевич, В.А. Дементьев и др., 1977); «Физико-географическое районирование» (В.А. Еремينا, 1982); «Основы геофизика ландшафта» (С.М. Зубов, 1985); «Физическая география океанов: Курс лекций» (А.Н. Витченко, 1998); «Фізічная геаграфія Беларусі: вучэбны дапаможнік» (Б.М.Гурскі, А.М. Вітчанка і інш., 1995); «Физическая география СНГ» (С.М. Зубов, 2000); «Методы географических исследований» (Н.К. Клицунова, Т.А. Федорцова, 2008); «Фізічная геаграфія Беларусі: практыкум» (М.М. Брылеўскі, Я.У. Марозаў, 2006, 2021); «Физическая география Беларуси: пособие» (М.Н. Брилевский, 2022); «Фізічная геаграфія Беларусі: дапаможнік» (М.М. Брылеўскі, 2023).

Вторым направлением научной и образовательной деятельности стала метеорология и климатология. Наибольший вклад в становлении направления в 1950-1970-х годах принадлежит доктору географических наук, профессору А.Х. Шкляру, который разработал критерии и выполнил

агроклиматическое районирование территории Беларуси, которое используется до настоящего времени.

Сотрудниками кафедры на разных этапах ее развития подготовлены следующие монографические издания в области климатологии: «Ці змяняецца клімат Зямлі?» (А.Х. Шкляр, 1957); «Сезонное развитие природы Белоруссии» (А.Х. Шкляр, 1959); «Климат Белоруссии и сельское хозяйство» (А.Х. Шкляр, 1962, 1976); «Календарь природы Белоруссии» (А.Х. Шкляр, 1967, 1979); «Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве» (А.Х. Шкляр, 1973); «Изменение гидрометеорологического режима болот Белоруссии под влиянием мелиорации» (Н.П. Хомицкий, Е.Б. Фридлянд, 1975); «Математические методы оценки агроклиматических ресурсов» (А.Н. Витченко, А.Н. Полевой и др., 1989); «Микроклимат болотных экосистем и его оптимизация» (П.А. Ковриго, 1995).

Для образовательной сферы были подготовлены учебно-методические пособия, необходимые для получения навыков проведения метеорологических наблюдений и учебных практик по метеорологии: «Практические и лабораторные занятия по метеорологии и климатологии» (С.С. Ковшер, А.М. Богослова, 1973); «Методика организации и проведения микроклиматических исследований природных и природно-антропогенных геосистем» (П.А. Ковриго, 1987); «Учебная практика по метеорологии. Методическое пособие» (П.А. Ковриго, 1995); «Характеристика климату Беларусі» (П.А. Каўрыга, 1996); «Лабораторный практикум по метеорологии и климатологии» (П.А. Ковриго, 1997). На рубеже тысячелетий сотрудники, работающие по направлению метеорология и климатология, переведены на кафедру общего землеведения.

Наибольшее развитие на кафедре физической географии СССР получило такое направление географических исследований, как ландшафтоведение. Под руководством В.А. Дементьева начались исследования ландшафтов Белорусского Поозерья, разработана методика их картографирования, выявлено морфологическое строение, разработана классификация, начаты прикладные ландшафтные работы, а в 1950-1970-х гг. в БГУ формируется научная школа ландшафтоведения, которая успешно функционирует по настоящее время под руководством Г.И. Марцинкевич.

По данному направлению сотрудниками кафедры подготовлены следующие монографии: «Ландшафты северной и средней Белоруссии (опыт классификации)» (В.А. Дементьев, Г.И. Марцинкевич и др., 1968); «Антропогенизированные ландшафты Белоруссии и Болгарии» (Г.И. Марцинкевич, О.Ф. Якушко, П.В. Петров, А.С. Велчев, 1982); «Ландшафты Белоруссии» (Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клишунова и др., 1989); «Аэрокосмические исследования ландшафтов Беларуси» (Ю.М. Обуховский, В.Н. Губин,

Г.И. Марцинкевич, 1994); Структура географической среды и ландшафтное разнообразие Беларуси» (Г.И. Марцинкевич, А.Н. Витченко и др., 2006); «Природа Беларуси на рубеже тысячелетий» (В.М. Бойчаров, Г.И. Марцинкевич, И.И. Счастливая и др., 2020).

Важным этапом функционирования научной школы в области ландшафтоведения стала подготовка ландшафтной карты Беларуси масштабом 1: 600 000 (Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицинова, Л.В. Логинова, Г.Т. Хараничева, 1984), которая впоследствии переиздавалась с некоторыми исправлениями: «Республика Беларусь. Ландшафтная карта. Масштаб 1: 500 000» (Г.И. Марцинкевич, И.И. Счастливая и др., 2015.). Ландшафтные карты всех административных районов и областей республики (125 карт) были опубликованы в «Энциклопедии природы Беларуси» (1983-1986 гг.). Карты природных и антропогенных ландшафтов, схема ландшафтного районирования Беларуси стали основой раздела в «Национальном атласе Беларуси» (2001), ответственным редактором которого стала Г.И. Марцинкевич, удостоенная наряду с руководителями других разделов премии БГУ имени А.Н. Севченко. В новом издании Национального атласа (2024) в раздел «Ландшафты», включены карты сотрудников кафедры Г.И. Марцинкевич, И.И. Счастливой, Н.В. Гагиной, М.Н. Брилевского, Д.С. Воробьева в том числе ландшафтные карты национальных парков Беларуси и Березинского биосферного заповедника.

На протяжении длительного периода преподается учебная дисциплина «Ландшафтоведение», по которой подготовлены учебные и учебно-методические пособия: «Основы ландшафтоведения» (Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицинова, А.Н. Мотузко, 1986); «Общее ландшафтоведение» (И.И. Счастливая, 2002); «Общее ландшафтоведение: Практикум» (Г.И. Марцинкевич, И.И. Счастливая, 2003); «Ландшафтоведение» (Г.И. Марцинкевич, 2007); «Ландшафтоведение» (Г.И. Марцинкевич, И.И. Счастливая, 2014); «Учебная ландшафтно-экологическая практика» (Н.В. Гагина, 2020); «Основы ландшафтоведения» (И.И. Счастливая, 2022).

Обострение экологических проблем на рубеже тысячелетий обусловило формирование нового направления исследований и переименование кафедры в кафедру географической экологии. Безусловным лидером нового направления стал профессор А.Н. Витченко, под руководством которого в последние годы выполнялись НИР, международные проекты, готовились коллективные монографии, сборники статей и учебные издания геоэкологической тематики.

Среди монографических изданий можно отметить следующие: «Охрана окружающей среды» (Г.И. Марцинкевич, Л.В. Ребенок, 1976); «Природно-хозяйственные регионы Беларуси» (А.Н. Витченко, М.Н. Бри-

левский, Н.В. Гагина, В.А. Бакарасов и др., 2005); «Теоретические и прикладные проблемы геоэкологии» (коллективная монография под ред. А.Н. Витченко, 2008); «Анализ ситуации по подготовке в Республике Беларусь специалистов в области охраны окружающей среды» (А.Н. Витченко, М.Н. Брилевский, Г.И. Марцинкевич, Л.М. Харитонова и др., 2008); «Стратегия устойчивого развития экологического туризма в Беларуси» (Г.И. Марцинкевич и др., 2008); «Экологические представления в географии (XIX-XX вв.)» (А.Н. Витченко, В.А. Бакарасов и др., 2009); «Охранная грамота родной природы. 50 лет» (М.Н. Брилевский и др., 2010); «Экологическая политика Республики Беларусь и экологические риски» (А.Н. Витченко, М.Н. Брилевский, В.А. Бакарасов, Н.В. Гагина и др., 2011); «Стратегия устойчивого развития: экологический аспект» (Е.А. Антипова, М.Н. Брилевский, Г.И. Марцинкевич и др., 2014).

Сотрудники кафедры приняли активное участие в подготовке и издании сборников научных статей и материалов конференций «Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения» (под ред. А.Н. Витченко, 2015, 2017); «Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии» (под ред. А.Н. Витченко, 2008, 2014, 2018).

В области геоэкологии и рационального природопользования сотрудниками кафедры подготовлен ряд учебных и учебно-методических пособий: «Использование природных ресурсов и охрана природы» (Г.И. Марцинкевич, 1985); «Геоэкология. Курс лекций» (А.Н. Витченко, 2002); «Общая экология» (А.И. Зарубов, 2002); «Геоэкологическая экспертиза: Курс лекций» (Н.В. Гагина, 2002); «Методы геоэкологических исследований» (Н.В. Гагина, Т.А. Федорцова, 2002); «Основы геоэкологии» (Е.И. Галай, 2008); «Геоэкологические проблемы Беларуси: практикум» (М.Н. Брилевский, Е.В. Морозов, 2013); «Геоэкологические проблемы атмосферы» (Е.И. Галай, 2015); «Экологическая экспертиза, менеджмент и аудит» (Н.В. Гагина, 2011, 2020); «Методы геоэкологических исследований» (Н.В. Гагина, 2021).

По большинству учебных дисциплин сотрудниками кафедры подготовлены электронные учебно-методические комплексы.

Заключение. За послевоенный период функционирования кафедры физической географии, а впоследствии геоэкологии, сотрудники кафедры приняли участие в подготовке более 30 монографий, более 10 сборников научных работ и материалов конференций. Более 40 учебных и учебно-методических пособий для учреждений высшего образования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОРФОЛОГИИ ЛАНДШАФТА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР

А. С. Викторов

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва, Россия,
vic_as@mail.ru*

Рассматриваются основные тенденции развития отдельного направления в науке о ландшафте – использования математической морфологии ландшафта при исследовании динамики морфологических структур.

Ключевые слова: математическая морфология ландшафта; морфологическая структура ландшафта; математические модели морфологических структур; динамическое равновесие морфологических структур.

Введение. В последние годы наблюдаются новые исследования количественных закономерностей строения и развития морфологической структуры ландшафтов и методов их математического анализа. Целью доклада является показать основные тенденции развития отдельного направления в науке о ландшафте – использования математической морфологии ландшафта при исследовании динамики морфологических структур.

Материалы и методы исследований. Решение задачи включало анализ публикаций по направлению и рассмотрение результатов.

Результаты и их обсуждение. Основные результаты использования математической морфологии ландшафта при исследовании динамики морфологических структур связаны с тремя главными направлениями:

- разработка новых математических моделей динамики морфологических структур ландшафтов;
- исследование состояния динамического равновесия в развитии морфологических структур;
- применение математической морфологии ландшафта при изучении влияния факторов климатических изменений на развитие морфологических структур.

Одним из наиболее важных направлений использования математической морфологии ландшафта при исследовании динамики морфологических структур является разработка новых математических моделей морфологической структуры ландшафтов, именно они являются ядром математической морфологии ландшафта, с которым связано ее обособление и которое придает целостность рассматриваемому направлению [1].

Математические модели морфологической структуры описывают развитие ландшафтно-морфологического строения генетически однородной территории, конкретные физико-географические условия данной территории (состав отложений, мощность ММП, глубина залегания уровня грунтовых вод и др.) влияют только на значения параметров модели. Основным инструментом исследования выступает математический анализ моделей и эмпирическая проверка выводов. Используемые модели создаются, как правило, на основе результатов теории вероятности и теории случайных процессов

Математические модели морфологических структур выступают базой количественного анализа и прогноза динамики их развития. Новые результаты в этом направлении получены прежде всего при исследовании развития морфологических структур грядовых эоловых ландшафтов, формирующихся на основе барханных цепей [4].

Анализ процесса формирования подобных ландшафтов позволил выделить следующие основные этапы развития этих территорий:

1. Элементарные эоловые формы (барханы) небольших размеров, в процессе движения под воздействием ветра догоняют другие барханы или барханные гряды; при этом происходят присоединения форм с боковых сторон.

2. Происходит постепенное слияние соединившихся эоловых комплексов и перенос песчаного материала вдоль эоловой гряды, что со временем увеличивает ее длину (диаметр) и выравнивает очертания.

Для первого этапа развития подобной территории, когда длина барханных гряд еще относительно невелика, предложена модель, описывающая динамику числа слившихся барханов в барханной гряде, базирующаяся на следующих допущениях:

- слияния барханов и барханных гряд происходят независимо друг от друга;
- вероятность слияния зависит только от рассматриваемого интервала времени.

Математический анализ модели позволил получить, что распределение числа барханов k , входящих в барханную гряду, в момент времени t , описывающее их динамику, дается выражением:

$$P(k,t) = e^{-\lambda t} (1 - e^{-\lambda t})^k, \quad k = 1, 2, \dots,$$

где λ – параметр, определяющий вероятность присоединения в единицу времени.

На втором этапе происходит деформация фестончатой структуры и сглаживание гряд, но при этом продолжается их слияние с барханами и

барханными грядами. На рассматриваемой стадии логично предположить, что чем больше существующие размеры гряды, тем больше вероятность того, что она при том же временном интервале «поймает» «догоняющий» ее бархан и сольется с ним. Модель на этом этапе базируется на следующих допущениях:

- слияние эоловых комплексов (барханов и гряд) происходит независимо друг от друга;
- приращение гряды за счет слияния с барханами, находясь под действием случайных факторов, одновременно прямо пропорционально ее длине.

Математический анализ модели позволил получить описание динамики длины гряды, а именно, длина гряды в момент t подчиняется логнормальному распределению с функцией плотности распределения

$$f_{\zeta}(x,t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma x\sqrt{t}}} e^{-\frac{(\ln x - at)^2}{2\sigma^2 t}},$$

где a, σ — параметры изменения грядово-эолового ландшафта во времени. Эмпирическая проверка моделей выполнялась на основе участков грядовых эоловых ландшафтов в котловине озера Кукнор и на территории национального парка Ленсойс-Мараньенсес (Бразилия) и дала положительные результаты.

Разработан новый вариант математической модели ландшафтного рисунка эрозионно-термокарстовых равнин [3]. Ранее предложенная модель морфологической структуры эрозионно-термокарстовых равнин имела определенные недостатки, которые были связаны, прежде всего, с допущением об одинаковом протекании процессов появления и роста термокарстовых озер и эрозионных форм, возникших на основной поверхности, и озер, и эрозионных форм, возникших на поверхности хасыреев. Разработан новый вариант модели, учитывающий разный ход (возникновение и рост) термокарстовых и эрозионных процессов на водораздельной поверхности и пониженной поверхности хасыреев.

Математический анализ модели и эмпирические данные позволили показать, что модель развития морфологической структуры эрозионно-термокарстовых равнин должна базироваться на существовании разных условий развития термокарстовых озер на основной водораздельной поверхности равнины и поверхности хасыреев. Анализ эмпирических данных по участкам эрозионно-термокарстовых равнин показывает, что на 7 участках из 8 наблюдаются статистически значимые различия на уровне

0,99. При этом на каждом из двух типов поверхности формируются интегрально-экспоненциальные распределения площадей термокарстовых озер, параметры которых различны, но коррелированы; этот вывод подтверждается данными на 6 участков из 8.

Существенно новой также является математическая модель морфологического строения абразионных берегов криолитозоны с развитием циркообразных форм, охарактеризованная ниже.

Особым направлением использования математической морфологии ландшафта при изучении динамики морфологических структур явилось *исследование состояния динамического равновесия в развитии морфологических структур*. Анализ показывает, что использование подходов математической морфологии ландшафта является в настоящее время наиболее реальным путем выявления наличия этого состояния. Здесь одним из наиболее интересных результатов явилось исследование морфологических особенностей абразионных берегов с развитием циркообразных форм, связанных с комплексом оползневых, термоабразионных, термоэрозионных и других мерзлотных процессов; оно было выполнено для берегов криолитозоны. Характерной особенностью циркообразных форм являются ограничивающие их дуги, являющиеся одновременно границей с водораздельной поверхностью. За размер циркообразной формы условно принята длина хорды дуги. При развитии рассматриваемого ландшафта на склоне происходят следующие процессы:

1. Формирование новой циркообразной формы, соответствующей дуги и хорды;
2. Стирание боковых частей уже существующих циркообразных форм за счет наложения более молодых («боковое стирание»);
3. Разбиение более существующей циркообразной формы на две со стиранием некоторой части за счет формирования новой возникающей такой формы внутри границ существующей («внутреннее стирание»), при этом происходит увеличение общего числа циркообразных форм;
4. Исчезновение циркообразной формы и соответственно ее дуги и хорды в случае полного стирания существующей циркообразной формы новой.

В более раннем упрощенном варианте модели вторая ситуация не учитывалась [2]. Таким образом, идет постоянное обновление набора циркообразных форм.

В основу решения задачи о динамических особенностях территории была положена модель, базирующаяся на следующих допущениях:

- вероятность появления новой дуги за время Δt с центральной точкой на отрезке береговой линии длиной Δl определяется только величиной временного интервала и отрезка;

•размеры возникающих циркуобразных форм (длины хорд дуг) имеют не меняющееся во времени распределение $F_0(x)$.

Математический анализ допущений позволил получить вывод, что в условиях относительного однородного по геологическим и геокриологическим условиям прямолинейного абразионного склона и относительном постоянстве климатических условий при значительном времени развития устанавливается динамическое равновесие, которое проявляется в стабилизации во времени вероятностного распределения размеров циркуобразных форм по простирацию склона и в стабилизации средней плотности расположения циркуобразных форм вдоль береговой линии. При этом получена аналитическая зависимость между вероятностным распределением размеров образующихся молодых циркуобразных форм и наблюдающимся на береговой линии вероятностным распределением размеров всех представленных циркуобразных форм, в том числе, частично стертых более поздними формами,

$$F(x) = 1 - \frac{a [1 - F_0(x)]}{2 [x + a]} - \frac{a}{2} \frac{\int_0^x [1 - F_0(v)] dv}{[x + a]^2},$$

где a - средний размер молодых возникающих циркуобразных форм. Также получено выражение для динамики средней линейной плотности расположения циркуобразных форм и их средних размеров (обратная величина) и взаимосвязи этих величин с параметрами распределения размеров, возникающих циркуобразных форм

$$\gamma(t) = \frac{2 - e^{-\lambda at}}{a}, \quad h(t) = \frac{a}{2 - e^{-\lambda at}},$$

где λ - среднее число циркуобразных форм, образующихся за единицу времени на единице длины береговой линии. Легко видеть, что в рассматриваемых условиях модели средняя плотность только возрастает, а соответственно средний размер циркуобразной формы убывает и при большом времени развития стремятся к предельным значениям

$$\gamma(\infty) = \frac{2}{a}, \quad h(\infty) = \frac{a}{2}.$$

Особым направлением исследований в рамках математической морфологии ландшафта явилось исследование влияние климатических изменений на развитие морфологической структуры ландшафтов. На ключевых участках был проведен комплекс исследований по оценке влияния

климатических изменений на наиболее распространенные ландшафты – озерно-термокарстовые, эрозионно-термокарстовые и пойменные равнины [5]. Для первых двух ландшафтов сравнивались распределение площадей термокарстовых озер за разные сроки по статистическим критериям. Их морфологическая структура не демонстрирует в настоящее время реальной трансформации. В морфологической структуре ландшафтов речных пойм анализировались стрелы уже сформировавшихся и молодых (формирующихся) пойменных сегментов за разные сроки. Проверка различий между двумя выборками за 1964-1980 и 2011-2019 годы для каждого ключевого участка не выявила статистически значимых различий как в характеристиках всех сегментов, так и в характеристиках формирующихся сегментов для всех 11 участков. Таким образом, изменение морфологических структур анализируемых ландшафтов под действием климатических изменений пока не является значительным.

Заключение. Проведенные исследования подтвердили перспективность использования математической морфологии ландшафта при исследовании динамики морфологических структур. Основными направлениями развития являются разработка новых математических моделей динамики морфологических структур ландшафтов, исследование состояния динамического равновесия в развитии морфологических структур и изучение влияния климатических изменений на развитие морфологических структур.

Библиографические ссылки

1. *Викторов А. С.* Основные проблемы математической морфологии ландшафта. Москва : Наука, 2006. 252 с.
2. *Викторов А. С.* Моделирование морфологических особенностей абразионных берегов с развитием оползневых процессов в криолитозоне // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2022. № 6. С. 28-36.
3. *Викторов А. С., Капралова В. Н. Орлов Т. В.* Развитие модели морфологической структуры эрозионно-термокарстовых равнин на основе использования материалов космической съемки // Исследование Земли из космоса. 2023. № 3. С. 1-12.
4. *Гоников Т. В., Викторов А. С.* Модель морфологической структуры грядовых эоловых ландшафтов, сформировавшихся на основе барханных цепей // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2020. № 5. С. 32-39.
5. Research into Cryolithozone Spatial Pattern Changes Based on the Mathematical Morphology of Landscapes / A. S. Victorov [et al.] // Energies. 2022. vol. 15, №. 3. 1218 pp.

УДК 502.1:55(476)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОЭКОЛОГИИ В БЕЛАРУСИ

А. Н. Витченко

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
dr.vitchenko@rambler.ru*

Рассматриваются основные функции и современные тенденции развития геоэкологии в Беларуси. Актуальные задачи научной, научно-технической и инновационной деятельности в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Перспективные направления научных исследований в области геоэкологии.

Ключевые слова: геоэкология; рациональное природопользование; устойчивое развитие; актуарная геоэкология.

Роль науки в современном мире, ее значение в жизни человеческого общества обусловлены выполняемыми ею функциями. В свою очередь, функции науки определяются ее спецификой, востребованностью общественной практикой на определенном историческом этапе. Геоэкология включает в сферу своей деятельности общество и природу, активно взаимодействует практически со всеми группами наук: общественными, естественными, техническими и другими, взаимно обогащаясь, способствуя при этом широкой геоэкологизации всей системы научного знания. В XXI веке усиливается фундаментальная, проблемная, прогностическая и идеографическая тенденции в развитии геоэкологии, которая все в большей степени становится фундаментальной наукой конструктивного и прогнозного направления.

Главные функции геоэкологии – гносеологическая и конструктивная. Геоэкология призвана осуществлять единство теории и практики, умело сочетать аналитические и синтетические подходы в научных исследованиях, в пропаганде геоэкологических знаний, организации геоэкологического образования и т. д.

Это особенно важно в процессе философско-геоэкологического восприятия окружающей среды и формирования научно-геоэкологической картины мира – неотъемлемой части человеческой культуры. Она является основой для познания закономерностей взаимодействия общества и природы, развития географической среды. В этом суть гносеологической функции геоэкологии.

В настоящее время важное значение для геоэкологии приобрело выполнение ею таких функций, как участие в исследованиях и решениях природно-ресурсных проблем, проблем природопользования, охраны и мониторинга окружающей среды, участие в экологических экспертизах хозяйственных проектов и т. д. При этом большое научно-практическое значение для геоэкологии имеет ее активная роль в разработке основ управления природно-антропогенными геосистемами, территориальной организации всех видов деятельности человека, в прогнозировании природных и общественных процессов.

Чтобы соответствовать современному уровню развития общества в эпоху обострившихся экологических проблем, геоэкология должна разрабатывать экологизированные географические технологии, заниматься проектированием и оптимизацией территориальной организации общества, развивать прикладные геоэкологические исследования, которые базируются на использовании новейших методов, компьютерных и дистанционно-космических геоинформационных технологий. В этом заключается конструктивная роль геоэкологии в жизни человечества.

Кроме того, чрезвычайно важны мировоззренческие, культурно-просветительские, воспитательные, образовательные и информационные функции геоэкологии, которая играет существенную роль в формировании и постоянном обогащении культурного наследия человечества, основ знаний о мире и месте человека в этом мире. Функции и, следовательно, сферы деятельности геоэкологов весьма разнообразны и постоянно расширяются. И вместе с тем возрастают возможности воздействия геоэкологии на устойчивое развитие человечества.

Наиболее актуальными задачами научной, научно-технической и инновационной деятельности в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов Беларуси являются: развитие и повышение их эффективности, формирование рынка экотехнологий и экоинноваций; реализация научных исследований в реальных секторах экономики и решении социальных задач для сохранения благоприятной окружающей среды, снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду, восстановления нарушенного экологического равновесия, рационального использования всех видов природных ресурсов; достижения высоких экологических стандартов жизни населения; реализации государственных, международных научных проектов и программ.

В целях реализации приоритетных направлений научно-технической деятельности в области рационального и экономного использования природных ресурсов, решения экологических и природоохранных задач в настоящее время реализуются: Государственная программа «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов»

(2021-2025 г.), Государственная программа научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» (2021-2025 г.), Государственная научно-техническая программа «Зеленые технологии ресурсопользования и экобезопасности» (2021-2025 г.) и др. В Государственных программах определены цели, задачи и основные направления государственной политики в области охраны окружающей среды и устойчивого использования природных ресурсов, финансовое обеспечение и механизмы их реализации в соответствии с установленными целевыми индикативными показателями. Основными направлениями программ являются: рациональное и экономное использование природных ресурсов, разработка новых ресурсосберегающих и малоотходных технологий использования и переработки природных и вторичных материальных ресурсов, снижение антропогенного воздействия на окружающую среду с разработкой мер по ее охране и реабилитации. Их выполнение будет способствовать рациональному природопользованию на основе охраны, освоения и воспроизводства природно-ресурсного потенциала, позволит оптимально решать природоохранные задачи многих отраслей народного хозяйства.

В первую очередь, на конкурсной основе, осуществляется финансирование научных разработок, имеющих практическое применение их результатов. Научные работы выполняются с участием научного потенциала организаций, подчиненных различным республиканским органам государственного управления. Среди которых особое место занимают организации подведомственные Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь: ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», РУП «Белорусский государственный геологический центр», РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», РУП «Бел НИЦ «Экология», ГУ «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды» и др.

Из других научных учреждений в первую очередь необходимо отметить ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси» деятельность которого направлена на решение проблем рационального природопользования и охраны окружающей среды Беларуси.

Среди высших учебных заведений Беларуси, прежде всего, следует выделить ГУО «Белорусский государственный университет», где уделяется значительное внимание развитию геоэкологии в республике. На факультете географии и геоинформатики БГУ сосредоточено большое число профессиональных географов высшей квалификации, которые сочетают педагогическую деятельность по подготовке молодых специалистов с ак-

тивной и плодотворной научно-исследовательской работой. Здесь на 7 кафедрах и 2 научно-исследовательских лабораториях, обеспечивается высокий уровень преподавания и приобщение студентов к развитию современных научных направлений и использованию новейших методов исследований.

На кафедре Географической экологии БГУ сформировалась и успешно развивается научная школа в области ландшафтоведения и геоэкологии. За время ее существования с 1960 г. защищено 12 докторских и 38 кандидатских диссертаций. Современные направления научных исследований научной школы в области геоэкологии: разработка теоретических и прикладных проблем геоэкологии для целей устойчивого развития Беларуси, теоретических и методологических основ актуарной геоэкологии, которая изучает применение математических и статистических методов, средств математического моделирования и компьютерных технологий для оценки рисков в области рационального природопользования; геоэкологическая оценка качества окружающей среды, климата и агроэкологического потенциала Беларуси.

УДК 911.52 (910.3)

ЛАНДШАФТНАЯ ШКОЛА БГУ: ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ

Г. И. Марцинкевич, И. И. Счастливая

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
schastnaya@tut.by*

Рассмотрена история формирования ландшафтной школы БГУ, базирующаяся на исследованиях А.А. Смолича в начале XX века. Большое внимание уделено рассмотрению научной деятельности В.А. Дементьева, признанного основателя ландшафтной школы БГУ в середине XX века. Представлены направления и краткие результаты развития ландшафтных исследований конца XX - начала XXI века.

Ключевые слова: *крайвід; ландшафт; ландшафтные исследования; дистанционное зондирование Земли в изучении ландшафта; ГИС-технологии в ландшафтоведении.*

Более ста лет тому назад в русской географии появился термин «ландшафт», получивший признание и широкое использование, что положило начало формированию новой географической науки – ландшафтоведения. В настоящее время термин «ландшафт» встречается повсеместно.

Начало ландшафтными исследованиям на территории Беларуси положили работы крупного географа и организатора науки, профессора БГУ А.А. Смолича (1891-1938) в 20-х гг. XX ст. Первой географической работой этого автора была «Географія Беларусі» (1919), в которой появился термин «крайвід», как аналог термина ландшафт (Вільня, 1919), уже существующего в русской науке. Однако самые важные аргументы для развития ландшафтоведения приведены А.А. Смоличем в статье «Тыпы геаграфічных краявідаў Беларусі», опубликованной отдельным изданием в 1925 г. [1]. В ней автор обозначил, что считает географический «крайвід» (ландшафт) основным объектом изучения географической науки, а главными задачами этой науки – выявление и типизацию ландшафтов, изучение их генезиса, эволюции, строения и структуры. Анализ трудов этого автора позволяет утверждать, что в них заложены основы фундаментальных и прикладных ландшафтных исследований, благодаря чему А.А. Смолича можно с уверенностью назвать основоположником ландшафтоведения в Беларуси.

Следующий этап развития ландшафтоведения приходится на середину XX в., когда, по образному выражению Ф.Н. Милькова, физическая география переживала ландшафтный этап. Начало этого этапа в нашей

стране связано с именем известного исследователя, географа и геоморфолога, профессора БГУ В.А. Дементьева (1908 – 1974).

В.А. Дементьев в течении всей карьеры активно занимался геоморфологическими исследованиями. Он был одним из лучших знатоков геологии антропогенного периода и большое внимание уделял палеогеографическим материалам, указывая, что они помогают установить не только историю формирования рельефа, но и смену климатических условий, растительных формаций, характер природных процессов. В итоге собранные полевые материалы позволили В.А. Дементьеву составить геоморфологическую карту, разработать схему геоморфологического районирования и легли в основу монографии «Природа Беларуси» [2], материал которой позже в переработанном виде вошел в учебник «География Беларуси», текст которой иллюстрирован его рисунками и фотографиями [3].

Полевые исследования помогли Василию Алексеевичу убедиться, насколько разнообразны природные условия Беларуси, как сильны геолого-геоморфологические, климатические, геоботанические различия в разных ее регионах. Все эти наблюдения воплотились в первой схеме физико-географического районирования, опубликованной в 1960 г. В 60-х годах в физической географии стала быстро развиваться и укрепляться идея о ландшафте как объективно существующем природном территориальном комплексе. В.А. Дементьев внимательно следил за публикациями в научных географических журналах и от него не ускользнуло, что происходит формирование нового научного направления в географии. Благодаря работам профессора Московского университета Н.А. Солнцева ландшафтная идея приобрела твердую основу: было четко сформулировано определение термина «ландшафт», выявлена его внутренняя (морфологическая) структура.

Увлечшись идеями интенсивно развивающегося ландшафтоведения, В.А. Дементьев первый в Беларуси приступил к полевому исследованию ландшафтов с целью изучения их внутреннего строения и картографирования по специально разработанной методике. Исследования проводились в северной и центральной частях Беларуси. Ландшафты рассматривались как генетически однородные комплексы, состоящие из взаимосвязанных природных компонентов и более мелких комплексов (местностей, сложных и простых урочищ, подурочищ, фаций). Для их картографирования В.А. Дементьевым была разработана оригинальная методика для территории Беларуси, которая предусматривала, что каждый из этих комплексов выделялся с учетом ведущего фактора, в качестве которого выступали разные природные компоненты или их свойства.

Полевые исследования, которые проводились под руководством В.А. Дементьева несколько лет, позволили собрать достаточный материал

для выполнения классификации ландшафтов. В границах изученной территории с учетом генезиса и времени формирования была составлена типология ландшафтов, в которой выделено 10 типов ландшафтов [4].

Однако, наиболее важным результатом деятельности В.А. Дементьева является формирование на факультете географии и геоинформатики БГУ (географическом) единственной в Беларуси научной школы фундаментальных ландшафтных исследований. После его ухода школа продолжила свое существование, доказательством чего являются работы, выполненные ее представителями в последнюю четверть XX в. Наиболее значительный результат этого периода – публикация в 1984 г. первой настенной ландшафтной карты Беларуси масштаба 1: 600.000 [5].

Создание карты потребовало разработки классификации ландшафтов, которая содержит семь классификационных единиц – класс, тип, подтип, группа родов, род, подрод, вид. Наибольшим разнообразием структуры характеризуются основные классификационные единицы – роды (20) и виды (105) ландшафтов. В целом этот период характеризуется широким интересом к ландшафтному картографированию, что видно по большому количеству созданного картографического материала. Так, в пятитомнике «Энциклапедыя прыроды Беларусі» (1983–1986) были опубликованы ландшафтные карты всех административных областей и районов республики (в общей сложности 125 карт), мелкомасштабная ландшафтная карта страны вошла в школьные географические атласы (1990, 1998, 2004, 2009, 2010), «Нацыянальны атлас Беларусі» (2002) включал отдельный раздел «Ландшафты», содержащий 17 карт.

Это направление ландшафтных исследований востребовано и в начале XXI века. Появление в это время новых методов исследования вместе с возможностью использования современных ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования Земли, определило необходимость уточнения и детализации многих картографических ландшафтных разработок.

Использование новых подходов и инструментов позволило разработать новые варианты настенных карт природных ландшафтов, выполненные по заказу Министерства образования Республики Беларусь для учреждений как высшего, так и общего среднего образования с использованием 6 классификационных единиц (класс-тип-подтип-группа родов-род-вид). Одна из них – карта для учреждений высшего образования масштаба 1 : 500 000 послужила основой для анализа и выявления закономерностей пространственного распространения природных территориальных комплексов [6]. Полученные результаты стали основой и для уточнения распространения региональных комплексов, что привело к составлению нового варианта схемы ландшафтного районирования [7]. Параллельно

происходило изучение трансформированных ландшафтов Беларуси (природно-антропогенных), которые формируются в результате использования природных ресурсов в определенных видах хозяйственной деятельности, что позволило разработать их функциональную классификацию, имеющую трехступенное ранжирование (класс – подкласс – род) и создать соответствующую карту. В разрабатываемый в 2024 году «Национальный атлас Беларуси», включен большой блок новых ландшафтных карт, выполненный исследователями БГУ.

С начала XXI века представители ландшафтной школы БГУ стали активно участвовать в выполнении Государственных программ научных исследований (ГПНИ) Республики Беларусь. В первом десятилетии этого века одной из актуальных направлений фундаментальных и прикладных исследований считалась проблема сохранения биологического и ландшафтного разнообразия. Первые работы, нацеленные на охрану и оценку ландшафтов Беларуси, проведены в БГУ при разработке заданий ГПНИ по состоянию ландшафтного разнообразия, антропогенной трансформации ландшафтов, типологии и эколого-геохимической оценке урбандшафтов промышленных центров, оценке влияния урбандшафтов на экологическое состояние городской среды.

Выполнение этих НИР потребовало вовлечения в ландшафтную тематику новых объектов (урбандшафт, антропогенно трансформированный ландшафт, природно-антропогенный ландшафт), а также широкого использования, наряду с традиционными полевыми ландшафтными исследованиями, математических методов для оценки ландшафтов, космических снимков, данных дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий.

Данные работы расширили границы исследования классического ландшафтоведения и в совокупности заложили основы формирования научного направления в ландшафтоведении Беларуси – ландшафтной экологии.

Ландшафтное разнообразие выражается с помощью условных показателей – индексов и коэффициентов, выбор которых достаточно велик. Все они представляют собой метрические характеристики ландшафта и содержат информацию об его организации. С учетом основных из них и системы классификационных единиц ландшафтов, произведена оценка ландшафтного разнообразия Беларуси на таксономическом уровне [8].

В XXI веке ускоренными темпами роста, быстрым приростом городского населения и загрязнения городской среды, город стал привлекать к себе внимание специалистов различных отраслей знаний, включая географов. Группа представителей ландшафтной школы БГУ в последние годы

приступили к изучению города с ландшафтной позиции, а именно рассматривая его как крупную урбосоциоэкосистему, состоящую из природной, техногенной и социальной подсистем, сочетания элементов которых формируют более мелкие городские комплексы – урболандшафты. В результате выяснена внутренняя ландшафтная структура городской территории, разработана классификация урболандшафтов, содержащая четыре ступени (класс – тип – группа видов – вид). Структура городского ландшафта раскрывается с помощью карт урболандшафтов, которые выступают основой для проведения геохимических исследований их почвенного покрова, выявления геохимических, тепловых аномалий поверхности и экологического состояния зеленых насаждений, расчета объемов их экосистемных услуг и оценок экологических (эколого-геохимических и эколого-тепловых) рисков [9, 10, 11, 12].

В это же время развитие получили ландшафтные исследования особо охраняемых природных территорий (ООПТ). В настоящее время в Республике Беларусь создается комплексная автоматизированно-справочная система ООПТ с использованием ГИС-технологий. Для выполнения этого задания разработана методика и проведено цифровое картографирование в среде ArcGIS 10 в масштабе 1: 100 000 ландшафтов серии ООПТ (Березинского биосферного заповедника, национальных парков «Нарочанский», «Браславские озера», «Беловежская Пуща», «Припятский») [13]. Цифровые карты отражают распространение ландшафтов в рангах рода и вида, а также ряда урочищ.

В последние годы формируется новое направление научных исследований, связанное с изучением культурных ландшафтов. Выполнено научное обоснование классификационных и типологических признаков культурных ландшафтов Беларуси, определяющих их ценность как объектов природного и историко-культурного наследия [14]. Составлена серия карт, отражающих особенности распределения объектов охраняемого природного и историко-культурного наследия в границах культурно-ландшафтных районов Беларуси: насыщенности объектами наследия, типологии культурно-ландшафтных районов, типологического разнообразия объектов наследия в границах районов.

Ввиду того, что ландшафтная научная школа создана и активно развивается в БГУ, ее первостепенной задачей всегда было привлечение студентов к научно-исследовательской работе и обеспечение их новейшей научной информацией.

Студенты и магистранты активно участвуют в разработке научных проектов, как в рамках Государственных программ научных исследований, так и кафедры географической экологии, выступают авторами и соавторами статей, участниками научных конференций. Новые научные

результаты, полученные в процессе выполнения разнообразных проектов, активно используются при подготовке курсовых и дипломных работ студентов, в учебном процессе при чтении ряда дисциплин и подготовке учебных и учебно-методических пособий [15, 16, 17].

Теоретические принципы и современные методы исследования природных и трансформированных ландшафтов Беларуси, методические подходы и методики оценки, выработанные в рамках ландшафтных исследований, нашли широкое распространение и используются для целей градостроительства, территориального планирования, природопользования и охраны окружающей среды. Все это свидетельствует о том, что современные ландшафтные исследования ученых ландшафтной школы БГУ проводятся в рамках междисциплинарного и трансдисциплинарного подходов, что соответствует общей мировой тенденции развития естественных наук.

Библиографические ссылки

1. *Смоліч А. А.* Тыпы геаграфічных краявідаў Беларусі. Мінск, 1925. 12 с.
2. *Дзяменцьеў В. А., Шкляр А. Х., Якушка О. Ф.* Прырода Беларусі. Мінск : Дзярж. вучэбна-педагагіч. выдавецтва, 1959. 315 с.
3. География Беларуси. / Под общей редакцией В. А. Дементьева [и др.]. Минск : «Высшая школа», 1965. 387 с.
4. *Дементьев В. А., Марцинкевич Г. И.* Ландшафты северной и средней Белоруссии. Минск : БГУ, 1968. 32 с.
5. Ландшафтная карта Белорусской ССР. Настенная карта для высших учебных заведений. Масштаб 1: 600 000 / Н. К. Клицунова, Г. И. Марцинкевич, Г. Т. Хараничева, Л. В. Логинова. М : ГУГК, 1984.
6. Республика Беларусь. Ландшафты Беларуси. Учебное наглядное пособие для учреждений высшего образования. Масштаб 1: 500 000 / Г. И. Марцинкевич, И. И. Счастливая, И. П. Усова. Минск : РУП «Белкартография», 2015.
7. *Счастливая И. И., Воробьев Д. С.* Структура природных ландшафтов и ее роль в создании схемы ландшафтного районирования Беларуси // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2022. № 1. С. 28–41.
8. *Марцинкевич Г. И., Счастливая И. И.* Ландшафтное разнообразие Беларуси // Структура географической среды и ландшафтное разнообразие Беларуси. Минск : БГУ, 2006. С. 38-67.
9. *Martsinkevich G., Shchasnaya I., Usava I.* Urban landscape as an object for study and assessment of urban space. The example of industrial cities in Belarus // The Problems of Landscape Ecology, Vol. XLV. Warsaw. 2018. P. 29-39.
10. Формирование и оценка экологических рисков урболовандшафтов в промышленных городах Беларуси // Г. И. Марцинкевич, И. И. Счастливая, А. А. Карпиченко, Д. С. Воробьев // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2021. № 2. С. 45-62.
11. *Счастливая И. И., Никифорова В. В.* Зеленые насаждения урболовандшафтов г. Могилева и оценка их экосистемных услуг // География. 2023. № 4. С. 29-36.

12. *Shchasnaya I., Varabyou D.* Assessment of the environment-forming functions of green spaces of urban landscapes in industrial centers of Belarus using geoinformation technologies // III International conference «Sustainable development: agriculture, energy and ecology», 26–28 February 2024. Karshi, Uzbekistan. AIP Conf. Proc. 3184, 020044 (2024).

13. *Гагина Н. В., Курлович Д. М., Ковалевская О. М.* Создание цифровых карт природных ландшафтов национального парка «Нарочанский» // ИнтерКарто. ИнтерГИС 26. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Международной конференции. М : Издательство Московского университета, 2020. Т. 26, Ч. 4. С. 90–103.

14. *Давыдик Е. Е., Кузьмин С. И., Сазонов А. А.* Типология культурных ландшафтов в контексте сохранения природного и историко-культурного наследия Беларуси // материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества. Минск. 8–13 апр. 2024 г. [Электронный ресурс]. В 7 ч. Ч. 5. Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2024. С. 88-92.

15. Ландшафтоведение: учебное пособие / Г.И. Марцинкевич, И. И. Счастливая. Минск : ИВЦ Минфина, 2014. 288 с.

16. Ландшафтоведение : учеб.-метод. пособие / И. И. Счастливая, Д. С. Воробьев. Минск : БГУ, 2021. 119 с.

17. Основы ландшафтоведения : учеб.-метод. пособие / И. И. Счастливая. Минск : БГУ, 2022. 115 с.

ЛАНДШАФТНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В. И. Стурман

*Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф.
М.А. Бонч-Бруевича, г. Санкт-Петербург, Россия, st@izh.com*

Выполнены исследования пространственного распределения показателей электромагнитных полей промышленной частоты в ряде городов Российской Федерации. Установлено, что распределение значений напряженности электрических полей контролируется сетями высоковольтных линий, тогда как магнитные поля сложным образом зависят от комплекса техногенных факторов (характер застройки и использования земель, сети энергоснабжения). Однако планировочные и архитектурные особенности городов по-разному складываются в разных условиях и в свою очередь зависят от комплекса природных и культурно-исторических факторов.

Ключевые слова: электромагнитные поля; электрические поля; напряженность; магнитные поля; магнитная индукция; картографирование.

Введение. Электромагнитным загрязнением считаются [6] значения электромагнитных полей, превышающие их естественный уровень. Наиболее распространенные в пределах урбанизированных территорий электрические и магнитные поля промышленной частоты формируются многочисленными промышленными, транспортными и бытовыми источниками. Проникающая способность электрических и особенно магнитных полей значительна, так что стены зданий и строений не создают для них существенного препятствия [8]. По данным новейших зарубежных исследований [1, 2] ориентировочный безопасный уровень магнитной индукции промышленной частоты составляет всего 200-400 нанотесла (нТл).

Прямое влияние природных особенностей урбанизированных территорий на электромагнитную обстановку в их пределах незначительно, но это не исключает косвенного влияния природных и социоприродных факторов, формирующих урбандиапафты. Косвенное влияние оказывается на расположение источников электромагнитных полей (ЭМП) и режимы их функционирования. Так, анализ результатов мониторинга электромагнитных полей в Санкт-Петербурге показал [3], что важнейшим фактором формирования электрических и магнитных полей является меняющаяся

нагрузка на системы электроснабжения, а второстепенным - метеорологические условия, влияющие на диэлектрические свойства воздуха. Однако нагрузка на энергосистемы существенным образом зависит от метеорологических условий через такие факторы, как рост энергопотребления при низких температурах зимой и отток части населения летом, что влечет за собой уменьшение пользования бытовыми электроприборами и освещением.

Картографирование электромагнитных полей, выполненное в последние годы в ряде городов России, показало, что пространственное распределение характеристик электрических и магнитных полей промышленной частоты отражает как исторически сложившиеся планировочные особенности городов, так и природные условия территорий, в пределах которых они располагаются.

Материалы и методы исследований. Для измерения показателей ЭМП промышленной частоты использован прибор Gigahertz Solutions ME 3830 В М/Е Analyser, позволяющий измерять напряженность электрического поля в пределах от 1 до 2000 в/м и магнитную индукцию от 1 до 2000 нТл. Согласно МР 4.3.0177-20. 4.3 [5], измерения выполнялись на уровне 1,8 м от поверхности земли. Точки выполнения измерений по возможности выбирались на участках с однородным характером использования территории и застройки. При статистической обработке результатов использовались стандартные показатели и программные средства.

Результаты и их обсуждение. К настоящему времени исследования выполнены в 13 городах, расположенным в разных природных зонах и ландшафтных условиях, главным образом в центральных частях городов [7]. Установлено, что значимые показатели напряженности электрического поля (выше 1-3 в/м) отмечаются только вблизи высоковольтных линий, тогда как магнитные поля отличаются на городских территориях сильной изменчивостью. Выявлено преобладающее влияние на показатели магнитной индукции в отдельных точках со стороны таких техногенных факторов, как характер использования земель и застройки, а также наличие или отсутствие в непосредственной близости воздушных и подземных линий электропередачи и электроснабжения. В то же время, уровни и характер распределения показателей в разных природных условиях обнаруживают некоторые особенности, имеющие в своей основе ландшафтную основу. Основные обобщающие показатели по результатам исследований представлены в табл. 1. Природные зоны (подзоны) и ландшафты приняты согласно ландшафтной карте в составе Национального атласа России [4].

Аномальные значения магнитной индукции определялись по превышению 2-сигмового предела для данного типа застройки и использования земель. Подавляющее большинство аномалий обусловлено влиянием кабелей подземной прокладки, что выявляется по резко повышенным значениям у поверхности земли.

Как видно из табл. 1, в различиях характеристик ЭМП по природным зонам сложно выделить определенные закономерности. В особенности это относится к средним показателям напряженности электрического поля, поскольку наиболее существенно на них влияет наличие (и количество) или отсутствие на территориях исследования высоковольтных линий. Что касается магнитной индукции, то о прямом влиянии природных условий можно говорить на примере пустынной зоны (представленной г. Астрахань), где повсеместное близкое залегание солоноватых и соленых грунтовых вод [9] делает невозможной подземную прокладку сетей электрообеспечения, что влечет за собой повышенную нагрузку на воздушные сети.

В наибольшей степени сложности размещения подземных сетей проявляются в низменных ландшафтах всех природных зон, что также находит отражение в обобщающих показателях табл. 2. Можно также предположить, что снижение показателей магнитной индукции от пустынной зоны к подтаежной и таежной отражает увеличение толщины стен зданий и строений и, соответственно, их экранирующей роли.

Таблица 2

Средние характеристики электромагнитных полей по зональным и а зональным типам ландшафтов

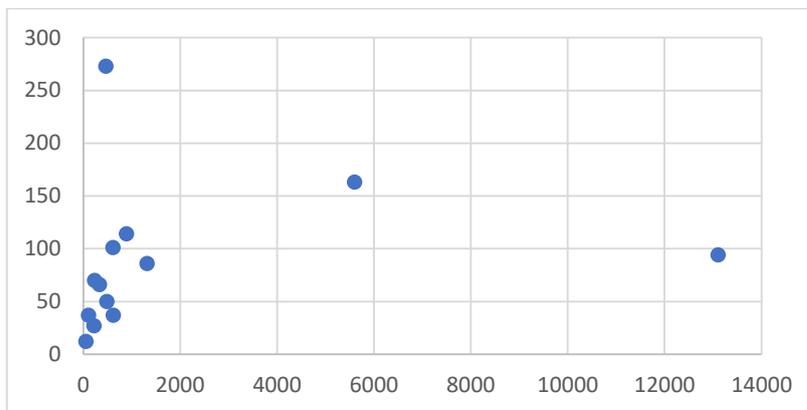
Ландшафты	Средние значения				
	Напряженность электрического поля, в/м	Магнитная индукция, нТл	Превышения ПДУ напряженности 1000 в/м, %% от числа точек	Превышения ориентировочного безопасного уровня магнитной индукции 200 нТл, %% от числа точек	Аномальные значения магнитной индукции, %% от числа точек
Таежные	44	74	3,3	11,3	8,9
Подтаежные	18	42	0,5	6,8	8,0
Лесостепные	35,5	84	1,7	9,3	10,9
Степные	18	114	-	15,8	13,6
Пустынные	6	273	-	23,6	12,4
Возвышенные	24	71	0,9	8,9	9,5
Низменные	18	100	2,1	12,5	9,5

Таблица 1

Основные обобщающие показатели по результатам исследований электромагнитных полей в городах России

Города и годы исследования	Число точек измерения	Природная зона (подзона); ландшафт	Средние значения		Превышения ПДУ напряженности 1000 в/м, %%	Превышения уровня магнитной индукции 200 нТл, %% от числа точек	Аномалии магнитной индукции, %%
			Напряженности электрического поля, в/м	Магнитной индукции, нТл			
Астрахань, 2023	161	Пустынная; низменный аккумулятивно-морской аридный	6	273	-	23,6	12,4
Белгород, 2017	103	Лесостепная; возвышенный эрозионный	41	66	1,9	5,8	10,8
Великий Новгород, 2023	123	Южнотаежная; низменный озерно-ледниковый	22	27	0,8	2,4	5,7
Ижевск, 2019	217	Подтаежная; возвышенный эрозионный пластовый	14	37	-	4,6	6,0
Казань, 2017	117	Подтаежная; низменный древнеаллювиальный	37	86	1,7	8,5	7,8
Калининград, 2019	163	Подтаежная; низменный озерно-ледниковый	14	50	0,6	4,3	12,2
Москва, 2018	203	Подтаежная; возвышенный моренно-эрозионный	21	94	-	12,4	10,8
Петрозаводск, 2017	146	Среднетаежная; возвышенный холмисто-моренный	44	70	2,7	6,8	11,0
Пушкин (Санкт-Петербург), 2019	160	Южнотаежная; низменный моренный	16	37	0,6	2,5	5,0
Ржев, 2024	350	Подтаежная; возвышенный моренно-эрозионный	2	12	-	4,0	3,1
Санкт-Петербург, 2017-2018	330	Южнотаежная; низменный древнеаллювиальный и аллювиально-зандровый	94	163	9,1	33,6	13,9
Саратов, 2024	177	Степная; возвышенный эрозионный пластовый	18	114	-	15,8	13,6
Ульяновск, 2024	138	Лесостепная; возвышенный эрозионный пластовый	30	101	1,4	12,8	11,0

Влияние техногенных факторов на уровне средних значений по городам тоже выявляется не вполне отчетливо. На рис. показана зависимость средней величины магнитной индукции от населения городов.



Зависимость средней величины магнитной индукции (по вертикальной оси, нТл) от населения городов (по горизонтальной оси, в тысячах жителей).

Вполне очевидную зависимость от численности населения осложняет влияние культурно-исторических факторов, в частности таких, как:

- степень развитости рыночной (в т. ч. уличной) торговли, с чем связано распространение кустарной электропроводки для питания холодильного и другого оборудования;

- наличие отдельных проводов к частным домам и квартирам.

То и другое в большей степени свойственно Азии, чем Европе, и наглядно проявляется при сравнении трех поволжских городов: Ульяновска, Саратова, Астрахани.

Заключение. Электромагнитная обстановка внутри городов сложным образом зависит от комплекса причин, среди которых ведущую роль играют характер использования земель и застройки и организация электроснабжения. Максимумы электромагнитного загрязнения приурочены к историческим центрам городов и рынкам, а минимумы – к рекреационным зонам. Однако указанные техногенные факторы в городах адаптируются к природным условиям, включая как зональные факторы (определяют климат и, соответственно, потребность в энергии), так и аональные (прежде всего, рельеф), определяющие планировку городов, а также условия и возможности подземной прокладки кабелей.

Библиографические ссылки

1. Residential exposure to magnetic fields from high-voltage power lines and risk of childhood leukemia // Carlotta Malagoli [et al.] // Environmental Research. Volume 232. 1 September 2023. 116320.
2. Exposure to magnetic fields and childhood leukemia: a systematic review and meta-analysis of case-control and cohort studies // Christian Brabant [et al.] // Reviews on Environmental Health, online first 2022.
3. Dynamics of electric and magnetic fields in case of the urban environment / V.I Sturman [et al.] // E3S Web of Conferences 265. 02001 (2021).
4. Исаченко А. Г. Ландшафты // Национальный атлас России. Т. 2. М.: ПКО Роскартография, 2008. С. 398-399.
5. МР 4.3.0177-20. 4.3. Методы контроля. Физические факторы. Методика измерения электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц на селитебной территории. Методические рекомендации. URL https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_380783/ (дата обращения: 16.08.2024).
6. Сподобаев Ю. М., Кубанов В. П. Основы электромагнитной экологии. М.: Радио и связь, 2000. 240 с.
7. Стурман В. И., Логиновская А. Н. Техногенные электромагнитные поля на городских территориях и подходы к их картографированию // Известия РАН. 2022. Серия географическая. Т. 86, № 2. С. 255–267.
8. Тихонов М. Н., Довгуша В. В., Довгуша Л. В. Механизм влияния естественных и техногенных электромагнитных полей на безопасность жизнедеятельности // Экологическая экспертиза. 2013. № 6. С. 48-65.
9. Токарева А. А., Кутлусарина Г. В., Аронова Ю. С. Роль подземных и поверхностных вод аридной зоны в преобразованиях природных комплексов на примере Астраханской области // Проблемы региональной экологии. 2019. № 1. С. 78-84.

**РЕГИОНАЛЬНАЯ И ВНУТРИРЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА
ФРАГМЕНТАЦИИ ЛАНДШАФТОВ
(НА ПРИМЕРЕ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ)**

В. М. Яцухно, Ю. С. Давидович

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
yatsukhno@bsu.by, seg98001@gmail.com*

Данная статья посвящена слабо изученной проблеме фрагментации наземных экосистем Беларуси на провинциальном и ландшафтном уровнях. Наиболее перспективным и эффективным методом исследования и оценки фрагментации ландшафтов является использование данных дистанционного зондирования Земли как наиболее объективных и оперативных сведений. Использование инструментов в среде геоинформационных технологий позволяет определить метрические композиционные и конфигурационные показатели, характеризующие степень фрагментации ландшафтов в автоматическом режиме обработки материалов аэрокосмических съемок. Выявлены существенные межландшафтные различия в проявлении фрагментации наземных экосистем ландшафтов в пределах Белорусского Поозерья.

Ключевые слова: фрагментация; наземные экосистемы; Белорусское Поозерье; метрики фрагментации; данные дистанционного зондирования Земли.

Введение. В ходе хозяйственного освоения и использования территории Беларуси, слагающие ее природные ландшафты претерпели значительные структурно-функциональные изменения, выразившиеся, прежде всего, в нарушении цельности и пространственного охвата природных экосистем, уменьшении их биологического и ландшафтного разнообразия [1, 3, 4]. Негативным последствием этого является чрезмерная фрагментация наземных экосистем, обусловленная расчленением и последующим гетерогенизацией крупных цельных естественных массивов на более мелкие и изолированные участки. Формирование последних является результатом крупноплощадного агрохозяйственного, в том числе мелиоративного, использования земельного фонда, создания развитой сети и объектов транспортной инфраструктуры, линий электропередач, системы коммуникаций, расширение городских поселений, рекреационных зон, промышленного и гражданского строительства и др.

Фрагментация ландшафтов, обусловленная в первую очередь расчленением растительного покрова, является принципиально новым фактором естественной динамики природной среды. Фрагментация влечет за собой развитие мощного процесса антропогенной трансформации – экотонизации границ природных и антропогенных экосистем, формирования сравнительно широких переходных полос между природными экосистемами и их антропогенными модификациями.

Проблема фрагментации ландшафтов является актуальной и практически востребованной для условий Беларуси вследствие расширения населенных пунктов, дорожной сети, строительства промышленных и инфраструктурных объектов, линий электропередач, нефте- и газопроводов и др.

Материалы и методы исследований. При выборе территориальных объектов исследования и последующей оценки фрагментации ландшафтов учитывался и был использован полимасштабный подход ее проявления. Главной особенностью указанного подхода является рассмотрение масштабности разных иерархических уровней (регионального, субрегионального, ландшафтного и топологического) в пределах изучаемой территории. В качестве объектов фрагментации на ландшафтном уровне использованы 13 ландшафтных районов Поозерской провинции озерно-ледниковых, моренно-озерных и холмисто-моренно-озерных ландшафтов, выделенных по набору генетически однородных и территориально близких видов ландшафтов [5].

В процессе автоматизированного дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли использовались мультиспектральные снимки спутниковых систем Suomi NPP, Sentinel-2A/B, Landsat8/9 и БКА на летний и весенний период на территории изучаемых регионов. Все расчеты производились в программном продукте ArcGIS Pro 2.8 на операционной системе Windows 10 с использованием алгоритмов построения пользовательских инструментов геообработки пространственных данных на основе геомodelей ModelBuilder.

Для вычисления метрик фрагментации ландшафтов использовался разработанный авторами специализированный программный модуль для ArcGIS [3]. Для количественной характеристики и определения степени фрагментации ландшафтов предлагается применять метрические показатели (индексы), перечень которых подробно изложен в работах [2, 6, 7].

Для оценки фрагментации естественных и лесных экосистем Поозерской провинции озерно-ледниковых, моренно-озерных и холмисто-моренно-озерных ландшафтов были составлены карты масштаба 1: 500 000 с пространственным разрешением ячейки 5 километров (рисунок 1, 2).

Результаты и их обсуждение. По результатам определения метрик (показателей) фрагментации ландшафтов определяется площадь сокращения экосистем ландшафтов, а также учитываются показатели связности, непрерывности, формы контуров экосистем и их взаиморазмещение, что позволяет с количественной определенностью устанавливать степень фрагментации ландшафтов. Исходя из размера площади сохранившихся природных экосистем в данном масштабе в ландшафтах их можно ранжировать на: очень трансформированные – менее 25 %; сильно – 25–50 %; средне – 50–75 %; слабо трансформированные – более 75 %. Расчетные показатели метрик фрагментации ландшафтов приведены в таблице.

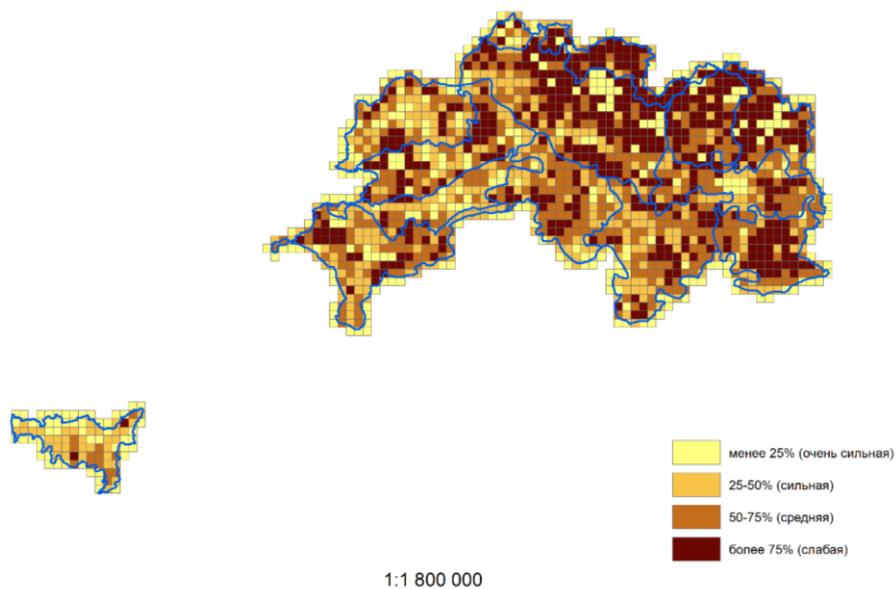


Рис. 1. Фрагментация ландшафтов естественных экосистем Поозерской провинции озерно-ледниковых, моренно-озерных и холмисто-моренно-озерных ландшафтов (картографическая основа 1: 500 000)

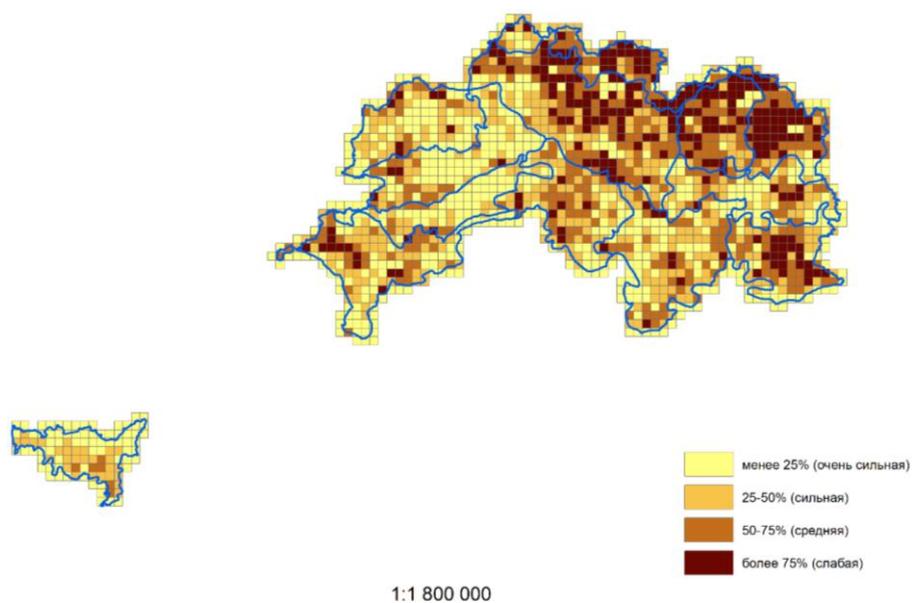


Рис. 2. Фрагментация ландшафтов лесных экосистем Поозерской провинции озерно-ледниковых, моренно-озерных и холмисто-моренно-озерных ландшафтов (картографическая основа 1: 500 000)

Количественные метрики фрагментации ландшафтов на региональном и ландшафтном уровнях

Ландшафтные районы	Ландшафтные индексы и метрики								
	MP	PLAND	MPS	PD	LSI	MSI	MPAR	MESH	SHEI
Естественные экосистемы									
Поозерская провинция	3172	62,71	7,59	0,097	14,95	1,37	0,0075	356,30	0,006010029
Свенцяно-Нарочанский	381	61,56	5,25	0,117	17,64	1,35	0,00467	86,38	0,001436775
Поставско-Глубокский	226	42,03	3,52	0,119	12,41	1,39	0,01065	11,17	0,000045103
Дисненский	298	60,97	6,00	0,102	16,34	1,40	0,00589	39,90	0,049009428
Браславский	334	49,70	3,98	0,125	15,73	1,33	0,00649	20,40	0,011713636
Освейско-Езерищенский	101	79,66	14,93	0,053	11,69	1,43	0,01184	756,20	0,000598330
Полоцкий	417	75,73	10,79	0,070	20,67	1,35	0,00301	1141,32	0,000002596
Городокский	115	79,55	14,18	0,056	10,56	1,32	0,00904	1008,58	0,000011879
Суражский	120	84,04	14,58	0,058	11,41	1,41	0,00879	1005,02	0,013452739
Витебский	324	56,11	4,35	0,129	16,57	1,38	0,00645	33,06	0,000372924
Лучосинский	219	70,47	7,33	0,096	14,01	1,37	0,00674	398,48	0,000015135
Среднедвинский	432	58,96	5,27	0,112	20,12	1,36	0,00451	43,31	0,001160729
Ушачский	349	57,51	4,80	0,120	17,39	1,34	0,00569	76,74	0,000311095
Котринский	171	38,88	3,66	0,106	9,81	1,37	0,01304	11,33	0,000000017

Окончание таблицы

Ландшафтные районы	Ландшафтные индексы и метрики								
	MP	PLAND	MPS	PD	LSI	MSI	MPAR	MESH	SHEI
Лесные экосистемы									
Поозерская провинция	881	39,34	28,02	0,034	8,22	1,55	0,0246	508,9	0,0001601128
Свенцяно-Нарочанский	113	39,89	11,48	0,035	9,04	1,50	0,01246	82,49	0,001806170
Поставско-Глубокский	61	21,73	6,74	0,032	5,45	1,60	0,03351	9,57	0,000059470
Дисненский	72	26,75	10,89	0,025	6,47	1,59	0,02199	21,10	0,065287139
Браславский	118	31,04	7,04	0,044	8,23	1,44	0,01540	18,61	0,014268307
Освейско-Езерищенский	22	66,65	57,35	0,012	8,21	1,84	0,04563	753,52	0,000893344
Полоцкий	93	59,94	38,30	0,016	12,38	1,54	0,01022	1139,23	0,000003455
Городокский	15	71,17	97,24	0,007	7,20	1,74	0,05279	1008,26	0,000020813
Суражский	20	71,39	74,31	0,010	7,07	1,71	0,03848	1004,21	0,021498876
Витебский	89	33,70	9,51	0,035	7,93	1,50	0,01871	31,19	0,000480275
Лучосинский	45	53,26	26,95	0,020	7,48	1,62	0,02318	396,94	0,000021427
Среднедвинский	119	38,50	12,48	0,031	10,46	1,52	0,01303	41,95	0,001473868
Ушачский	113	41,77	10,76	0,039	10,18	1,50	0,01416	75,99	0,000385305
Котринский	107	26,48	3,98	0,067	6,76	1,41	0,02109	7,63	0,000000018

Заключение. В настоящее время при изучении, оценке и картографировании фрагментации ландшафтов Беларуси наиболее востребованным инструментом выявления пространственного сочетания наземных экосистем являются космические мультиспектральные снимки разного пространственного разрешения. Необходимость их применения объясняется объективностью, масштабом охвата изучаемых территорий и слагающих их ландшафтов, а также доступностью и возможностью обработки в современных программных продуктах.

Представленные результаты исследований получены при выполнении мероприятия 16 «Разработать систему оценки фрагментации ландшафтов Беларуси с применением данных дистанционного зондирования Земли с целью регулирования антропогенных нагрузок на них и сохранения биоразнообразия экосистем» подпрограммы 6 «Исследование и использование космического пространства в мирных целях» Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 гг.

Библиографические ссылки

1. *Гусев А. П.* Фрагментация ландшафтного покрова как фактор деградации потенциала самовосстановления геосистем // *Весті БДПУ*. 2014. Серія 3, № 1. С. 58–61.
2. *Давидович Ю. С., Яцухно В. М.* Исследование и оценка фрагментации ландшафтов Беларуси с использованием методов дистанционного зондирования // *Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества*. Минск. 8–13 апр. 2024 г. В 7 ч. Ч. 5. Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения / *Белорус. гос. ун-т; редкол.: Е.Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]*. Минск : БГУ, 2024. С. 81–87.
3. *Давидович Ю. С., Яцухно В. М.* Оценка фрагментации наземных экосистем ландшафтов Беларуси по данным дистанционного зондирования Земли // *Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 26–28 окт. 2023 г.: в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси. Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина. Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: С.А. Лысенко (гл. ред.) [и др.]*. Брест : БрГУ, 2023. Ч. 2. С. 42–45.
4. *Скачкова А. С., Яцухно В. М.* Планирование территориальных схем экологических сетей на основе результатов оценки фрагментации и разнообразия ландшафтов // *Земля Беларуси*. 2016. № 4. С. 25–29.
5. *Счастливая И. И., Воробьев Д. С.* Структура природных ландшафтов и ее роль в создании схемы ландшафтного районирования Беларуси // *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2022. № 1. С. 28–41.
6. *Frazier A. E., Kedron P.* Landscape Metrics: Past Progress and Future Directions // *Current Landscape Ecology Reports*. 2017. № 2. P. 63–72.
7. *Rutledge D. T., Miller C. J.* The use of landscape indices in studies of the effects of habitat loss and fragmentation // *Naturschutz and Landschaftsplanung*. 2006. № 38. P. 300–307.

РАЗДЕЛ II

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ГЕОЭКОЛОГИИ

УДК 504.4.054 (476)

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЗАПЕЧАТАННОСТИ И ОЗЕЛЕНЕННОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ ВОДОСБОРОВ г. МИНСКА ПО ДАННЫМ OPENSTREETMAP

С. В. Алисиевич^{1,2)}, Е. П. Овчарова²⁾, Н. В. Ковальчик¹⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, sviatalv@gmail.com

²⁾ Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
geosystem1@rambler.ru

С использованием ГИС «QGIS» проведена оценка запечатанности и озелененности локальных водосборов г. Минска по данным OpenStreetMap. Процент запечатанности локальных водосборов в пределах современной границы г. Минска изменяется от 2,3 до 59,6 %. Доля озелененных территорий в пределах водосборов варьирует от 0,6 до 97,7 %.

Ключевые слова: урбанизированная территория; локальный водосбор; запечатанность; озелененность; данные OpenStreetMap; QGIS.

Введение. Процесс урбанизации, проявляющийся в том числе в застройке и запечатывании искусственными поверхностями естественных территорий, радикальным образом трансформирует формирование стока в пределах водосбора. Из-за большого количества водонепроницаемых площадей на территории города поверхностный сток по сравнению с естественными условиями начинает формироваться при меньшем количестве осадков; асфальтобетонные поверхности создают условия для более быстрого добегаания дождевых и талых вод сначала в систему дождевой канализации, а затем в водоток; нарушается гидравлическая связь частей водосбора с водотоком из-за уплотнения грунтовой толщи и истощения горизонтов подземных вод.

В совокупности это приводит к исчезновению нормальной ложбинно-лощинной сети, деформации и обмелению естественных русел, снижению их пропускной способности [1, 2].

С другой стороны, озелененные территории выполняют в пределах города стабилизирующую роль и способны нивелировать и оптимизировать процесс формирования поверхностного стока.

Таким образом, показатели запечатанности и озелененности локальных водосборов могут быть использованы для оценки устойчивости урбанизированной территории к климатическим изменениям в виде экстремальных осадков.

Материалы и методы исследований. Для оценки запечатанности и озелененности локальных водосборов на территории г. Минска использованы данные OpenStreetMap (OSM) [3]. В процессе выполнения работы проанализирован перечень значений и ключей объектов OSM [4], а также учтена методика определения различных типов территорий города при помощи данных OSM, описанная в [5].

Согласно [6], к водонепроницаемым поверхностям относятся кровли зданий, дороги, тротуары и другие площади с водонепроницаемым покрытием.

В качестве запечатанных поверхностей выделялись все здания и строения города (ключ «building»), объекты слоя «landuse»: территории гаражных комплексов и кооперативов («garages»), территории, на которых расположены торговые центры, торговые комплексы, гипермаркеты и рынки, как правило являющиеся практически полностью запечатанными («retail»). Также выделялись объекты слоя «amenity»: различные виды парковок (значения «parking», «parking_entrance», «parking_space», «bicycle_parking», «taxi»), автостанции и автовокзалы («bus_station»), площадки для сбора мусора («recycling», «waste_disposal»), территории тренировочных площадок автошкол («driving_school»). Кроме того, выделены полигональные объекты слоя «railway» – железнодорожные платформы («platform»).

Далее проводилось выделение объектов улично-дорожной сети города. Для этого были выгружены полигональные объекты слоя «highway»: площадные пешеходные пространства (значения «pedestrian» и «footway»). Однако подавляющая часть улично-дорожной сети в OSM представлена линейными объектами, что не подходит для определения запечатанности. По этой причине полученные линейные объекты дорог и улиц трансформировались в площадные путем преобразования с помощью инструмента «Буферизация», которым им задавалась ширина в соответствии с их типом: дороги высокой важности («trunk») – 15 м, съезды с них («trunk_link») – 7 м, центральные магистрали («primary») – 12 м, съезды с центральных магистралей («primary_link») – 7 м, основные магистрали районов города («secondary») – 10 м, съезды с основных магистралей районов («secondary_link») – 5 м, основные микрорайонные или межмикрорайонные транзитные улицы («tertiary») – 8 м, съезды с них («tertiary_link») – 4 м, служебные проезды: внутриквартальные, въездные, парковочные и т.д. («service») – 5 м, остальные автомобильные дороги местного значения, образующие соединительную сеть дорог

(«unclassified») – 8 м, дороги сельскохозяйственного назначения, лесные дороги («track») – 4 м, гоночные трассы («raceway») – 3 м, дороги, которые проходят внутри жилых зон («living_street», «residential») – 2,5 м, велодорожки («cycleway») – 2,5 м, пешеходные улицы («pedestrian») – 3 м, пешеходные дорожки, тротуары («footway») – 2 м, лестницы, лестничные пролеты («steps») – 2 м. Ширина линейных объектов всех типов определялась при помощи спутниковых снимков Google Maps [7], а также других интернет-ресурсов.

В качестве озелененных территорий выделялись полигональные объекты слоя «landuse» – леса («forest») и сельскохозяйственные сады («orchard»), слоя «leisure» – парки («park») и декоративные сады («garden»), слоя «natural» – территории, покрытые деревьями («wood», «tree_row»).

В результате обработки получены векторные слои запечатанных поверхностей и зеленых зон в пределах современной границы г. Минска (рис. 1).

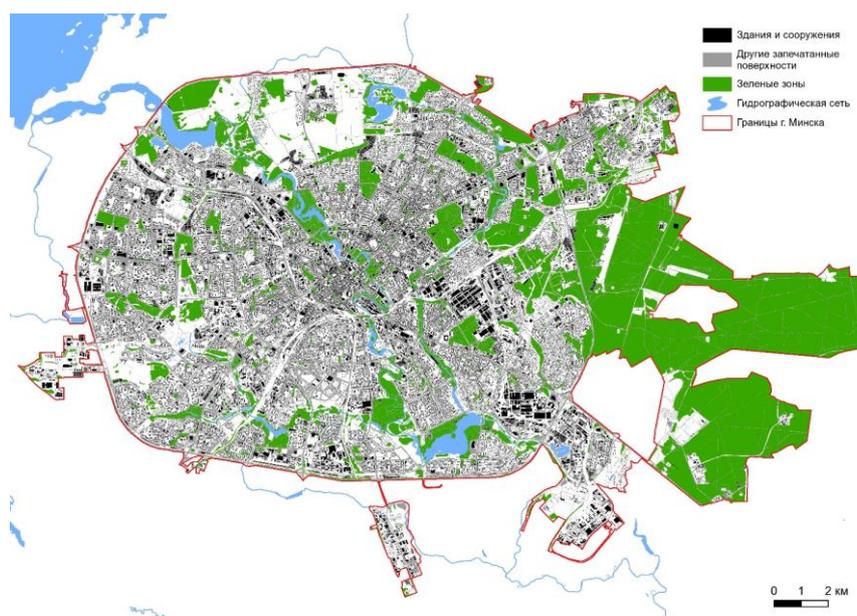


Рис. 1. Запечатанные поверхности и зеленые зоны на территории г. Минска

Результаты и их обсуждение. С использованием полученной ранее карты локальных водосборов г. Минска [8], выполнена пространственная оценка их запечатанности и озелененности (рис. 2). По полученным результатам, процент запечатанности локальных водосборов в пределах современной границы г. Минска изменяется от 2,3 до 59,6 %. Доля озелененных территорий в пределах водосборов варьирует в более широких пределах: от 0,6 до 97,7 %.

Согласно данным таблицы, около 70 % территории г. Минска представлено локальными водосборами с запечатанностью более 30 %. Доля водосборов, находящихся в наиболее уязвимом состоянии (запечатанность 50–60 %) составляет около 5 %, территориально они приурочены к центральной части города. Локальные водосборы с озелененностью не более 15 % составляют около 50 % (по занимаемой площади), а водосборы с озелененностью менее 5 % занимают 11,8 % площади. В целом, для центральной и юго-западной частей города характерен более низкий процент озелененности локальных водосборов по сравнению с северо-восточной частью г. Минска.

Таким образом, менее устойчивыми к климатическим изменениям в виде экстремальных осадков могут оказываться участки г. Минска, расположенные в центральной и западной-северо-западной частях города, где запечатанность составляет 40–60 %, а озелененность не превышает 10 %. В наиболее устойчивом положении находится северная и восточные части города, где запечатанность не превышает 30 %, а озелененность более 25 %.

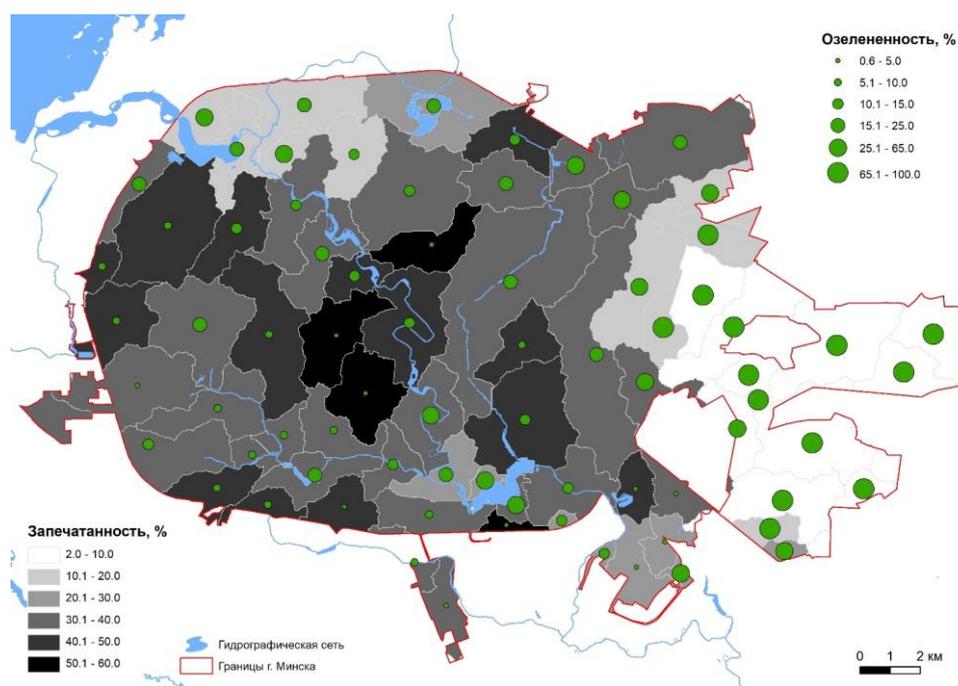


Рис. 2. Запечатанность и озелененность локальных водосборов в современных границах г. Минска

**Распределение локальных водосборов по доли запечатанных
и озелененных территорий**

Запечатанность, %	Количество водосборов	Площадь, км ²	Озелененность, %	Количество водосборов	Площадь, км ²
2–10	11	47,2	0,6–5,0	11	39,1
10,1–20	10	35,7	5,1–10,0	13	51,9
20,1–30	7	19,6	10,1–15,0	12	65,1
30,1–40	27	143,7	15,1–25,0	12	88,3
40,1–50	14	68,9	25,1–65,0	12	33,3
50,1–60	4	15,6	65,1–100,00	13	53,0
Всего	73	330,7	Всего	73	330,7

Заключение. Оценка запечатанности и озелененности локальных водосборов на территории г. Минска с использованием данных OpenStreetMap показала, что около 70 % территории города представлено локальными водосборами с запечатанностью более 30 %. Локальные водосборы, озелененность которых не превышает 15 %, занимают около 50 % площади города. В менее устойчивом положении к климатическим изменениям в виде экстремальных осадков находятся локальные водосборы в центральной и западной-северо-западной частях г. Минска, где запечатанность составляет 40–60 %, а озелененность не превышает 10 %, в наиболее устойчивом – в северной и восточной частях города, где запечатанность не превышает 30 %, а озелененность более 25 %.

Библиографические ссылки

1. Voskamp I. M., Van de Ven F. H. M. Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. *Building and Environment*. 83 (2015). P. 159–167.
2. Овчарова Е. П. Эколого-геохимическая оценка поверхностного стока с городской территории (на примере г. Минска): автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Минск: Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси. 2006. 22 с.
3. OpenStreetMap [Electronic resource]. URL: <https://www.openstreetmap.org> (date of access: 05.09.2024).
4. Map features [Electronic resource] // OpenStreetMap Wiki. URL: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_features (date of access: 05.09.2024).

5. *Климанова О. А., Колбовский Е. Ю., Илларионова О. А.* Зеленая инфраструктура города: оценка состояния и проектирование развития. М. : Товарищество науч. изд. КМК, 2020. 324 с.

6. ТКП 45-4.01-321-2018 (33020) Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования. Минск: Минстройархитектуры, 2018. 80 с.

7. Google Maps [Electronic resource]. URL: <https://www.maps.google.com> (date of access: 05.09.2024).

8. *Алисиевич С. В., Ковальчик Н. В., Овчарова Е. П.* Гидрологическое моделирование в ГИС для выявления трансформации пространственной структуры естественных водосборов на территории г. Минска / ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых. Минск. 15 нояб. 2023 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. Н. Червань (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2023. С. 48–55.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В БЕЛАРУСИ

М. Н. Брилевский

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, bryleuski@mail.ru

Рассмотрены региональные особенности образования отходов производства и коммунальных отходов по административным районам Беларуси. Для каждого района рассчитаны средние показатели по образованию отходов производства и коммунальных отходов за 2019-2023 гг. и проведена группировка районов по данным показателям, выявлена динамика изменения образования отходов и выполнена балльная оценка влияния суммарного образования отходов на геоэкологическое состояние территории.

Ключевые слова: отходы производства; коммунальные отходы; геоэкологическое состояние территории; среда жизнедеятельности; геоэкологические проблемы.

Введение. Рациональное природопользование в настоящее время невозможно без оценки геоэкологического состояния регионов. Обеспечение экологической безопасности населения в Беларуси требует объективной информации о состоянии окружающей среды, источниках ее загрязнения. На формирование экологической ситуации в Беларуси оказывают влияние глобальные, региональные и локальные геоэкологические проблемы.

Многообразие геоэкологических проблем и особенности их проявления на территории Беларуси обусловили большое количество показателей, влияющих на состояние окружающей среды. При этом анализируемые показатели имеют различную размерность и значимость, что затрудняет проведение комплексной оценки геоэкологического состояния. Большое количество показателей, влияющих на качество среды жизнедеятельности населения, приводит к тому, что многие из них дублируют друг друга и усложняют процесс оценки. Анализ литературных источников и расчеты, выполненные авторами, показывают, что для общей оценки геоэкологического состояния регионов, достаточно 6-10 комплексных показателей, характеризующих воздействие неблагоприятных факторов на различные природные компоненты с учетом сложившейся хозяйственной деятельности.

Одним из важных показателей оценки геоэкологического состояния территории районов является образование отходов производства и коммунальных отходов. Если выбросы загрязняющих веществ в атмосферный

воздух, сбросы сточных вод в последние годы имеют тенденцию к сокращению, то образование и накопление отходов на протяжении последних лет увеличивается. Так, в 2014-2018 гг. в Республике Беларусь в среднем образовывалось 53614 тыс. т отходов производства, а в 2019-2023 гг. – уже 56089 тыс. т. Использование отходов в стране сравнительно невелико – около 30 %, поэтому наблюдается их накопление на полигонах и промышленных площадках.

Материалы и методы исследований. Оценка качества среды жизнедеятельности с целью оптимального полифункционального использования географического пространства в соответствии с его природно-ресурсным и природно-экологическим потенциалом, функциональной способностью удовлетворять общественные запросы при сохранении экологической стабильности природно-хозяйственных геосистем должна базироваться на достоверной и актуальной информации.

В 2010-2018 гг. нами была разработана методика, и проведена оценка геоэкологического состояния природно-антропогенных геосистем Беларуси, в результате которой определен уровень благоприятности геоэкологического состояния территории административных районов страны [1]. Для сравнения разнокачественных показателей предлагается проведение балльной оценки. При установлении количества баллов, по каждому показателю учитываются площадь территории, подверженная влиянию неблагоприятного фактора и интенсивность его воздействия.

Важным представляется выбор операционных единиц для проведения геоэкологической оценки. Оценка может проводиться по природным геосистемам различного иерархического уровня: физико-географическим провинциям, районам, родам или видам ландшафтов, либо по природно-антропогенным геосистемам. Сосредоточение статистической информации о хозяйственной деятельности, природных ресурсах, воздействии на окружающую среду в рамках административных районов предопределило их выбор в качестве территориальных операционных единиц оценки геоэкологического состояния. Все города, включая Минск, рассматриваются в составе одноименных районов.

Геоэкологическое состояние природно-антропогенных геосистем является динамичным, поэтому важно не только определить интегральный показатель для региона, но и проследить его временную изменчивость. Показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов сточных вод, накопления отходов производства и коммунальных отходов

существенно изменяются по годам, поэтому комплексная оценка геоэкологического состояния территории природно-антропогенных геосистем проводилась по осредненным данным за 2019-2023 годы.

Настоящее исследование посвящено оценке одного из показателей геоэкологического состояния окружающей среды – образования отходов.

Результаты и их обсуждение. Образование отходов производства в 2019-2023 гг. сильно различается по административным районам, от 0,5 тыс. т в Краснопольском районе до 25890,3 – в Солигорском, что объясняется объемами производства и спецификой промышленности.

Все районы Беларуси по данному показателю разделились на 5 групп (табл. 1). В первую группу с наименьшими объемами образования отходов производства (менее 10 тыс. т.) вошло 32 района, большая часть из которых расположена в Могилевской и Витебской областях.

Почти половина административных районов страны (54) вошли во вторую группу с показателями накопления отходов от 10 до 100 тыс. т. Особенно много в данной группе административных районов Брестской, Гомельской и Минской областей.

Таблица 1

Распределение административных районов Беларуси по объемам образования отходов производства (2019-2023 гг.)

Группа	Объем образования отходов, тыс. т.	Кол-во районов	Административные районы
1	Менее 10	32	Краснопольский, Дрибинский, Брагинский, Докшицкий, Шарковщинский, Бешенковичский, Зельвенский, Вороновский, Лоевский, Чериковский, Славгородский, Хотимский, Россонский, Миорский, Мстиславский, Ушачский, Шумилинский, Кличевский, Кировский, Чаусский, Воложинский, Берестовицкий, Опшмянский, Глубокский, Кормянский, Глусский, Дубровенский, Крулянский, Свислочский, Климовичский, Городокский, Быховский.
2	10,1-100	54	Чечерский, Дятловский, Малоритский, Браславский, Добрушский, Наровлянский, Ельский, Клецкий, Лепельский, Бельничский, Лельчицкий, Октябрьский, Ивьевский, Верхнедвинский, Пружанский, Рогачевский, Хойникский, Ляховичский, Дрогичинский, Столинский, Лиозненский, Горецкий, Островецкий, Кореличский, Толочинский, Жабинковский, Житковичский, Новогрудский, Буда-Косшелевский, Ветковский, Червенский, Щучинский, Лунинецкий, Стародорожский, Копыльский, Калинковичский, Ивановский, Сенненский, Мядельский, Поставский, Вилейский, Каменецкий, Кобринский, Березинский, Крупский, Ганцевичский, Пинский, Мостовский, Шкловский, Узденский, Столбцовский, Смолевичский, Ивацевичский, Кричевский.

Группа	Объем образования отходов, тыс. т.	Кол-во районов	Административные районы
3	100,1-1000 т	24	Березовский, Осиповичский, Пуховичский, Чашникский, Полоцкий, Мозырский, Молодечненский, Оршанский, Лидский, Слуцкий, Светлогорский, Речицкий, Дзержинский, Слонимский, Борисовский, Витебский, Волковысский, Несвижский, Барановичский, Сморгонский, Бобруйский, Петриковский, Могилевский, Логойский.
4	1000,1-10000	7	Брестский, Жлобинский, Гродненский, Гомельский, Костюковичский, Минский, Любанский.
5	Более 10000	1	Солигорский

24 административных районов страны вошли в третью группу с объемами образований отходов от 100 тыс. т до 1000 тыс. т. В данную группу вошли районы с областными центрами (Могилевский, Витебский), с крупными городами (Бобруйский, Барановичский, Полоцкий, Мозырский, Молодечненский, Лидский, Оршанский, Светлогорский и др.), со специфическим производством (Березовский, Чашникский, Волковысский, Несвижский и др.), расположенные близко от города Минска (Дзержинский, Логойский, Пуховичский). Работы по строительству Петриковского горнообогатительного комбината и начало добычи калийных солей обусловили вхождение в данную группу Петриковского района.

В четвертую группу с объемом образования отходов от 1000 тыс. т до 10000 тыс. т. вошло 7 районов, среди которых районы с 4 областными центрами с развитым и разнообразным производством, а также Жлобинский район с металлургическим производством, Костюковичский – с производством цемента и Любанский, где начата эксплуатация Любанского участка Старобинского месторождения калийных солей.

Пятую группу составляет Солигорский район (более 10000 тыс. т). Объем образования отходов здесь намного превышает остальные районы страны и обусловил формирование региональной геоэкологической проблемы.

Если рассматривать динамику образования отходов производства, сравнивая средние показатели 2019-2023 гг. с предыдущим пятилетием (2014-2018 гг.), можно отметить их сокращение в 40 районах и рост в 78 районах на разную величину. Наибольшее сокращение объемов образования отходов зафиксировано в Мядельском районе, а наибольший рост – в Кричевском. По данному показателю районы дифференцировались на 4 группы (табл. 2).

В первую группу с наибольшим сокращением образования отходов (более 50 %) вошло 8 районов, расположенных в различных регионах страны. Еще 32 района образуют вторую группу и характеризуются небольшим сокращением образования отходов (1-50 %). Надо отметить, что сокращение объемов образования отходов фиксируется и в районах, входящих в 3-5 группы по суммарным объемам: Солигорском, Костюковичском, Жлобинском, Молодечненском, Пуховичском, Логойском и других.

Третья группа с ростом образования отходов производства на 1-50 % является самой многочисленной (55 районов). Еще в 23 районах четвертой группы фиксируется рост образования отходов более чем на 50 %. Особенно высокие темпы роста наблюдаются в Кричевском, Петриковском, Ветковском, Дзержинском, Наровлянском, Барановичском, Каменецком и Любанском районах.

Коммунальные отходы распределяются более равномерно по административным районам от 2,6 тыс. т в Наровлянском районе до 533,4 тыс. т – в Минском. Их количество зависит, в первую очередь от численности населения, проживающего в районе. Все районы также разделились на 5 групп по объемам образования (табл. 2). Количество коммунальных отходов в меньшей степени различается по годам.

В первую группу с объемом образования отходов менее 5 тыс. т. вошло 16 районов, расположенных в разных областях страны. Среди них преобладают районы, расположенные в Гомельской и Могилевской областях. Численность населения в большинстве районов данной группы не превышает 20 тыс. человек, за исключением Жабинковского и Лельчицкого районов.

Во вторую группу со среднегодовым объемом образования отходов от 5,1 до 10 тыс. т. вошло 42 района, численность населения в которых не превышает 50 тыс. человек.

Третья группа является самой многочисленной и включает 43 района со среднегодовым образованием коммунальных отходов от 10,1 до 50 тыс. т. В данную группу вошли административные районы всех областей с численностью населения от 20 до 100 тыс. человек.

Таблица 2

Распределение административных районов Беларуси по объемам образования коммунальных отходов (2019-2023 гг.)

Группа	Объем образования отходов, тыс. т.	Кол-во районов	Административные районы
1	Менее 5	16	Наровлянский, Брагинский, Лоевский, Берестовицкий, Жабинковский, Октябрьский, Хотимский, Кормянский, Хойникский, Дрибинский, Ветковский, Лельчицкий, Чечерский, Свислочский, Краснопольский, Шарковщинский
2	5,1-10	42	Ушачский, Вороновский, Кировский, Лиозненский, Зельвенский, Ельский, Круглянский, Кореличский, Бешенковичский, Добрушский, Ивьевский, Докшицкий, Россонский, Кличевский, Сенненский, Толочинский, Миорский, Дубровенский, Браславский, Чериковский, Островецкий, Шумилинский, Буда-Кошелевский, Чашникский, Стародорожский, Костюковичский, Копыльский, Малоритский, Ганцевичский, Петриковский, Дятловский, Каменецкий, Глусский, Бельничский, Славгородский, Городокский, Верхнедвинский, Мостовский, Климовичский, Крупский, Березинский, Житковичский.
3	10,1-50	43	Ляховичский, Ошмянский, Мстиславский, Чаусский, Лепельский, Узденский, Кричевский, Рогачевский, Горецкий, Клецкий, Любанский, Быховский, Щучинский, Глубокский, Шкловский, Столбцовский, Новогрудский, Мядельский, Поставский, Червенский, Дрогичинский, Ивановский, Воложинский, Несвижский, Логойский, Пружанский, Слонимский, Ивацевичский, Лунинецкий, Сморгонский, Осиповичский, Волковысский, Березовский, Калинковичский, Светлогорский, Столинский, Пуховичский, Вилейский, Дзержинский, Жлобинский, Кобринский, Речицкий, Слуцкий.
4	50,1-100	11	Мозырский, Лидский, Молодечненский, Смолевичский, Оршанский, Солигорский, Борисовский, Пинский, Барановичский, Бобруйский, Полоцкий.
5	Более 100	6	Могилевский, Гродненский, Брестский, Витебский, Гомельский, Минский.

В четвертую группу с объемом образования коммунальных отходов от 50,1 до 100 тыс. т вошло 11 районов с численностью населения от 100 до 230 тыс. человек. Наконец пятую группу составили 6 районов, в которых расположены областные центры и численность населения составляет от 385 до 2265 тыс. человек.

Суммарный объем образования отходов производства и коммунальных отходов в административных районах Беларуси составил от 3,7 тыс. т в Брагинском районе, до 25951,5 тыс. т в Солигорском. В большинстве районов страны (100) в суммарном объеме преобладают отходы производства, и лишь в 18 преобладают коммунальные отходы. По суммарному образованию отходов административные районы дифференцировались на 6 групп (табл. 3).

Таблица 3

Распределение административных районов Беларуси по суммарным объемам образования отходов производства и коммунальных отходов (2019-2023 гг.)

Группа	Объем образования отходов, тыс. т.	Кол-во районов	Административные районы
1	Менее 20	38	Брагинский, Дрибинский, Краснопольский, Лоевский, Шарковщинский, Хотимский, Докшицкий, Бешенковичский, Вороновский, Зельвенский, Россонский, Берестовицкий, Ушачский, Чериковский, Миорский, Кормянский, Славгородский, Кировский, Шумилинский, Кличевский, Свислочский, Чечерский, Круглянский, Дубровенский, Наровлянский, Мстиславский, Глусский, Ошмянский, Чаусский, Городокский, Добрушский, Ельский, Климовичский, Лельчицкий, Браславский, Октябрьский, Малоритский, Дятловский.
2	20,1-50	28	Хойникский, Глубокский, Ивьевский, Бельничский, Быховский, Лиозненский, Воложинский, Жабинковский, Лепельский, Верхнедвинский, Клецкий, Кореличский, Ляховичский, Ветковский, Толочинский, Островецкий, Рогачевский, Буда-Кошелевский, Горецкий, Житковичский, Дрогичинский, Пружанский, Стародорожский, Новогрудский, Червенский, Копыльский, Щучинский, Сенненский.

Группа	Объем образования отходов, тыс. т.	Кол-во районов	Административные районы
3	50,1-100	16	Лунинецкий, Столинский, Каменецкий, Ивановский, Мядельский, Березинский, Поставский, Ганцевичский, Крупский, Калинковичский, Мостовский, Вилейский, Шкловский, Кобринский, Узденский, Столбцовский.
4	100,1-500	22	Кричевский, Ивацевичский, Пинский, Чашникский, Березовский, Смолевичский, Осиповичский, Пуховичский, Мозырский, Светлогорский, Молодечненский, Лидский, Слуцкий, Оршанский, Слонимский, Полоцкий, Речицкий, Дзержинский, Борисовский, Волковысский, Несвижский, Витебский.
5	500,1-1000	6	Барановичский, Сморгонский, Петриковский, Бобруйский, Логойский, Могилевский.
6	Более 10000	8	Жлобинский, Брестский, Гродненский, Костюковичский, Гомельский, Минский, Любанский. Солигорский

В первую группу с суммарным объемом образования отходов менее 20 тыс. т вошло 38 районов. При этом в 10 районах, перечисленных первыми в таблице, объем образования отходов не превышает 10 тыс. т. Наибольшее представительство в данной группе районов Могилевской, Витебской и Гомельской областей, что объясняется отсутствием в данных районах крупных производственных предприятий и эксплуатируемых месторождений полезных ископаемых, а также малой численностью населения.

Во вторую группу с объемом образования отходов от 20 до 50 тыс. т. вошло 28 административных районов. Они более равномерно распределяются по территории Беларуси.

В 16 районах третьей группы объем образования отходов составляет от 50 до 100 тыс. т. В данную группу вошли районы расположенные, преимущественно в западной и центральной части страны, в которых сравнительно хорошо развита горнодобывающая промышленность.

В четвертую группу с объемом образования отходов вошло 22 района, среди которых преобладают районы, расположенные в центральных районах страны, районы с крупными промышленными центрами и довольно большой численностью населения.

6 районов с объемом образования отходов от 500 до 1000 тыс. т составили пятую группу. В нее вошли крупные промышленные центры (Могилевский, Бобруйский, Барановичский) и 3 района с развитой горнодобывающей промышленностью.

В шестую группу с наибольшим объемом образования отходов (более 1 млн т.) вошло 8 районов. Среди них районы с областными центрами и большой численностью населения, районы, в которых производятся минеральные удобрения, расположены крупнейшие предприятия черной металлургии и производства строительных материалов.

Заключение. Важным показателем геоэкологического состояния регионов Беларуси является объем образования отходов производства и коммунальных отходов.

Суммарный объем образования отходов производства и коммунальных отходов в административных районах Беларуси составил от 3,7 тыс. т в Брагинском районе, до 25951,5 тыс. т в Солигорском.

В большинстве административных районов (100) в суммарном объеме преобладают отходы производства.

Накопление коммунальных отходов в первую очередь зависит от численности населения в районе, а отходов производства от специфики промышленности.

Наибольший вклад в образования отходов вносят предприятия по производству минеральных удобрений, металлургической продукции, отдельных видов строительных материалов.

Библиографические ссылки

1. *Брилевский М. Н., Витченко А. Н., Морозов Е. В.* Оценка экологического состояния территории Беларуси // Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения: сборник научных статей. Вып. 2. Минск : БГУ, 2015. С. 17–20.

АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В СЕКТОРЕ «ЭНЕРГЕТИКА» В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е. И. Галай¹⁾, Г. С. Филипчик²⁾

¹⁾ *Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, Halai@bsu.by*

²⁾ *РУП «БелНИЦ «Экология», г. Минск, Республика Беларусь, gaom@mail.ru*

Рассматривается пространственная и временная изменчивость выбросов углекислого газа в секторе «Энергетика». Определен различный объем выбросов основного парникового газа, образующегося при сжигании природного газа, угля, дров и других видов топлива. Выявлено территориальное распределение выбросов углекислого газа, в том числе на единицу площади, в областях Республики. Административные единицы ранжированы по рассматриваемому показателю относительно среднеобластного уровня.

Ключевые слова: углекислый газ; парниковые газы; выбросы; атмосферный воздух.

Введение. Одной из основных проблем геоэкологии является глобальное изменение климата, По данным ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», за последние 25 лет средняя годовая температура воздуха в среднем по Беларуси повысилась на 1,10 °С. Такая картина характерна для умеренных широт Северного полушария, и это больше, чем в среднем по миру [1]. Увеличение температуры воздуха во многом определяется повышенной антропогенной эмиссией парниковых газов. Они делятся на газы: с прямым парниковым эффектом: углекислый газ (CO₂), закись азота (N₂O) и метан (CH₄); с косвенным парниковым эффектом: оксид углерода (CO), оксиды азота (NO_x) и неметановые углеводороды (НМУ); прекурсоры аэрозолей – диоксид серы (SO₂) [2]. Инвентаризация парниковых газов в Республике Беларусь осуществлялась по 6 секторам: 1. энергетика; 2. промышленные процессы; 3. использование растворителей и других продуктов; 4. сельское хозяйство; 5. землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство; 6. отходы. В структуре выбросов парниковых газов в энергетике в Беларуси преобладает диоксид углерода, поэтому важно изучение его динамики в Республике.

Материалы и методы исследований. По предложенной РУП «БелНИЦ «Экология» методике определены выбросы углекислого газа

в атмосферный воздух от сжигания различных видов топлива: природного газа, бензина, дизельного топлива, угля и других видов за 2016-2020 гг. в областях и в Республике. По плотности выбросов углекислого газа области ранжированы по отношению к среднеобластному уровню. Для исследования пространственно-временной изменчивости углекислого газа использованы материалы Национального статистического Республики Беларусь [4], РУП «БелНИЦ «Экология» [5], литературные источники [1, 2, 3].

Результаты и их обсуждение. Основной источник выбросов парниковых газов в стране – сектор «Энергетика», который составляет более 60 % от общенациональных выбросов. В Беларуси сектор «Энергетика» включает оценку выбросов от сжигания ископаемых видов топлива для производства электроэнергии и тепла, преобразования в другие виды топлива, потребления топливно-энергетических ресурсов в различных отраслях экономики. Парниковые газы поступают в атмосферу в результате потери газа на предприятиях и электростанциях, в жилом и коммерческом секторе, а также при отводе и факельном сжигании газа в результате добычи нефти и природного газа, при их транспортировке. При этом образуются CO_2 , CH_4 , N_2O , NO_x , CO , SO_2 .

По данным РУП «БелНИЦ «Экология» выбросы парниковых газов снизились в 2020 г. на 41,7 % по сравнению с 1990 г. Это сокращение выбросов было обусловлено несколькими факторами: во-первых, экономическим спадом после распада Советского Союза в период с 1990 по 1995 годы; во-вторых, внедрением целенаправленной политики по снижению энергоемкости ВВП и активным внедрением мероприятий по повышению энергоэффективности в основных отраслях экономики страны после 2000 года. [5]

В структуре выбросов углекислого газа от сжигания различных видов топлива на долю природного газа приходится 64,8 % выбросов, дизельного топлива – 16,6 % в 2020 г. В Республике Беларусь, как и в большинстве областей, доля природного газа в структуре выбросов углекислого газа от различных видов топлива составляет более 50 % выбросов, в Могилевской области – 45 %. Максимальное количество диоксида углерода от сжигания природного газа и других видов топлива выбрасывается в воздух на территории Минской области с г. Минск (таблица). Лидером по выбросам рассматриваемого загрязняющего вещества от использования дров является Гомельская область.

В Витебской области в структуре выбросов углекислого газа от сжигания различных видов топлива на долю природного газа приходится около 69 % в 2020 г.

Выбросы углекислого газа от различных видов топлива в 2020 г. в разрезе областей Республики Беларусь, тыс. тонн

Вид топлива	Республика Беларусь	Брестская область	Витебская область	Гомельская область	Гродненская область	Минская область, г. Минск	Могилевская область
Природный газ	34 888,28	4 202,12	7 670,16	4 443,14	5 569,10	10 496,10	2 507,66
Бензин	4 098,42	324,38	221,45	945,07	311,90	2033,61	262,00
Дизельное топливо	8 944,96	1 487,10	871,20	1 219,04	1 056,29	3503,95	807,38
Топочный мазут	2 351,72	368,96	1 023,46	500,50	16,04	272,71	170,04
Газы углеводородные сжиженные	384,91	57,02	45,62	42,77	48,47	145,41	45,62
Уголь	1 813,43	9,76	2,44	85,42	600,41	21,97	1 093,42
Торф топливный	1 711,16	309,33	126,22	139,67	447,96	558,66	129,32
Дрова	4 987,51	729,11	1 046,11	1 148,00	594,00	914,02	556,26

Выбросы углекислого газа при сжигании природного газа уменьшились в Брестской, Гомельской и Гродненской областях. Значительным потреблением природного газа характеризуется Минская область с Минском и Витебская. Анализ временной изменчивости газа показал, что произошло увеличение выбросов в 2020 г. на 73,59 тыс. т по сравнению с 2016 г.

Могилевская область отличается наименьшим количеством выбросов диоксида углерода среди всех областей, наименьшие показатели практически по всем видам топлива, за исключением газов углеводородных, торфа топливного, а также угля. Могилевская область является лидером в республике по выбросам диоксида углерода от сжигания угля и фактически занимает 62 % в структуре выбросов диоксида углерода по всей Республике Беларусь.

В Витебской области можно заметить достаточно большое по сравнению с остальными областями количество выбросов диоксида углерода

от использования топочного мазута. В области функционирует крупнейшее предприятие ОАО «Нафтан», продуктом которого является топочный мазут. Предприятия, расположенные в области, могут активно его закупать и использовать, так как для них это будет связано с меньшими издержками на перевозку мазута. Наибольшее количество выбросов от торфа топливного, не учитывая Минскую область и город Минск, характерно для Гродненской, а также для Брестской областей.

Минская область лидирует по абсолютному количеству выбросов в стране, так как рассматривается с городом Минском.

Ранжирование административных областей по плотности выбросов углекислого газа в воздух показало, что две области (Гродненская и Витебская) относятся к группе районов со среднеобластным уровнем, две области (Брестская и Могилевская) характеризуются пониженным уровнем выбросов, одна область – повышенным уровнем, одна область – высоким уровнем выбросов по сравнению со среднеобластным.

Заключение. Таким образом, основным парниковым газом является углекислый газ, преобладающая часть которого поступает в воздух из сектора «Энергетика». Сжигание природного газа поставляет в воздух значительное количество углекислого газа, вклад других видов топлива значительно меньше. Выявлена тенденция уменьшения выбросов углекислого газа при сжигании природного газа в воздух. Ранжированы области Беларуси по плотности выбросов углекислого газа в воздух.

Библиографические ссылки

1. *Бобрик М. Ю.* Изменение климата: последствия, смягчение, адаптация / М. Ю. Бобрик [и др.]. Витебск : ВГУ им. П.М. Машерова, 2015. 423 с.
2. Национальная инвентаризация источников и поглотителей парниковых газов. Минск: БелНИЦ «Экология», 2003. 100 с.
3. Национальный отчет об инвентаризации выбросов парниковых газов Республики Беларусь 1990-2021 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://unfccc.int/documents/461960> (дата обращения: 15.09.2024).
4. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь 2021: Статистический сборник. Минск, 2022. 255 с.
5. Фондовые материалы БелНИЦ «Экология».

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ СТРАН БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ РОССИИ

Г. И. Гладкевич

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия, dolph-glad@mail.ru

Предлагается эколого-экономическая типология стран мира с выделением положения стран Ближнего Зарубежья России по совокупности большого числа параметров, интегрированных в модели матричного типа в два блока: комбинированный (интегральный) показатель качества жизни и интегральный показатель негативного воздействия на окружающую среду на территории данной страны. Используются элементы метода Паттерн и квалиграммы.

Ключевые слова: типология стран мира; интегральные эколого-экономические параметры; квалиметрия; межстрановые сравнения.

Введение. Решение задачи типологии стран мира на базе широкого набора количественных и качественных параметров, выявляющих специфику социально-экономического, а также экологического развития стран, возможно с помощью логических моделей матричного типа.

Центральная задача типологии – выделить среди существующего многообразия – «похожие» [1]. При научном обосновании типов стран мира большое значение имеет отбор параметров, так же, как и способы их интерпретации. Отнесение страны к определенной категории «надо обосновать конкретным материалом» [2].

В качестве традиционной аналитической базы выступают показатели уровня развития стран: душевой объем и структура валового внутреннего продукта, уровень и качество жизни населения, место страны в МРТ, особенности территориальной структуры хозяйства [6]. Универсальным интегральным показателем признан индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), рассчитываемый ежегодно для межстранового сравнения и измерения уровня жизни, грамотности, образованности и долголетия.

Задача эколого-экономической типологии стран мира отличается большей сложностью. С одной стороны, должны быть отражены параметры уровня и качества жизни населения, а, с другой, – масштабы воздействия на окружающую среду. В то же время, межстрановые оценки отличаются значительно меньшей детализацией характеристик, сосредоточением внимания на основных факторах качества жизни и экологической ситуации.

В получившей известность экономико-экологической типологии стран мира Б.Н. Зимина (где выделено шесть типов стран), к первым двум

отнесены страны с крайне низким и низким уровнем экономического развития, в которых меры по борьбе с деградацией окружающей среды ограничены по причине чрезвычайной бедности или проводятся только с помощью международных организаций и зарубежных инвестиций. И, наоборот, 6-я группа стран, – это страны с «идеальным» опытом использования безотходных производств (например, Швейцария). Работа основана на огромном опыте ученого, его эрудиции, сам механизм отнесения страны к той или другой группе остается «за кадром» [8].

Материалы и методы исследований. В данной работе предлагается типология стран мира по совокупности большого числа параметров, интегрированных в модель матричного типа, состоящую из двух блоков, с выделением положения стран Ближнего Зарубежья России.

Первый блок представляет собой комбинированный (интегральный) показатель качества жизни, рассчитанный как совокупность индикаторов уровня жизни (УЖ) и природно-жизнеобеспечивающих организм человека ресурсов (ПЖОЧР) каждой страны мира. Качество жизни – понятие более широкое, чем «уровень жизни» (ВВП на душу населения), и поэтому дополнительно к нему включены индикаторы социально-демографического и экологического характера. Что касается индикаторов оценки уровня жизни, то их перечень утвержден ООН и включает, помимо ВВП на душу населения и продолжительности жизни, санитарно-гигиеническую обстановку, количество потребляемого продовольствия, жилищные условия, качество образования, условия труда, состояние транспортной инфраструктуры, рекреационной системы и другие. В то же время, показатели дохода на душу населения и ожидаемой продолжительности жизни отмечены, как самые весомые.

Второй блок – интегральный показатель негативного воздействия на окружающую среду на территории данной страны. Оба блока характеризуются высокой взаимозависимостью (корреляцией) по отношению друг к другу (таблица 1).

Правомерность учета средообразующей роли лесов (таблица 1) базируется на ряде научных исследований, выявивших тенденцию уменьшения смертности населения в связи с увеличением лесистости территории [5].

Использование качественных водных источников снижает медицинские расходы населения, оставляя ему больше возможностей оставаться экономически продуктивным. В настоящее время на глобальном уровне минимум 1,8 миллиарда человек пользуются загрязненными источниками питьевой воды. Важным фактором качества жизни является доступ к улучшенным санитарно-техническим средствам, смягчающим негативное воздействие на человека концентрации вредных воздействий, уменьшения их частоты и продолжительности [9, 11].

Второй блок – комбинация показателей негативного воздействия на окружающую среду на территории данной страны. К основным факторам, влияющим на здоровье, относится химическое загрязнение среды, отраженные в блоке 2 [10].

Использованный набор индикаторов далеко не исчерпывает тот перечень, который мог бы дать более полное представление о качестве жизни населения отдельных стран (из-за ограничений, связанных с наличием статистических данных), однако он позволяет ранжировать страны по этому интегральному показателю.

Расчет комбинированного (интегрального) показателя первого и второго блоков проводится матричным способом отображения оценочных параметров с применением квалиграммы (последующим квалиметрическим взвешиванием значимости каждого из них [3]).

Таблица 1

Параметры экономического и экологического блоков

I. Экономический блок. Параметры оценки степени благоприятности УКЖ		
№	Название параметра	Ккв. *
1.	ВНП на душу населения (ППС, долларов США)	0,4
2.	Площадь лесов (% от площади земель)	0,15
3.	Доступ к улучшен. источн. воды (% от общ. числ.-сти насел.)	0,3
4.	Доступ к улучшен. санит.-технич. средствам (% населения)	0,15
Итого		1
II. Экологический блок. Параметры оценки степени неблагоприятности ОС, ухудшающие качество жизни		
№	Название параметра	Ккв. *
1.	Потребление удобрений (кг/га пашни)	0,2
2.	Годовой забор пресной воды общий (% внутренних ресурсов)	0,2
3.	Выбросы углекислого газа (млн. метрических тонн)	0,1
4.	Общий V выбросов парниковых газов (тонн CO ₂ эквивалента)	0,1
5.	Выбросы метана (тонн CO ₂ эквивалента)	0,2
6.	Концентрации твердых частиц. Среднегодовое воздействие PM _{2,5} загрязнение микрограмма на кубический метр	0,2
Итого		1

*Ккв: среднее значение от числа оценок экспертов.

Проблема несоизмерности показателей, связанная с различиями единиц их измерения и не позволяющая их суммировать для получения интегральной оценки, решена благодаря применению логики метода Паттерн, позволяющей сложение любого количества долей от максимальной величины [3].

Как следует из таблицы 1, наибольшее весовое значение в первом блоке получает показатель, оценивающий уровень жизни (ВНП на душу населения, ППС, долларов США), вес которого равен 0,4), во втором блоке, – различия весов менее заметны

Результаты и их обсуждение. Механизм выделения типов стран, согласно поставленной цели, заключается в размещении полученных данных (сумм произведений по каждому из блоков) на плоскостной матрице, где по вертикали отражены параметры 1-го блока, а по горизонтали – 2-го. По проведенным расчетам, куда вошли более 200 стран мира, выделены 6 типов стран, в некоторых из них обособлены подтипы (таблица 2).

Таблица 2

Место стран Ближнего Зарубежья в типологии стран мира по эколого-экономическим параметрам*

Название типов и подтипов		Примеры стран мира
1.	Наиболее высокие параметры уровня жизни (УЖ) и природно-жизнеобеспечивающих организм человека ресурсов (ПЖОЧР) при крайне низком уровне негативного воздействия на ОС (НВОС)	Лихтенштейн (83,6); Монако (86,4); Фарерские о-ва (80,2) ...
2.	Низкие параметры НВОС при:	
2.1.	самых высоких параметрах УЖ и ПЖОЧР, и очень высокой ОПЖ	Норвегия (83,3); Канада (82,6); Нов. Зеландия (82) ...
2.2.	высоком УЖ и ПЖОЧР, и высокой и средней ОПЖ	Эстония (79,1); Латвия (76,2); Литва (76); Беларусь (74,4);
2.3.	среднем УЖ и ПЖОЧР, и средней ОПЖ	Эквадор (77,4); Румыния (75,9); Армения (75,7); Грузия (74,5); Азербайджан (74,4); Кыргызстан (71,7) ...
2.4.	Низкие параметры НВОС при низком УЖ и ПЖОЧР, и средней и низкой ОПЖ	Таджикистан (71,8); Узбекистан (72,4); Молдова (71,2); Ангола (64,6); Камерун (63,7) ...

Название типов и подтипов		Примеры стран мира
3.	Значительные параметры НВОС при:	
3.1.	высоком УЖ и ПЖОЧР, и средней ОПЖ	Испания (83,7); Сауд. Аравия (78,7); Казахстан (74,4); Россия (73,1) ...
3.2.	среднем УЖ и ПЖОЧР, и средней и низкой ОПЖ	Пакистан (67,6); Туркменистан (70,0); ЮАР (66,1); Украина...
4.	Мощное НВОС при наиболее высоком УЖ и высокой ОПЖ	Катар (82,4); США (79,3) ...
5.	Мощное НВОС при низком УЖ и ПЖОЧР, и средней ОПЖ	Иран (77,7); Индия (72) ...
6.	Сверхмощное НВОС при среднем УЖ и ПЖОЧР, и среднем ОПЖ	Китай (77,9)

Примечания. 1. Из-за краткости изложения приведены отдельные примеры и те блоки типологии, где отражена большая часть стран Ближнего Зарубежья России. 2. В скобках приводится ОПЖ, лет (учитывается как дополнительный важнейший индикатор эколого-социально-экономического состояния жизненной среды).

Прослеживается высокая корреляция между параметрами качества жизни (куда входят, помимо уровня жизни, природно-жизнеобеспечивающие организм человека ресурсы) и низким (или минимальным) негативным воздействием на окружающую среду. Страны с максимально высокими параметрами 1-го блока и минимальными – 2-го (что еще раз подтверждает их благополучие), одновременно выделяются и максимальной ОПЖ, хотя они несколько дифференцированы.

Страны Ближнего Зарубежья отнесены к подтипам 2 и 3: от низких параметров НВОС при высоких параметрах УЖ и ПЖОЧР и высоких и средних показателях ОПЖ – до значительных параметров НВОС при средних параметрах УЖ и ПЖОЧР, средних, и низких показателях ОПЖ. Причем наиболее благоприятными по совокупности выделенных критериев выглядят страны Балтии и Беларусь.

В 6-ом типе – одна страна, – Китай. Масштабы негативного воздействия на окружающую природную среду превосходят здесь (для сравнения) США, в 2,1 раза, Россию – в 3,8 раза.

Заключение. Полученная типология стран мира по эколого-экономическим параметрам, объективно отражая место России и стран Ближнего Зарубежья, показывает, что большая их часть находятся в группе проблемных стран.

Опыт проведения экологической политики развитых стран, характеризующихся мощным уровнем негативного воздействия на окружающую среду и имеющих, при этом, высокий уровень и качество жизни населения и высокие параметры ожидаемой продолжительности жизни может быть весьма полезен для изучения.

Библиографические ссылки

1. *Алаев Э. Б.* Социально-экономическая география. Понятийно-терминологический словарь. М. : Мысль, 1983. 350 с.
2. *Витвер И. А.* О показателях для экономико-географической характеристики стран. Избр. соч. / Под ред. В. В. Вольского, А. Е. Слуки. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1998. 592 с.
3. *Гладкевич Г. И.* Эколого-экономическая типология стран мира // «Экологический атлас России» / Гл. ред.: Н. С. Касимов, В. С. Тикунов Мин-во ПриЭ. РГО. МГУ им. М.В. Ломоносова. М. : ООО «Феория», 2017. С. 492-497.
4. *Киперман Ю. А., Комаров М. А.* Агрохимические руды и минеральные удобрения на рубеже XXI века // Минеральные ресурсы России. 1998. № 4. С. 38-44.
5. *Лузанов В. Г.* Член-корр. РАЕН. Лес как фактор экологической безопасности региона [Электронный ресурс] // ЭКО-бюллетень ИнЭКА. 2001. № 11. URL: <https://inesa.ru/?dr=library& library=bulletin/2001> (дата обращения: 20.09.2024).
6. *Мироненко Н. С.* Страноведение. Теория и методы. М. : Аспект Пресс, 2001. 270 с.
7. Парниковые газы – глобальный экологический ресурс / Под ред. А. О. Кокорина. М., 2004. 137 с.
8. Размещение производства в рыночной среде. Из трудов Б.Н. Зимина / Сост. А. П. Горкин, Ю. Г. Липец. М. : Альфа-М, 2033. 176 с.
9. Улучшение санитарных условий и качества питьевой воды. ВОЗ. URL: www.wssinfo.org (дата обращения: 20.09.2024).
10. Экологический словарь. В 2-х т. / Под ред. В.И. Данилов-Данильян. Москва : Энциклопедия, 2022. 416 с.
11. Экономический и Социальный Совет (ЭКОСОС) [Электронный ресурс]. URL: https://unece.org/sites/default/files/2022-10/ECE_MP.WH_2022_2_Draft_POW_RUS.pdf (дата обращения: 29.09.2024).

ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ПОТОКОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В УРБОГЕОСИСТЕМАХ (НА ПРИМЕРЕ г. БЕЛГОРОДА)

П. В. Голеусов

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия, goleusov@bsu.edu.ru*

Представлены результаты мониторинга углекислого газа в Белгороде, проводимого с ноября 2022 г. на карбоновом полигоне НИУ «БелГУ». Установлено, что в урбогеосистеме преобладают эмиссионные потоки, в некоторой степени компенсируемые фотосинтезом зеленых насаждений в вегетационный период. На озелененных территориях в мае и июне возможны отрицательные потоки, связанные с поглощением CO₂. Метод турбулентных пульсаций достаточно чувствителен к изменению состояния почвенно-растительного покрова на участке мониторинга. Проведенные исследования подтверждают перспективность управления углеродным балансом урбогеосистем.

Ключевые слова: экологический мониторинг; урбогеосистемы; углекислый газ; карбоновые полигоны; метод турбулентных пульсаций.

Введение. В России реализуется проект Министерства науки и высшего образования по созданию карбоновых полигонов, которые предназначены для разработки и испытания технологий контроля углеродного баланса территорий, а именно оценки уровня эмиссии и поглощения парниковых газов экосистемами и их отдельными компонентами [1]. Фактически проект направлен на создание национальной сети мониторинга углеродного баланса в основных типах природных экосистем. При этом особое внимание уделяется экосистемам, активно поглощающим углерод (леса, болота), но также и антропогенно-преобразованным ландшафтам (сельскохозяйственные и постагрогенные экосистемы). В регионах с интенсивным развитием сельского хозяйства и промышленности, примером которых является Белгородская область, природные экосистемы не могут компенсировать антропогенные выбросы CO₂ [2]. Поэтому целесообразно изучить возможности поглощения атмосферного углерода управляемыми экосистемами непосредственно вблизи эпицентров эмиссии. На решение этой задачи было направлено создание в 2022 году на территории ботанического сада НИУ «БелГУ» карбонового полигона, в рамках программы Министерства науки и высшего образования «Приоритет 2030». В настоящее время он является единственной в России площадкой, где в условиях

городского ландшафта ведутся мониторинг потоков углекислого газа в атмосферном воздухе, а также исследования газообмена антропогенно преобразованных и природных почв (в отношении CO_2 , CH_4 , N_2O), поглощения CO_2 городской растительностью, накопления углерода в почве. В данном сообщении представлены результаты мониторинга интегральных потоков CO_2 в атмосферном воздухе на территории ботанического сада в сравнении с фоновыми потоками городской агломерации.

Материалы и методы исследований. Измерения проводятся с ноября 2022 г. методом турбулентных пульсаций (вихревых ковариаций, eddy covariance) с помощью 2 станций на основе инфракрасных газоанализаторов закрытого типа (LI-7200RSF) производства LI-COR (США), установленных на вышке высотой 48,6 м (рис. 1). Одна станция установлена на отметке 10 м и проводит измерения на уровне древесного полога, другая – на высоте 48 м проводит фоновые измерения. Вспомогательные измерения метеопараметров проводят ультразвуковые анемометры uSonic-3 Cage MP (Metek, Германия) и система датчиков Biomet производства LI-COR (США). Обработка данных ведется с помощью программного обеспечения EddyPro-7.0.9 с усреднением для 30-минутных интервалов. Для статистической обработки данных используются программы MS Excel и Statistica.



Рис. 1. Общий вид вышки на карбоновом полигоне НИУ «БелГУ»

Результаты и их обсуждение. Карбоновый полигон НИУ «БелГУ» находится на водораздельной возвышенности с максимальной абсолютной отметкой территории 186 м, превышением над центральной частью города – долинами рр. Везелка и Северский Донец 66-70 м. Такое распо-

ложение и высота вышки в целом позволяют проводить фоновые измерения. Однако наличие крупных источников выбросов CO₂ – цементного завода (более 860 тыс. т CO₂ в год, данные ресурса Climate Trace, 2022 г.), Белгородской ТЭЦ (более 220 тыс. т CO₂ в год), ТЭЦ «Луч» (более 150 тыс. т CO₂ в год), а также крупных котельных, приводит к искажениям фоновых потоков. Эти данные отфильтровывали ручной обработкой при расчете среднемесячных значений концентрации и потоков.

На потоки CO₂ оказали влияние работы, которые проводились на участке карбонового полигона общей площадью около 1 га: в 2023 г. поверхность была подвергнута планировке, сопряженной с нарушением почвенно-растительного покрова, с последующим посевом трав и посадкой деревьев. Это, с одной стороны, усилило эмиссию CO₂ почвами, но также способствовало повышению интенсивности фотосинтеза в вегетационный период 2024 г.

На рис. 2 представлен график динамики среднемесячных значений потоков CO₂ на высоте 10 м.

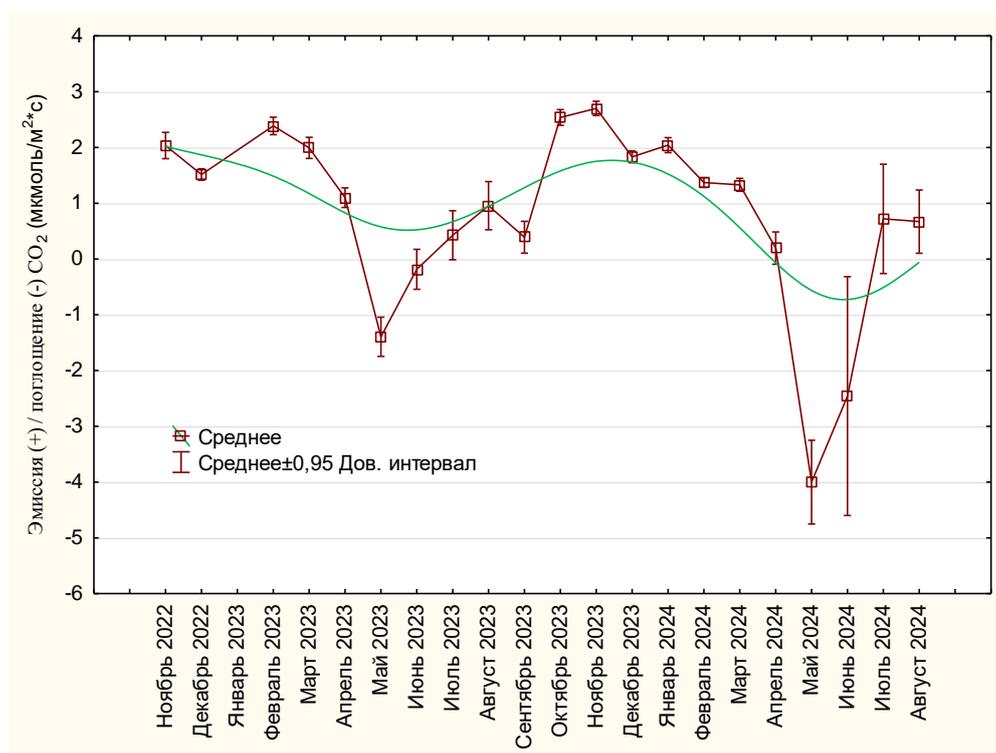


Рис. 2. Динамика потоков CO₂ в приземном слое воздуха карбонового полигона на высоте 10 м

Как следует из рис. 2, в вегетационный период в мае и июне наблюдается преимущественное поглощение CO₂ в результате фотосинтеза (в 2024 г. оно было более интенсивным, чем в 2023 г.), но в июле и августе

фотосинтез уже не перекрывает эмиссионных потоков. В остальные месяцы эмиссия превалирует и достигает максимумов в зимний период.

Обращает на себя внимание также и усиление variability потоков в вегетационный период, что связано с формированием явных суточных ритмов: рост поглощения CO_2 днем и усиление эмиссии ночью. Особенно сильной изменчивостью характеризовались потоки CO_2 в вегетационный период 2024 г. – по причине, указанной выше.

На рис. 3 представлена динамика потоков CO_2 на высоте 48 м. Как и на высоте 10 м, заметно снижение эмиссии в вегетационный период, но в целом для города потоки остаются положительными весь период наблюдений, возрастая в отопительный сезон. Исключением стал май 2024 г., когда фоновые потоки CO_2 свидетельствовали об углеродной нейтральности урбогеосистемы Белгорода.

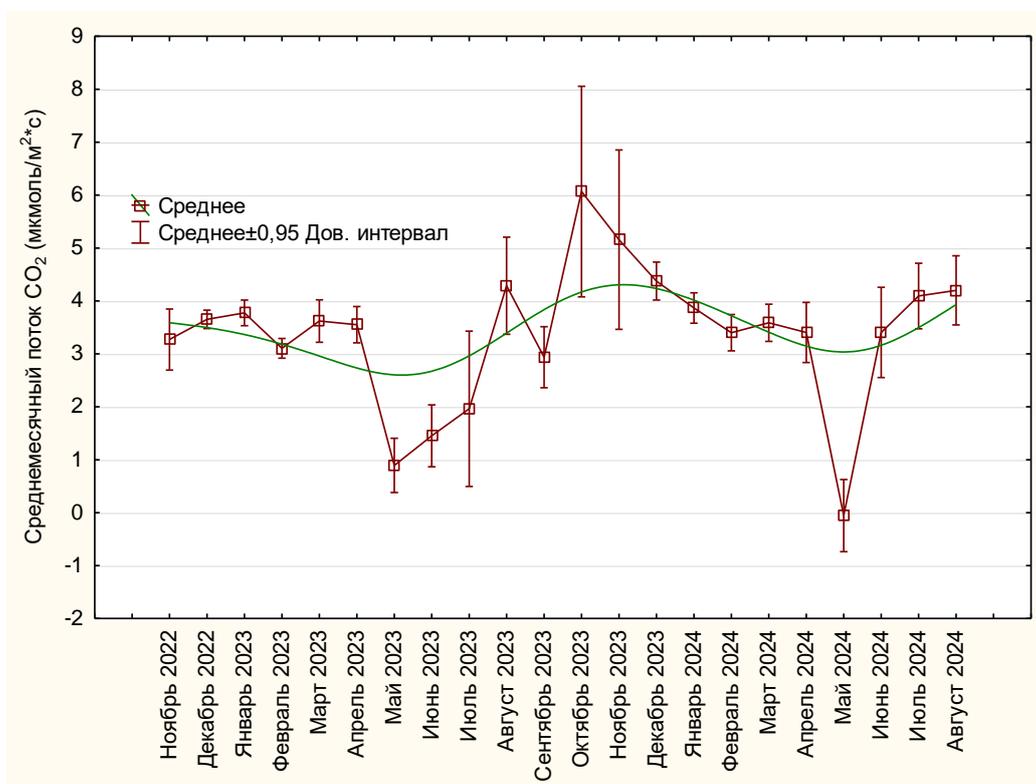


Рис. 3. Динамика потоков CO_2 на высоте 48 м

Заключение. Мониторинговые исследования на карбоновом полигоне НИУ «БелГУ» показывают перспективность ведения контроля углеродного баланса в урбогеосистемах. Для этого целесообразно проведение сопряженных измерений методом турбулентных пульсаций на опытных площадках и на высоте, на которой влияние геосистемных факторов интегрируется в фоновом состоянии углеродного баланса. Несмотря на преобладание эмиссионных потоков, в урбогеосистемах регистрируются также

и потоки поглощения CO₂ в вегетационный период. Это подчеркивает важность управления поглотительной способностью зеленых насаждений города, с использованием методов объективного контроля углеродного баланса.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-17-00169 (<https://rscf.ru/project/23-17-00169/>)

Библиографические ссылки

1. Карбоновые полигоны [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/action/poligony/> (дата обращения 1.09.2024).

2. Голусов П. В. Предварительная оценка потенциала поглощения углекислого газа экосистемами Белгородской области [Электронный ресурс] // Успехи современного естествознания. 2023. № 12. С. 169-177. URL <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38188> (дата обращения 10.09.2024).

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

В. П. Горбатенко, М. А. Волкова

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,
Россия, meteo@mail.tsu.ru*

Представлено обобщение исследований влияния изменения климата на территории юга Западной Сибири на перспективы развития ряда отраслей экономики: автомобильный транспорт, строительную отрасль, урожайность сельскохозяйственных культур, лесные ресурсы, здоровье человека.

Ключевые слова: изменение климата; геоэкология; влияние на экономику и здоровье населения.

Введение. Изменение климата является одним из наиболее серьезных вызовов XXI века, который выходит за рамки научных дискуссий и представляет собой комплексную междисциплинарную проблему, охватывающую экологические, экономические и социальные аспекты устойчивого развития Российской Федерации. Наблюдаемые тенденции оказывают долгосрочное разнонаправленное воздействие на разные сферы геоэкологии как комплексной науки, изучающей закономерности взаимодействия человека с окружающей средой, включая экономическую деятельность. На территории Западной Сибири современные климатические изменения проявляются, не только в изменении средних величин, но и в увеличении частоты экстремальных климатических событий [1, 2]. Во многих регионах увеличивается частота и интенсивность неблагоприятных погодных явлений: штормов, гроз, экстремальной жары, наводнений, засух, лесных пожаров и др.

Целью работы является обзор результатов исследований коллектива кафедры метеорологии и климатологии Томского государственного университета о влиянии ряда климатических параметров на отрасли экономики и здоровье населения Западной Сибири в XXI веке. Такие исследования актуальны, поскольку на всей исследуемой территории с последней четверти XX века наблюдается ярко выраженная и статистически значимая тенденция потепления климата [3]. Руководящие структуры всех сфер экономики должны понимать, как меняющийся климат повлияет на развитие отраслей. Какие действия необходимо предпринимать для успешного развития ряда секторов экономики Западной Сибири.

Материалы и методы исследований. Одним из наиболее заметных проявлений изменения климата, влияющих на все отрасли экономики является рост средней температуры на планете. Такие изменения повлияли на распределение сумм выпадающих осадков. Некоторые регионы становятся более сухими из-за увеличенного испарения и засушливых периодов, в то время как другие подвержены учащимся и интенсивным дождям и наводнениям. Это может привести к деградации почв, сокращению доступных водных ресурсов и угрозам для сельского и лесного хозяйства.

В анализируемых работах использованы данные наблюдений температуры воздуха, атмосферных осадков и характеристик ветра, повторяемость метелей и параметры грозовой активности с сайта Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ–МЦД) за период 1976-2022 гг.

Методами исследований является статистический анализ многолетних рядов метеорологической информации.

Результаты и их обсуждение. Влияние изменившегося климата на развитие транспорта. Поскольку экономика Западной Сибири занимает лидирующее положение в Российской Федерации по добыче топливно-энергетических ресурсов, огромное значение имеет развитие транспортного комплекса. В результате исследований [4–7] получены две группы климатических характеристик: тенденции одних усложняют развитие транспортной системы, тенденции других – благоприятствуют.

Неблагоприятные тенденции:

1. Возрастающая экстремальность климата, требующая увеличения стойкости дорожных покрытий;

2. Смещение дат устойчивого перехода средних суточных температур воздуха через 0 и 5 °С. Весной они смещаются на более ранние сроки (на 2 недели), а осенью на более поздние (также на 2 недели), уменьшая период возможного использования автомобильных «зимников».

3. Опасность для всех видов транспорта представляет увеличивающееся число переходов температуры воздуха через 0 °С не только в переходные сезоны года, но и в зимние месяцы.

4. По всей территории региона следует ожидать размывания дорог во время учатившейся повторяемости случаев ливней. Тенденции роста годового количества атмосферных осадков увеличиваются от 5 мм/10 лет до 20 мм/10 лет. Поскольку, в основном, увеличивается доля ливневых осадков, следует ожидать увеличения частоты затопления территорий, провалов грунта, затруднения работы транспорта.

5. Зафиксировано увеличение средней продолжительности периодов и числа дней со случаями формирования зимней скользкости.

Такое увеличение особенно заметно в северных районах области, где особенно актуально строительство новых дорог.

Благоприятные тенденции:

1. Уменьшение ветровых нагрузок, ввиду снижения повторяемости сильных ветров. Число дней с ветром 15 м/с и более за период глобального потепления сократилось на 70–80 %, варьируя в диапазоне 5-15 дней;

2. Значительное уменьшение как числа дней с метелью, так и средней продолжительности метелей. Продолжительность метелей уменьшилась в 2-3 раза, что связано с общей тенденцией уменьшения скорости ветра; уменьшение продолжительность залегания снежного покрова, обусловленные изменением сроков залегания и разрушения.

Из анализа совокупности факторов можно заметить, что необходимо усиливать меры по увеличению стойкости дорожных покрытий по всей территории исследований. Вероятно, более быстрое разрушение дорожных покрытий, чем было предусмотрено в предыдущий климатический период. С учетом стратегии развития нефтегазовой отрасли в регионе, и необходимости ее дорожного, трубопроводного и электрического обеспечения актуально увеличить наблюдения за гололедными явлениями.

Строительная отрасль. В последние десятилетия отмечается тенденция к ускоренному старению и уменьшению долговечности зданий и сооружений. Эксплуатационные затраты на здание в процессе его службы в 2-3 раза превышают расходы на его строительство. В связи с наблюдающимся увеличением повторяемости заморозков и оттепелей на фоне глобального потепления, ухудшаются условия эксплуатации зданий, в частности сокращается период их доремонтной эксплуатации, уменьшается долговечность. Поскольку структура изменчивости среднесуточных температур на исследуемой территории неоднородна [8], это необходимо учитывать при использовании климатических параметров, применяемых при проектировании зданий и сооружений, систем отопления, вентиляции, кондиционирования. Например, значение температуры воздуха наиболее холодных суток с обеспеченностью 92 и 98 % на преобладающей части области увеличилось по сравнению с данными СНиП23-01-99 на 0,6-3,8 °С. Из-за потепления и увеличения глубины сезонного протаивания, ожидаются изменения несущей способности почвогрунтов и ухудшения прочностных характеристик фундаментов зданий и технических сооружений. Происходящие климатические изменения способствуют увеличению снеговых нагрузок на здания и технические сооружения.

Сельское хозяйство. Западная Сибирь – один из важнейших районов зернового хозяйства и животноводства России. Главная отрасль сельского хозяйства – растениеводство, которое наиболее чувствительно к изменениям климата. К опасным для сельского хозяйства явлениям относятся:

засухи, суховеи, заморозки, переувлажнение почвы, градобития и некоторые другие, а также комплексы неблагоприятных гидрометеорологических явлений, вызывающих полегание посевов, резкое снижение их продуктивности, гибель и затрудняющих проведение полевых работ, особенно уборку урожая. К опасным относятся также гидрометеорологические явления холодного периода года, приводящие к вымерзанию, вымоканию и выпреванию озимых культур, а также к повреждению многолетних насаждений. В работах [9, 10] рассмотрены климатические изменения агрометеорологических характеристик на фоне смягчения климата. На значительной части территории Западной Сибири отмечается рост продолжительности беззаморозкового периода, увеличивается теплообеспеченность сельскохозяйственных культур и улучшаются условия их выращивания, что является одним из положительных последствий влияния ожидаемых изменений климата. Использование прогностической информации может заметно снизить потери в аграрном секторе, если потребители метеорологической информации будут вести хозяйственные мероприятия с учетом ожидаемой погоды и заблаговременно применять меры защиты.

Лесные ресурсы. Лесные экосистемы также ощущают последствия изменения климата. Увеличение температур и изменение осадков может способствовать распространению лесных пожаров и заболеваний деревьев, что угрожает биоразнообразию и стабильности лесов. Увеличение периодов с экстремально высокими температурами воздуха, способствует увеличению числа антропогенных пожаров [11]. Число пожаров, возникших по вине гроз, по данным разных источников варьируется для различных регионов от 10 до 67 % от общего числа лесных пожаров. Однако выгоревшая площадь одного пожара, возникшего от молнии, почти вдвое превышала площадь пожаров, возникших по другим причинам, поэтому возгорания от молнии являются самыми опасными для тайги [12]. Одной из актуальнейших задач для сохранности лесных массивов, является размещение системы грозорегистраторов, помогающих выявлять районы наибольшей грозопоражаемости.

Здоровье человека. Поскольку потепление наиболее выражено в холодную часть года [13, 14], суровость зимних условий уменьшится, что положительно повлияет на здоровье населения. В летние месяцы большое влияние на здоровье человека оказывают волны тепла, которые в крупных городах могут приводить к большому количеству жертв. Больше других от повышения температуры страдают жители городов, потому что региональное повышение температуры усиливается за счет городского «острова тепла». Выявленные показатели и тенденции проявления волн тепла указывают на возможность в предстоящие годы учащения случаев ухудшения самочувствия людей.

Заключение. Оценка последствий воздействия экстремальных климатических явлений и возможных изменений климата на хозяйственную деятельность и здоровье человека является одной из актуальнейших геоэкологических задач современности.

Проведенные в Томском государственном университете исследования позволили выявить благоприятные и неблагоприятные тенденции ряда климатических характеристик на ряд отраслей экономики Западной Сибири. Изменение климата в Западной Сибири оказывает глубокое и многогранное воздействие и на здоровье населения, и на экосистемы, и на экономическое развитие региона. Понимание и адаптация к этим изменениям – важные задачи для научных исследований и действий в целях сохранения окружающей среды и здоровья населения.

Библиографические ссылки

1. Грозовая активность над Западной Сибирью / О. Е. Нечепуренко [и др.] // Геосферные исследования. 2022. № 4. С. 123-134.
2. Изменения параметров экстремальности температурного режима на юге Западной Сибири в холодный период / М. А. Волкова [и др.] // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2019. № 594. С. 120-136.
3. *Чередыко Н. Н., Волкова М. А., Scholtz О.* Оценка климатических ресурсов в Томской области в период современного изменения климата // Геосферные исследования. 2023. № 1. С. 132-143.
4. Современные тенденции климатических характеристик, влияющих на развитие транспортной системы Томской области / В. П. Горбатенко [и др.] // Фундаментальная и прикладная климатология. 2021. Т. 7, № 4. С. 71-95.
5. Детерминирование зон обледенения воздушных судов на юго-востоке Западной Сибири / М. А. Волкова [и др.] // Геосферные исследования. 2021. № 4. С. 94-102.
6. *Журавлев Г. Г., Горбатенко В. П., Тунаев Е. Л.* Метели на территории Томской области // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2019. № 594. С. 137-151.
7. Современные изменения климатических условий, определяющих накопление снега на автомобильных дорогах Томской области / В. П. Горбатенко [и др.] // Фундаментальная и прикладная климатология. 2018. Т. 4. С. 39-54.
8. *Барашкова Н. К., Волкова М. А., Кужевская И. В.* Оценка современной климатической составляющей хозяйственного комплекса Томской области в холодный период года // Вестник Томского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2011. № 351. С. 163-168.
9. Агроклиматические характеристики земель сельскохозяйственного назначения на территории Сибирского Федерального округа в условиях изменения климата / И. В. Кужевская [и др.] // Метеорология и гидрология. 2023. № 10. С. 77-87.
10. Снеговетровые процессы в агроландшафтах бассейнов малых рек юго-востока зоны подтайги Западно-Сибирской равнины / Н. С. Евсеева [и др.] // География и природные ресурсы. 2020. № 1(160). С. 113-121.

11. Оценка роли климатических факторов в возникновении и распространении лесных пожаров на территории Томской области / В. П. Горбатенко [и др.] // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 395. С. 233-240.
12. Predicting, Monitoring, and Assessing Forest Fire Dangers and Risks / N. B. Badmaev [et al.]. Hershey : IGI Global, 2020. 417 p.
13. Температурные волны тепла как отражение изменчивости современных климатических условий жизнедеятельности на территории Томской области / И. В. Кузевская [и др.] // Экология человека. 2015. № 2. С. 3-9.
14. Особенности развития и течения острой коронарной недостаточности в период экстремально жарких погодных условий / А. А. Гарганеева [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2017. Т. 16, № 5. С. 52-56.

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ НА УЧАСТКАХ ТРАНСЕКТА УШАЙСКОЙ МОРФОСТРУКТУРЫ

И. Г. Грачев, А. В. Поздняков

*Институт мониторинга климатических и экологических систем, г. Томск,
Российская Федерация, grachevimces@gmail.com*

В работе представлены результаты покомпонентной энергетической оценки для 8 элементарных экосистем на трансекте террасы р. Ушайка. В основе исследования лежит энергетический подход, который позволяет оценивать запасы трансформированной и аккумулируемой в органическом веществе энергии. Установлено, что суммарный энергетический потенциал среди ключевых участков трансекта изменяется от 7667,9 до 29762,37 ГДж/га, а экологическая емкость от 148,02 до 514,92 ГДж/га в год.

Ключевые слова: экологическая емкость; экосистема; энергетическая оценка; органическое вещество.

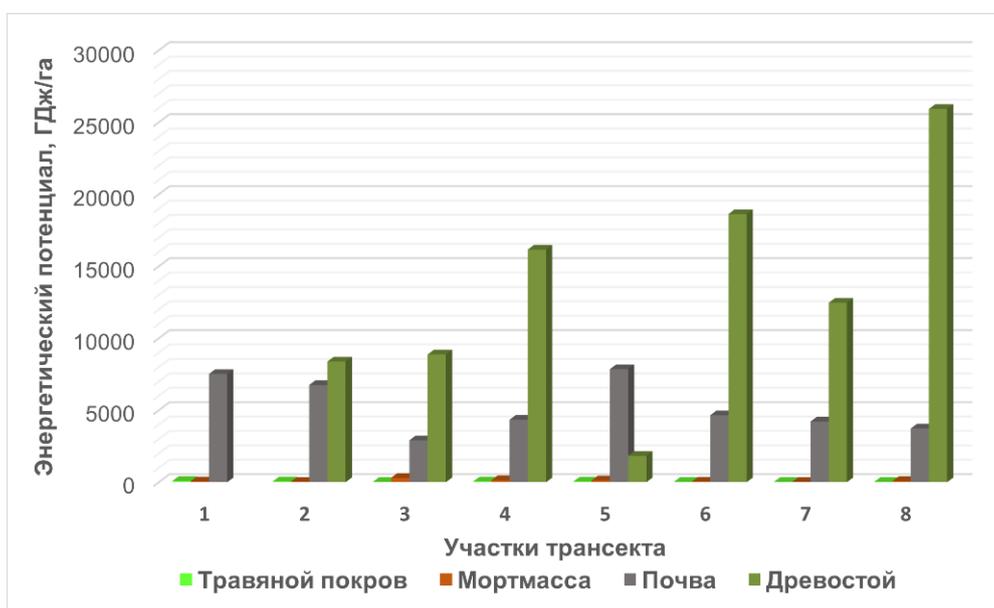
Введение. Практические результаты человеческой деятельности одновременно являются и результатами деятельности природы. Доля вкладываемой Человеком собственной энергии в производство того или иного продукта несравнимо меньше доли энергетических затрат экосистем. Весь опыт развития цивилизации подтверждает тот факт, что валовой внутренний продукт государств возрастает в зависимости от затрачиваемой на свое развитие энергии. Современная методология исследования динамики экосистем и экономики природопользования практически не учитывает вклад природы в производство материальных ценностей. Их стоимость определяется сложностью добычи природного ресурса, а также спросом на рынке. Есть только одна универсальная научно обоснованная мера затрат труда, в том числе и «труда природы» в различных формах его проявления, – это энергетическая мера (энергия), жизненная значимость которой является неизменной и не зависящей ни от конъюнктуры рынка, ни от политических пристрастий. Применение энергетического подхода позволяет получать объективные данные по аккумуляции энергии в компонентах экосистем, функционирующих в разных природно-климатических условиях, а также проводить оценку экологической емкости. Целью данного исследования является покомпонентная оценка трансформируемой в органическом веществе энергии и средней скорости ее аккумуляции для экосистем трансекта Ушайской морфоструктуры.

Объект исследования. Исследования проводились на 8 ключевых участках трансекта склона южной экспозиции реки Ушайка в пределах условно обозначенной авторами Ушайской морфоструктуры, на которой сформирована одноименная экосистема. Ушайская морфоструктура в геолого-геоморфологическом отношении представлена ограниченным тектоническими разломами выступом коренного фундамента, сложенного разновозрастными структурами Кузнецкого Алатау, Кольвань-Томской складчатой зоны и Западно-Сибирской плиты [1]. Объект исследования входит в состав экотона, формировавшегося в границах переходной зоны от темнохвойной тайги к сосново-березовым лесам и лесным лугам [2].

Материалы и методы исследований. В рамках текущего исследования экологическая емкость экосистем определяется объемом фотосинтетически трансформируемой и аккумулируемой солнечной энергии в органическом веществе, численно характеризующимся энергетическим потенциалом в единицу времени ($\text{Дж}/\text{м}^2$ в год, $\text{ГДж}/\text{га}$ в год). Энергетический потенциал представляет собой объем аккумулированной и трансформированной солярной энергии ($\text{Дж}/\text{м}^2$, $\text{ГДж}/\text{га}$) в органическом веществе для исследуемых компонентов: фитомассы травяного покрова, мортмассы (опад и сухостой), фитомассы древесных насаждений, гумуса почв, негумифицированного органического вещества почвы [3]. Для всей экосистемы он является суммарным. Объем энергии фитомассы травяного покрова и опада определялся посредством укоса и сбора с площадок 1 м^2 , последующей сушкой образцов, сжиганием с определением зольности и удельной теплоты сгорания. Для древесных насаждений и сухостоя был произведен расчет массы согласно аллометрическому моделированию В. А. Усольцева [4] и определению удельной теплоты сгорания основных лесообразующих пород. Энергетический потенциал почв, представленный энергией гумуса и негумифицированного органического вещества, был определен в соответствии с методикой Н. П. Масютенко [5]. Все этапы исследования проходили в соответствии с общепринятыми методиками и утвержденными стандартами ГОСТ: 5180-84, 55661-2013, 33106-2014, 147-2013 [3,6]. Для определения средней скорости накопления энергии по компонентам были применены следующие параметры: для травяного покрова и опада время аккумуляции принято за 1 год, для почв – 6000 лет согласно литературным источникам [7], для древесных насаждений – в зависимости от среднего возраста породы и результатов дендрохронологических исследований.

Результаты и их обсуждение. С учетом масштабирования и интерполяции расчетов на 1 га было установлено, что наибольшим суммарным энергетическим потенциалом и самой высокой средней скоростью аккумуляции энергии обладает элювиальный участок террасы с березово-осиновым лесом с примесью сосны с кустарничковым подлеском с разнотравной растительностью на серых лесных почвах (№ 8) – $29762,37 \text{ ГДж}/\text{га}$ и

514,92 ГДж/га в год. Кроме того, высокие показатели энергетических потенциалов отмечаются для следующих экосистем: на элювиальном участке террасы с березово-сосновым лесом с кустарничковой и осоково-разнотравной растительностью на серых лесных почвах (№ 6) – объем энергии которого составляет 23342,59 ГДж/га при средней скорости аккумуляции 440,81 ГДж/га в год; на выровненном элювиальном участке второй надпойменной террасы реки Ушайка с сосново-березовым лесом и кустарничково-разнотравной растительностью на серых лесных почвах (№4) – 20710,66 ГДж/га и 414,19 ГДж/га в год. Данные экосистемы не отличаются большим количеством фитомассы травяного покрова и опада, процент содержания гумуса на этих участках невелик, запасы энергии в негумифицированном органическом веществе имеют сравнительно средние показатели. Главным отличием данных экосистем является высокий энергетический потенциал фитомассы древесных насаждений, доля которого в общем распределении энергии экосистемы составляет 79,79 % (18625,24 ГДж/га) на участке № 6, 78,06 % (16167,6 ГДж/га) на участке № 4, и 87,12 % (25928,4 ГДж/га) для участка № 8 (рис. 1). Древостой упомянутых экосистем представлен здоровыми, зрелыми насаждениями с высокими показателями густоты – от 700 до 1000 единиц на 1 га с учетом масштабирования. Таким образом, большое количество аккумулируемой энергии обусловлено онтогенетическим состоянием древостоя, а также значительными запасами фитомассы.



Оценка энергетических потенциалов на участках трансекта

Минимальный суммарный энергетический потенциал отмечается на трансупераквальном элементарном ландшафте выровненной поверхности поймы р. Ушайка, покрытым злаково-разнотравным лугом

на темно-серых глеевых почвах (№ 1): 7667,9 ГДж/га. Обладая большими запасами фитомассы травяного покрова, а также высоким плодородием почв, для данного участка характерно отсутствие древесного яруса, который является существенным накопителем энергии органического вещества. Это условие определяет низкую экологическую емкость данной экосистемы – 148,02 ГДж/га в год. Кроме того, малые количественные показатели (преимущественно секвестирующей) фитомассы древесного яруса являются причиной сравнительно невысокой экологической емкости для аккумулятивно-элювиального участка надпойменной террасы с преимущественно березовым лесом и сосново-осиновым подростом с кустарничково-разнотравной растительностью на серых лесных почвах (№ 5) – 238 ГДж/га в год.

Экосистемы с низкой экологической емкостью не всегда являются деградированными или нарушенными. Они могут быть представлены естественными экосистемами пойм, пашнями антропогенного происхождения, луговыми экосистемами на водоразделах, лесами с низкими запасами фитомассы. Участки же с высокой экологической емкости в рамках исследования соответствуют различным стадиям сукцессии при переходе от вырубki коренного соснового древостоя к выходящему из подростa березово-осинового леса, сформированного под ярусом светлохвойных пород.

Заключение. Проведенное исследование позволило получить объективные данные по аккумуляции трансформированной солнечной энергии в органическом веществе для экосистем Ушайской морфоструктуры. Согласно результатам, наличие древесного яруса зрелого онтогенетического состояния обуславливает высокие показатели суммарного энергетического потенциала и экологической емкости экосистем.

Работа выполнена при государственной финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научных тем: «Развитие системы мониторинга и комплексного анализа пулов и потоков парниковых газов болотных и лесных экосистем Западной Сибири», FWRG-2022-0001.

Библиографические ссылки

1. Парначев В. П., Парначев С. В. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска: материалы к полевой геологической экскурсии. Томск: ФГБОУВПО НИ ТГУ, 2010. С. 142.

2. Рожанец М. И., Рожанец-Кучеровская С. Е. Почвы и растительность окрестностей г. Томска: с картой почв и растительности. Томск, 1928. С. 315–405.

3. Поздняков А. В., Грачев И. Г., Фузелла Т. Ш. Экосистема и экологическая емкость: методы и результаты исследования (на примере Ушайской экосистемы. Россия, Томская область) // Геосферные исследования. 2024. № 2. С. 129-142.

4. Аллометрические модели фитомассы деревьев для лазерного зондирования и наземной таксации углеродного пула в лесах Евразии: сравнительный анализ / В. А. Усольцев [и др.] // Сибирский лесной журнал. 2016. № 4. С. 68-76.

5. Масютенко Н. П., Шеховцова В. В., Шеховцов В. И. Научные основы и методы оценки энергетического состояния почв в агроландшафтах. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2004. С. 60.

6. Grachev I. G. Methodology of Energy Assessment for Ecosystems of the First Floodplain Terrace of the Ushayka River (Tomsk Oblast) // Contemporary Problems of Ecology. 2024. Vol. 17. No. 3. P. 403–411.

7. Gavrilov D. A., Loiko S. V., Klimova N. V. Holocene soil evolution in South Siberia based on phytolith records and genetic soil analysis (Russia) // Geosciences (Switzerland). 2018. Vol. 8. No. 11. P. 402.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ НАЗЕМНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ И КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

А. П. Гусев

*Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, г. Гомель,
Беларусь, gusev@gsu.by*

Предложен комплекс методов, включающий многозональную космическую съемку (вегетационные индексы) и наземные геоэлектрические исследования (электроразведка). Объекты исследований: лесные и луговые геосистемы в зонах влияния полигонов твердых химических и коммунальных отходов; урбогеосистемы. Разработанный комплекс позволяет быстро и эффективно оценивать деградацию растительного покрова, загрязнения компонентов геосистем, выявлять опасные и неблагоприятные геологические процессы.

Ключевые слова: геосистемы; космическая съемка; электроразведка; вегетационные индексы; электрическое сопротивление; загрязнение.

Введение. Обширный арсенал методов разведочной геофизики до настоящего времени слабо используется в геоэкологических исследованиях. Это обусловлено рядом факторов: отсутствие геофизических знаний у экологов и экологических знаний у геофизиков; преимущественная ориентированность полевых методик, технологий и аппаратуры геофизики на поиски и разведку полезных ископаемых, т.е. на глубокие горизонты земной коры; высокий уровень техногенных помех вблизи земной поверхности; отсутствие адекватных геофизических моделей самой верхней части геологической среды (зоны аэрации) в условиях высокой техногенной трансформации (например, в городах); геофизические показатели требуют экологической интерпретации.

Эффективным методом изучения химического загрязнения являются геоэлектрические исследования (электроразведка), основанные на взаимосвязи между удельным электрическим сопротивлением и содержанием растворенных солей в воде, почве, грунте. Использование электроразведки позволяет осуществлять непрерывные площадные наблюдения при относительно низкой стоимости работ, без бурения скважин и нарушения растительного покрова и почв горными выработками. Для повышения эффективности применения электроразведки при изучении негативных процессов в зонах влияния техногенных объектов нами предложено использовать ее в комплексе с дистанционными методами.

Наиболее важным экологическим индикатором выступают вегетационные индексы, рассчитываемые на основе многозональной космической съемки и отражающие состояние растительного покрова.

Материалы и методы исследований. Цель исследований – оценка экологического состояния геосистем с помощью комплекса космической многозональной съемки и наземной электроразведки. Решаемые задачи: изучение изменений растительного покрова под влиянием техногенных факторов на основе анализа вегетационных индексов (NDVI, NBR, SWVI), выделение техногенных модификаций геосистем; оценка загрязнения почв, грунтов, поверхностных и подземных вод методами электроразведки; оценка неблагоприятных геологических процессов методами электроразведки.

Разработанный комплекс включает: многозональную космическую съемку (данные по спутникам Sentinel-2, разрешение 10 м) – определяются спектральные индексы, по которым оценивают техногенное воздействие на растительный покров; резистивиметрию (измерение удельного электрического сопротивления) поверхностных вод (определяется минерализация воды, в г/л), почв, грунтов; съемку методом потенциала естественного электрического поля (определяются участки инфильтрации и разгрузки подземных вод, направления движения подземных вод); электрическое профилирование (ЭП) методом сопротивления на серии малых разносов питающей линии АВ – изучение пространственной неоднородности кажущегося электрического сопротивления; вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) методом сопротивлений – изучение геоэлектрического разреза в глубину.

Для проведения геоэлектрических работ использована электроразведочная аппаратура ERA-MAX. Для съемки методом естественного электрического поля применены неполяризующиеся электроды системы ВИРГ. Интерпретации данных ВЭЗ проводилась с помощью программы IPI2Win. Для измерения сопротивления вод и почв используются портативные резистивиметры.

Результаты и их обсуждение. Рассмотрим примеры геоэкологических исследований с использованием данного комплекса.

Оценка химического загрязнения компонентов геосистем в зоне влияния полигона твердых отходов химического производства (фосфогипса). По данным космической съемки в зоне влияния отвалов фосфогипса выделяются техногенные модификации (ТМ) исходных луговой (луг разнотравно-злаковый на дерновых песчаных почвах) и лесной (сосновый лес) геосистем, которые различаются по степени повреждения растительного покрова. Образование техногенных модификаций луговой геосистемы вызвано загрязнением поверхностных и грунтовых вод; техногенных модификаций лесной геосистемы – воздействием загрязнения атмосферы. Каждая модификация характеризуется определенным диапазоном величин вегетационных индексов. Для луговой геосистемы значения NDVI в зоне ТМ-1 ниже фонового в 2,5 раза.

Значения NBR – ниже фонового в 1,8 раза. Значения SWVI – в 14,9 раза. Колебания NDVI отражают изменения продуктивности луговой геосистемы, подвергшийся воздействию химического загрязнения со стороны отвалов. По данным геоэлектрических исследований на участке ТМ-1 сопротивление до глубины 10 м аномально низкое, что обусловлено значительным повышением минерализации подземных вод. Минерализация поверхностных вод в лужах здесь составляет 5-10 г/л. На участке ТМ-2 низкое сопротивление отмечается только в самой верхней части разреза – до глубины 2,5 м. Это позволяет предположить, что миграция загрязняющих веществ к этому участку идет с поверхностным стоком, а загрязнение ниже грунтового водоносного горизонта отсутствует.

Оценка техногенного потопления в зоне влияния полигона твердых коммунальных отходов. На территории, прилегающей с севера к полигону, имеет место развитие техногенного подтопления, обусловленного как потоком фильтрационных вод с отвала, так и нарушением поверхностного стока при строительстве автомобильной трассы. В результате подтопления образовались техногенные модификации исходной лесной геосистемы (смешанный лиственный лес на дерново-слабоподзолистых оглеенных почвах): ТМ-1 – зона сильного подтопления; ТМ-2 – зона умеренного подтопления. По данным космической съемки определена зона деградации лесного растительности, вызванной техногенным подтоплением. NDVI по градиенту подтопления снижается в 1,5-2,3 раза; NBR – в 1,8-2,9 раза; SWVI – в 2,4-7,4 (максимум отличий в июне). Снижение вегетационных индексов объясняется деградацией древесного яруса под воздействием подтопления грунтовыми водами (в зоне ТМ-1 на сухостой приходится до 50% всех деревьев). Установлено, что кажущееся электрическое сопротивление на эффективной глубине, соответствующей разностям питающих линий АВ=10 м и АВ=30 м, по градиенту подтопления изменяется от первых сотен Ом·м в фоновой геосистеме до первых десятков Ом·м в зоне максимальной трансформации (ТМ-1). На основе комплекса исследований схема трансформации компонентов геосистем в зоне влияния полигона твердых коммунальных отходов выглядит следующим образом. От полигона отходов свалочный фильтрат поступает в грунтовые воды, загрязняя их (увеличивается минерализация). Грунтовые воды разгружаются на земной поверхности в зоне ТМ-1, где под воздействием как роста влажности, так и влияния токсичных веществ и засоления почв происходит деградация древесной растительности (массовое усыхание, которое сказывается на величине вегетационных индексов). В зоне ТМ-2 воздействие токсичных грунтовых вод снижается и соответственно деградация древесной растительности проявляется в меньшей степени.

Изучение засоления урбоземов городских улиц. Широко распространен в городских геосистемах процесс засоления урбоземов, вызванный использованием противогололедных соляно-песчаных смесей. Песчано-солевая смесь

(пескосоль) представляет собой смесь технической соли (NaCl) и песка в различных пропорциях (доля соли составляет 10-30 %). Песчано-солевые смеси активно применяются на автомобильных дорогах, пешеходных частях улиц, площадях. Такие смеси быстро плавят лед и улучшаются коэффициент сцепления. Соответственно после таяния снега солевая часть может задерживаться в почвогрунте, близлежащих к полотну дороги участках. Для оценки засоления почвогрунтов вдоль дорог может применяться комплекс, включающий метод резистивиметрии (измерение сопротивления урбоземов на глубине 5-10 см) и фитоиндикацию (оценку жизненного состояния деревьев). В ходе исследования засоления урбоземов на территории города Гомеля проводилась резистивиметрия в точках, расположенных на различном расстоянии от проезжей части (1, 5, 10, 20 м). Фоновые измерения проводились в пределах городских лесопарков. На Речицком проспекте вблизи дороги (расстояние 5 м) сопротивление составляло 16-50 (среднее значение – 30,3) Ом·м. По мере удаления от дороги увеличивалось до 1000-5000 (среднее значение 1990,0) Ом·м (в лесопарке). На улице Советской сопротивление урбоземов вблизи полотна дороги (до 5 м) составляло 29,1-70,9 (среднее 52,1) Ом·м; на расстоянии 15 м – 73,5-303,0 (среднее – 214,3) Ом·м. В лесопарке – более 200 Ом·м. Значения сопротивления урбоземов сопоставлялись с результатами оценки жизненного состояния деревьев.

Изучение неблагоприятных геологических процессов в городских геосистемах. Геологические процессы в городских геосистемах (подтопление, суффозия) могут вызвать повреждения зданий и сооружений. Диагностика геологических процессов в условиях города крайне затруднена. Однако, комплексирование методов малоглубинной геофизики позволяет выявлять наиболее уязвимые места зданий и сооружений. На примере участка, в пределах которого расположен 1 корпус ГГУ, рассмотрено применение методов естественного электрического поля, вертикального электрического зондирования и инфракрасной термометрии для изучения процесса движения грунтовых вод и связанной с ним суффозии в основании здания. Градиент снижения потенциала естественного электрического поля указывает направление горизонтального движения грунтовых вод. Участок с максимальным развитием суффозии, возникающей при инфильтрации вод, выделяется по наиболее низким значениями потенциала естественного электрического поля (от -10 и ниже мВ) и пониженному электрическому сопротивлению на глубине до 5 м.

Заключение. Таким образом, комплексирование космической съемки и геоэлектрических методов позволило: по вегетационным индексам – картировать зоны техногенной трансформации, определить их границы и площади; по результатам электроразведки – оценить загрязнение почв, грунтов, поверхностных и подземных вод, выявить неблагоприятные геологические процессы (подтопление, суффозия).

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕЛЬВЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Ю. С. Давидович, Л. Н. Гертман

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
seg98001@gmail.com, lubov.hertman@yandex.ru*

В работе представлен результат анализа изменения открытой водной поверхности Зельвянского водохранилища с 1982 по 2023 гг. Оценка изменения площади водной поверхности производилась с использованием данных дистанционного зондирования Земли оптического диапазона электромагнитных волн спутниковой системы Landsat. Результаты исследования показывают, что материалы дистанционных съемок позволяют не только определять текущее состояние водохранилища, но и оценивать его изменение в широком временном диапазоне.

Ключевые слова: Зельвянское водохранилище; оценка изменения; данные дистанционного зондирования Земли.

Введение. Взаимодействуя с окружающей природной средой и находясь под постоянным влиянием хозяйственной деятельности, водохранилища постепенно трансформируются и в своем длительном развитии стремятся к выработке такой равновесной природной системы, которая характерна для естественных аквальных ландшафтов данной местности. Этот процесс является длительным во времени и сопровождается изменением природных, а в связи с этим и эксплуатационных характеристик водохранилищ.

Условия развития водохранилищ определяются характером волнения, особенностями водообмена в различных частях акватории, разной степенью воздействия стоковых и циркуляционных течений, формированием специфических гидродинамических зон.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на базе Зельвянского водохранилища, построенного в 1983 г. на р. Зельвянка. Гидротехнические сооружения эксплуатирует дочернее коммунальное унитарное предприятие мелиоративных систем «Зельвенское ПМС» областного унитарного предприятия «Гродномелиоводхоз». Правила эксплуатации водохранилища «Зельва» разработаны 1983 году и уточнены в 2006 г.

Для анализа динамики изменения водной поверхности Зельвянского водохранилища использовались космические снимки спутниковой системы Landsat разных серий: Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+, Landsat-8 OLI. Пространственное разрешение снимков составляет 30 м [3].

Радиометрическая и атмосферная коррекция мультиспектральных снимков производилась в программном продукте ENVI 5.6. с помощью инструмента Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (FLAASH) [2]. Выделение участков открытой водной поверхности произведено в автоматизированном режиме методом максимального правдоподобия [1].

Результаты и их обсуждение. В декабре 2006 года на сбросе водохранилища Зельва введена в эксплуатацию Зельвенская ГЭС (ГЭС «Зельва») – малая гидроэлектростанция. Установленная мощность составила 150 кВт, ежегодная выработка электроэнергии в средний по водности год – около 0,5 млн. кВт·ч. Эксплуатирует Зельвенскую ГЭС Гродненское республиканское унитарное предприятие электроэнергетики «Гродноэнерго».

Проектные данные Зельвенской ГЭС:

- установленная мощность 100 кВт,
- гарантированная мощность 84 кВт.

Эксплуатация водохранилища в первую очередь связана с обеспечением сельхозугодий необходимым объемом водных ресурсов – орошения, увлажнения земель. В этой связи в 2020 г разработан и утвержден порядок взаимодействия персонала Зельвенского РЭС и ГП «Зельвенское ПМС» при эксплуатации ГЭС «Зельва». Основная задача для ГП «Зельвенское ПМС» – поддерживать уровень воды в Зельвянском водохранилище не ниже НПУ 130,5 м. Работа Зельвенской ГЭС подчинена потребностям сельского хозяйства.

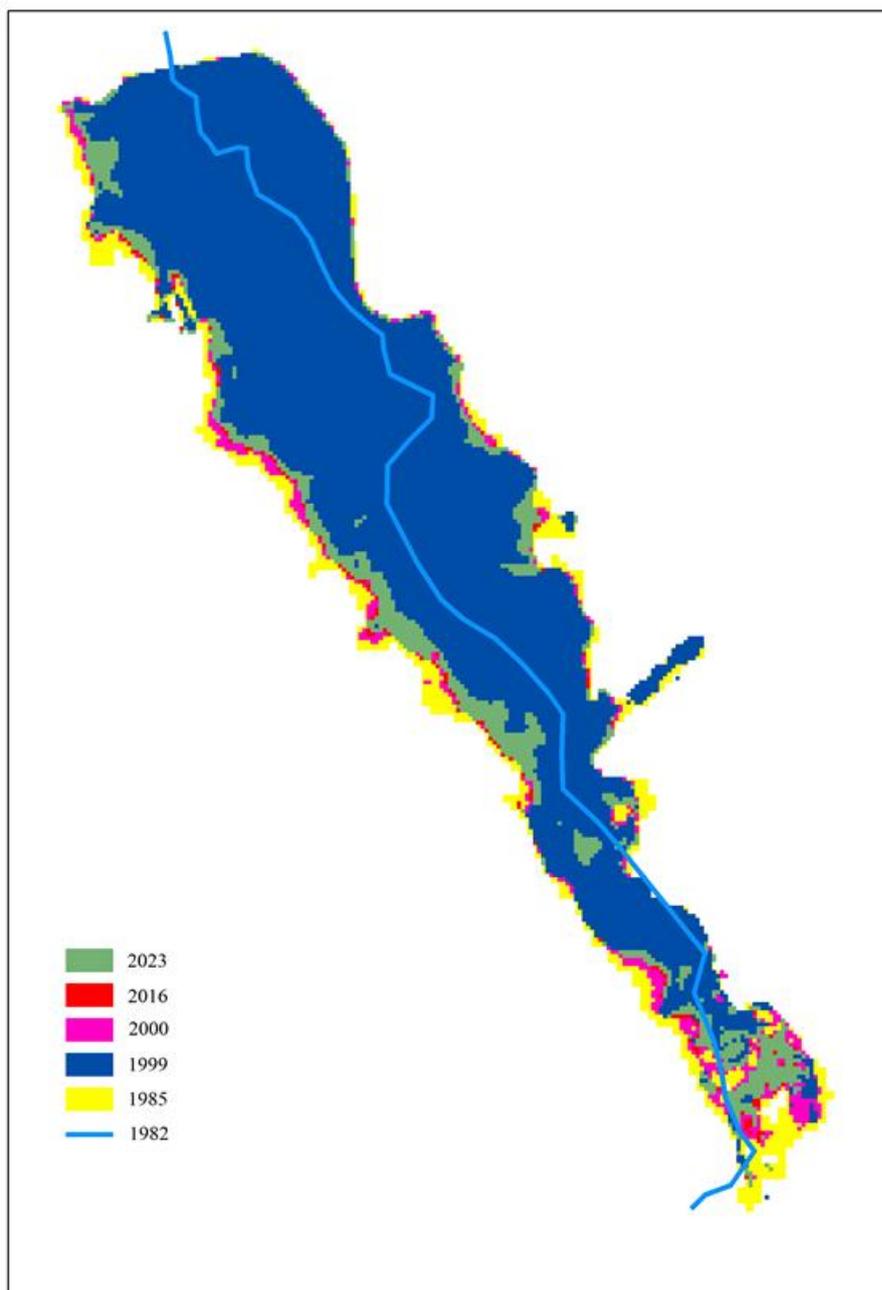
Площадь водохранилища Зельвянское в настоящее время составляет 9,7 км², что меньше проектной на 13 %. Средняя ширина водохранилища сократилась на 0,17 км.

Результаты изучения динамики изменения открытой поверхности водного зеркала Зельвянского водохранилища по данным космических снимков спутниковой системы Landsat представлены в таблице и на рисунке.

Изменение площади водного зеркала Зельвянского водохранилища

Год	Площадь водного зеркала, га
1985	1154,8
1999	843,7
2000	1035,1
2016	984,6
2023	973,9

С целью верификации полученных данных проведены натурные исследования в 2024 году, которые подтверждают общую тенденцию развития водоема, установленную путем анализа данных дистанционного зондирования Земли.



Изменение открытой водной поверхности водохранилища Зельвянское

Заключение. По результатам анализа состояния Зельвянского водохранилища можно констатировать, что оно развивается в соответствии с общими закономерностями развития искусственных водоемов и находится на второй стадии развития – окончательное формирование водохранилища, идет отработка отмелей, устойчивое закрепление мелководий высшей водной растительностью.

Библиографические ссылки

1. *Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В.* Аэрокосмические методы географических исследований: для студентов учреждений высшего профессионального образования. М. : Издательский центр «Академия», 2011. 416 с.

2. *Топаз А. А., Давидович Ю. С.* Радиометрическая и атмосферная коррекция космических снимков в программном комплексе ENVI: учеб.-метод. рекомендации по курсу «Цифровая обработка космических снимков» для студентов специальностей 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-56 02 02 «Геоинформационные системы (по направлениям)». Минск : БГУ, 2022. 28 с.

3. *Шалькевич Ф. Е., Курьянович М. Ф.* Тематическое дешифрирование: пособие. Минск : БГУ, 2022. 131 с.

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ВОДЫ В ОЗЕРЕ ЛУКОМСКОЕ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Ю. С. Давидович, Н. Ю. Суховило

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
seg98001@gmail.com, SukhoviloNY@bsu.by*

В работе рассматриваются вопросы использования данных тепловых космических измерений системы Landsat 8/9 OLI TIRS для оценки пространственного распределения температур поверхностного слоя воды в озере Лукомское. Данные материалов дистанционных съемок сопоставляются с наземными стационарными наблюдениями. Произведена оценка термического режима озера Лукомского в различные даты проведения наземных и авиакосмических наблюдений.

Ключевые слова: тепловая съемка; термический режим; озеро Лукомское; Landsat 8/9 OLI TIRS.

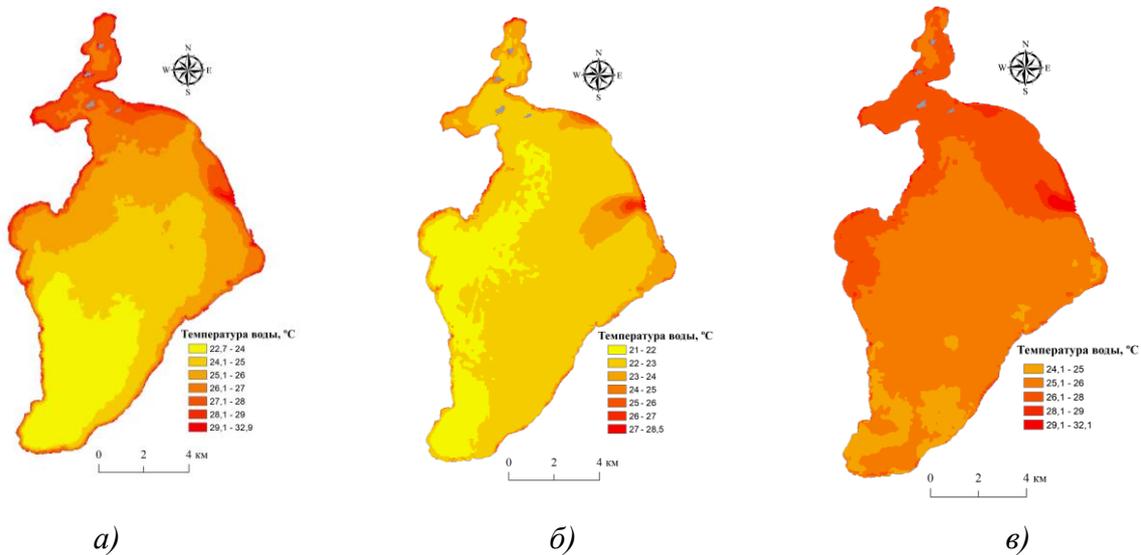
Введение. В настоящее время существует большое разнообразие съемочных систем, позволяющих получать аэрокосмические снимки в различных диапазонах электромагнитного спектра. Наиболее широкое применение в географических исследованиях получили космические снимки видимого диапазона, обладающие высокими изобразительными и информационными свойствами [2]. Тепловые снимки наиболее широко используются на глобальном уровне для исследования атмосферных явлений [3], температуры поверхности Мирового океана [5] и суши [7]. На региональном уровне тепловая съемка является эффективным средством для изучения вулканов [6]. Материалы дистанционных съемок различного диапазона применяются для оценки различных параметров состояния водных объектов: их мониторинга [1], оценки ледово-термического режима [8], определения границ и изучения процессов эвтрофикации [4].

Материалы и методы исследований. Озеро Лукомское расположено в чашникском районе Витебской области. Площадь водоема равна 37,7 км², максимальная глубина достигает 11,5 м, средняя – 6,6 м. Котловина озера подпрудного типа, вытянута с севера на юг на 10,4 км при средней ширине 3,5 км. С 1969 года озеро служит водоемом-охладителем тепловой электростанции Лукомльской ГРЭС – самой крупной тепловой электростанции в Беларуси. Это во многом определило его термический и гидробиологический режим.

Для изучения тепловых характеристик водной поверхности использовались данные о тепловом режиме озера Лукомское. Стационарные наблюдения за вертикальным распределением температур воды в озере Лукомское проводятся с 1977 г. До 2015 г. они проводились на двух рейдовых вертикалях, затем их количество сократилось до одной, приуроченной к открытой части водоема вблизи точки максимальной глубины [9]. Кроме того, на гидропосту ведутся наблюдения за температурой воды у берега.

Для более подробного анализа динамики потоков теплых вод были использованы мультиспектральные космические снимки системы Landsat8/9 OLI TIRS с пространственным разрешением 30 м. Предварительно данные прошли процедуры радиометрической и атмосферной коррекции. Даты были подобраны таким образом, чтобы облачность была невысокой (до 5 % акватории), а направление ветра различалось. Соблюдение этих условий позволяет более объективно оценивать распространение подогретых вод по акватории при различных метеоусловиях.

Результаты и их обсуждение. Пространственное распределение температур поверхностного слоя воды на акватории озера Лукомское в летний период 2024 г. отражено на рисунке. Выделяются 2 области с высокими температурами воды: у устья водоотводящего канала и в зоне сброса с Лукомльской ГРЭС. Утром 06.08.2024 в устье водоотводящего канала температура воды составила 28,0 °С, что на 4,8 °С выше, чем у поверхности воды в точке «контроля» и на 3,4 °С выше, чем в точке «подогрева».



Распределение температур поверхностного слоя воды на акватории озера Лукомское по данным Landsat 8/9 OLI TIRS:

a – 01.07.2024, *б* – 09.07.2024, *в* – 25.07.2024

В период полевых исследований 2024 г. площадь акватории с поверхностными температурами воды свыше 28,2 °С не превышала 1,5 км². У устья водоотводящего канала она отсутствовала. Область с температурами воды, превышающими фоновые, очень динамична, а ее площадь и локализация зависят от скорости и направления ветра. Сравнение данных натурных наблюдений 2024 г. с данными дистанционного зондирования Земли не представляется возможным по причине наличия облачности, препятствующей получению точных данных о температуре подстилающей поверхности.

01.07.2024 при южном и юго-восточном ветрах одна ее часть была локализована у берега вблизи электростанции, вторая распространялась узкой полосой на запад от устья водоотводящего канала, что отражено на рисунке 1, а. Максимальная температура воды у ГРЭС достигла 32,9 °С. Выделяется также хорошо прогретая литораль с температурами свыше 28 °С. В целом по акватории температуры воды увеличивались с юга на север с 22,7 до 27 °С. Средняя температура воды с учетом небольшой дымки, уменьшающей показания, составила 25,1 °С.

09.07.2024 ветер имел северное и северо-западное направление. Он вызвал субширотное распространение потока теплой воды, показанное на рисунке 1, б. Сами температуры воды были ниже на 1,4 – 4,4 °С, чем 1 июля (в среднем по акватории – 22,5 °С). Холодная область была расположена у западного берега озера.

25.07.2024 ветер дул с востока и юго-востока. В результате теплые воды смещались на северо-запад от электростанции и устья водоотводящего канала. Почти вся акватория озера была прогрета более, чем до 25 °С. Средняя по акватории температура составила 25,8 °С. Этому способствовали высокие дневные температуры воздуха 22–25.07.2024, достигавшие в метеорологической будке на метеостанции Лепель 27,6 °С. Над открытой акваторией озера этот показатель мог быть выше. Максимальная температура воды в водоеме составила 32,1 °С. Область с температурами воды 26 °С и более была смещена на север, на сгонном южном берегу отмечена зона апвеллинга с подъемом более холодных вод.

Площадь водной поверхности с теплыми водами колебалась от 2,89 км² при северо-западном ветре до 9,41 км² при восточном и юго-восточном ветре. Однако в последнем случае, как и в случае с южным и юго-восточным ветрами, когда площадь составила 7,53 км², прямое влияние работы ГРЭС на всю эту часть акватории доказать сложно, т. к. заливы в северной части озера из-за своей мелководности и более высокой биопродуктивности, обуславливающей низкую прозрачность воды, прогреваются лучше, чем открытая часть.

Заключение. Полученные результаты по исследованию использования тепловых снимков для изучения пространственного распределения температур поверхностного слоя воды в оз. Лукомское показали, что для изучения

свойств водной поверхности могут быть использованы не только данные дистанционного зондирования Земли оптического диапазона длин волн, но и теплового. Тепловые снимки среднего и относительно высокого пространственного разрешения могут использоваться при среднемасштабных исследованиях природных объектов. Для крупномасштабных исследований требуются тепловые снимки высокого и сверхвысокого разрешения.

Результаты исследований получены при выполнении НИР № 665/65, а также при частичной поддержке филиала «Лукомльская ГРЭС» РУП «Витебскэнерго» (НИР № 6549А).

Библиографические ссылки

1. *Абросимов А. В., Дворкие Б. А.* Возможности практического использования данных ДЗЗ из космоса для мониторинга водных объектов // Геоматика. 2009. № 4. С. 54–63.

2. *Давидович Ю. С., Шалькевич Ф. Е.* Использование тепловой съемки для изучения географических объектов // Актуальные проблемы геодезии, картографии, кадастра, геоинформационных технологий, рационального земле- и природопользования [Электронный ресурс]: электрон. сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 9–10 июня 2022 г. / Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой; редкол.: канд. техн. наук Г.А. Шарогазова (отв. ред.) [и др.]. Новополоцк: Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2022. С. 25–28.

3. Детектирование и оценка балла облачности по данным атмосферных ИК-зондировщиков высокого разрешения / А. Н. Рублев [и др.] // Исследование Земли из космоса. 2004. № 3. С. 43–51.

4. Использование космических снимков для определения границ водоемов и изучения процессов эвтрофикации / Т. И. Кутявина [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 28–33.

5. Картирование температуры поверхности Мирового океана по данным геостационарных ИСЗ / В. И. Соловьев [и др.] // Исследование Земли из космоса. 2001. № 3. С. 10–15.

6. *Козлов Д. Н., Жарков Р. В.* Тепловизионная съемка активных вулканов Курильских островов в 2009–2011 гг. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2012. Выпуск № 19, № 1. С. 231–239.

7. *Соловьев В. И., Успенский С. А.* Мониторинг температуры поверхности суши по данным геостационарных метеорологических спутников нового поколения // Исследование Земли из космоса. 2009. № 3. С. 79–89.

8. *Сутырина Е. Н.* Изучение особенностей ледово-термического режима озера Хубсугул с применением данных радиометра AVHRR // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11, № 1. С. 190–199.

9. *Суховило Н. Ю.* Тепловой режим озера Лукомское в условиях климатических изменений и теплового загрязнения // Географія. 2023. № 1. С. 20–27.

ЭКОЛОГО-ПРАВОВАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

С. И. Ласточкина, А. Б. Кафтанчикова

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
7.iris@mail.ru, abkaft@rambler.ru*

Приводится краткая характеристика системы «общество – окружающая среда», в процессе функционирования которой осуществляется правовое регулирование двух взаимодействующих подсистем: природопользования и охраны окружающей среды. Эти подсистемы в науке экологического права образуют экологические отношения, нормы которых закреплены действующим законодательством Республики Беларусь.

Ключевые слова: охрана окружающей среды; экология; экологическое право; эколого-правовая ответственность.

Введение. В Республике Беларусь все общественные экологические отношения подкрепляются нормами права. Именно поэтому экологические отношения трансформируются в экологические правоотношения. Так, согласно законодательству Республики Беларусь, экологические правоотношения – это урегулированные нормами права общественные отношения, возникающие в сфере взаимодействия общества с окружающей средой. В эти отношения входят: объекты и субъекты правоотношений, эколого-правовые нормы [1, 7].

Общественные экологические отношения по правовой форме относятся к правовым отраслям: конституционному праву (например, конституционные права граждан в области охраны окружающей среды) [4]; гражданскому праву (право собственности на природные ресурсы) [2]; финансовому (финансирование природоохранных мероприятий); административному и уголовному (нарушение экологического законодательства) [3, 8], налоговому (экологическое налогообложение).

Материалы и методы исследований. Методологическую основу исследований составил диалектический метод познания правовой действительности со всеми вытекающими факторами взаимосвязи. Применены общенаучный, системный, статистический методологические подходы.

Результаты и их обсуждение. Объектами экологических правоотношений в соответствии со ст. 5 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» являются: земля, недра, воды, атмосферный воздух,

озоновый слой, околосземное космическое пространство, леса, растительный и животный мир, особо охраняемые природные территории, природные ландшафты, климат, естественные экологические системы, право природопользования [6, 7].

Субъектами экологических правоотношений согласно ст. 6 Закона «Об охране окружающей среды» признаются граждане Республики Беларусь, иностранные граждане, лица без гражданства; общественные и иные некоммерческие организации; юридические лица; государство Республика Беларусь, административно-территориальные единицы Республики Беларусь, органы местного самоуправления; международные организации [7].

На физических лиц распространяются права и обязанности в области охраны окружающей среды, предусмотренные статьями 12 и 14 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» [6, 7]. Экологическое законодательство признает физических лиц субъектами отношений по использованию природных ресурсов (право общего пользования) и субъектами права специального природопользования (хозяйственная деятельность, ведение крестьянского фермерского хозяйства (КФХ), личного подсобного хозяйства, аренда природных ресурсов и др.) [2, 5, 6].

Юридические лица Республики Беларусь, а также иностранные юридические лица как субъекты отношений в области охраны окружающей среды в соответствии со ст. 44 Гражданского Кодекса Республики Беларусь (далее – ГК) должны иметь статус организации, которая имеет в собственности и хозяйственном ведении обособленное имущество, несет самостоятельную ответственность по своим обязательствам, может от своего имени приобретать и осуществлять имущественные и личные неимущественные права, исполнять обязанности, быть истцом и ответчиком в суде, иметь самостоятельный баланс.

Иностранные государства признаются субъектами экологических правоотношений в случаях, установленных законодательством. Например, ст. 5 Водного Кодекса Республики Беларусь (далее – ВК) включает иностранные государства в круг субъектов водных отношений в качестве водопользователей. Согласно ст. 9 Лесного Кодекса Республики Беларусь (далее – ЛК) иностранные государства выступают субъектами лесных отношений. Статья 12 Кодекса Республики Беларусь о Земле (далее – КоЗ) рассматривает в качестве субъектов права собственности на землю на территории Республики Беларусь – иностранные государства, которым земельные участки передаются в собственность в порядке, установленной ст. 37 КоЗ для обслуживания зданий, используемых для размещения постоянного дипломатического представительства или консульского учреждения иностранного государства в РБ [5, 6].

Права субъектов экологических правоотношений – физических и юридических лиц закреплены в Законе «Об охране окружающей среды», природоресурсном законодательстве, иных нормативных правовых актах, регулирующих экологические отношения [7].

Республика Беларусь является субъектом права государственной собственности на недра, воды и леса; земли сельскохозяйственного назначения находятся исключительно в собственности государства, что определено ст.13 Конституции Республики Беларусь и ст. 215 ГК [2]. Экономическую основу местного управления и самоуправления в соответствии со ст. 33 Закона Республики Беларусь «О местном управлении и самоуправлении» составляют природные ресурсы (земля, недра, воды, леса, растительный и животный мир).

Эколого-правовые нормы – это объем прав и обязанностей субъектов, правила поведения, регулирующие отношения людей по поводу охраны и использования окружающей природной среды [1, 6]. Согласно ст. 34 Закона Республики Беларусь «О местном управлении и самоуправлении» Советам депутатов принадлежит право распоряжения природными ресурсами на соответствующей территории в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

Экологические права граждан Республики Беларусь. Право на благоприятную окружающую среду закреплено ст. 46 и 55 Конституции Республики Беларусь. Ответственность за нарушение законодательства об охране окружающей среды составляет ст. 46, которая декларирует право каждого на возмещение вреда, причиненного нарушением права на благоприятную окружающую среду. Согласно ч. 2 ст. 46 Конституции Республики Беларусь государство осуществляет контроль за рациональным использованием природных ресурсов в целях защиты и улучшения условий жизни, а также охраны и восстановления окружающей среды [4].

В системе экологического законодательства действуют нормативные правовые акты, которые содержат нормы, устанавливающие эколого-правовые механизмы. Это Законы Республики Беларусь: «Об особо охраняемых природных территориях», «О налоге за использование природных ресурсов»; «О государственной экологической экспертизе», «Об обращении с отходами». Консолидирует систему экологического законодательства Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» [1].

Ущерб, причиненный в результате вредного воздействия на окружающую среду посредством правонарушения, называется в доктрине права окружающей среды экологическим вредом. Вред, причиненный окружающей среде, выявляется в форме загрязнения окружающей среды, порчи, уничтожения, повреждения, истощения природных ресурсов, разрушения

экологических систем. В результате нарушения экологического равновесия проявляется экологическое правонарушение и наступает эколого-правовая ответственность.

На основании Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях (далее – КоАП), субъектами экологического правонарушения и административной ответственности являются юридические и физические лица, индивидуальные предприниматели (Особенная часть КоАП). За ряд правонарушений в сфере окружающей среды, ответственность физического лица наступает в возрасте от 14 до 16 лет (например, за нарушение требований пожарной безопасности в лесах или на торфяниках – ст. 15.29; за разжигание костров в запрещенных местах – ст. 15.58) [3]. Эколого-правовая ответственность заключается в применении к нарушителям мер государственного принуждения и предусматривает возложение обязанности претерпевать неблагоприятные последствия, вызванные совершением экологического правонарушения. Так, в соответствии со ст. 99 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» нарушение законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды влечет применение мер дисциплинарной, административной и уголовной ответственности [7, 8]. Меры дисциплинарной ответственности регламентированы ст. 197–204 и ст. 400–409 Трудового кодекса Республики Беларусь, составы правонарушений перечислены в ст. 16.1–16.44 КоАП [3].

За правонарушения в области использования природных ресурсов и охраны окружающей среды применяются следующие виды административных взысканий: предупреждение, штраф, конфискация предмета, явившегося орудием совершения правонарушения или непосредственным объектом правонарушения, лишение специального права, например, права охоты. Так, в ст. 262–282 Уголовного Кодекса Республики Беларусь (далее – УК) определена ответственность за совершенное умышленное или по неосторожности общественно опасного деяния, причинившее или способное причинить вред земле, водам, недрам, лесам, животному и растительному миру, атмосфере и другим природным объектам, отнесенным к таковым, законодательством об охране окружающей среды, независимо от форм собственности.

Наиболее многочисленную группу экологических преступлений составляют правонарушения, в которых в качестве объекта выступает порядок использования и охраны отдельных компонентов природной среды или природных объектов: порча земель – ст. 269 УК; нарушение правил охраны недр – ст. 271 УК; загрязнение либо засорение вод – ст. 272 УК; загрязнение атмосферы – ст. 274; загрязнение леса – 275 УК и др. [8].

В соответствии со ст. 99 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» привлечение лиц к дисциплинарной, административной и уголовной ответственности за нарушение законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды не освобождает их от возмещения вреда, причиненного в результате вредного воздействия на окружающую среду. Возмещение такого вреда следует рассматривать как меру имущественного воздействия на правонарушителя в виде гражданско-правовой ответственности.

Законодательство РБ регулирует отношения в сфере возмещения вреда, причиненного в результате вредного воздействия на окружающую среду, нормами ГК (гл. 58) [2], нормами природоресурсного законодательства: ст. 160 КоЗ [6]; ст. 54 КоН (Кодекс Республики Беларусь о недрах); ст. 97 ВК; ст. 101 ЛК; ст. 44 Закона Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха»; ст. 45 Закона Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях» и др. Размер вреда, причиненного окружающей среде, в денежном выражении определяется согласно ст. 101 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» [7].

Согласно ст. 14 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» моральный вред, причиненный гражданину нарушением его права на благоприятную окружающую среду, подлежит компенсации в соответствии с законодательством Республики Беларусь [7]. Защита права на благоприятную окружающую среду, сопряженная с требованием о возмещении вреда, причиненного жизни и здоровью, или морального вреда, может быть осуществлена в любое время, так как согласно ст. 209 ГК положения об исковой давности не распространяются на указанные требования. Лицо, причинившее экологический вред, освобождается от возмещения вреда, если докажет, что вред причинен не по его вине. Согласно ст. 372 и 933 ГК на причинителе вреда лежит обязанность доказать свою невиновность в причинении вреда [2].

Заключение. Возможностью осуществления права на благоприятную окружающую среду является право требовать определенного поведения от обязанного лица. Эти нормы подтверждаются ст. 46 Конституции Республики Беларусь, в которой закрепляется право на благоприятную окружающую среду и устанавливается, что каждый гражданин имеет право на возмещение вреда, причиненного нарушением этого права. Кроме того, граждане имеют право вносить предложения о проведении общественной экологической экспертизы и участвовать в ее проведении в порядке, установленном законодательством, поскольку в соответствии со ст. 55 Конституции Республики Беларусь охрана природной среды – долг каждого гражданина. Эта Конституционная норма детализирована в ст. 12 Закона «Об охране окружающей среды» и основаны на положениях ст. 34 и 46 Конституции Республики Беларусь, закрепляющих конституционные права граждан на благоприятную окружающую среду.

Библиографические ссылки

1. Будникова Ю. Е. Юридическая ответственность за земельные правонарушения // Аграрное и земельное право. 2013. № 11. С. 66–71.
2. Гражданский Кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] // Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk9800218> (дата обращения: 10.10.2024).
3. Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях [Электронный ресурс] // Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. URL: https://pravo.by/upload/docs/op/НК2100091_1611262800.pdf (дата обращения: 10.10.2024).
4. Конституция Республики Беларусь [Электронный ресурс] // Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/pravovaya-informatsiya/pomnikipostoryi-prava-belarusi/kanstytutsyuna-prava-belarusi/kanstytutsyi-belarusi/> (дата обращения: 10.10.2024).
5. Ласточкина С. И. Правовой режим земель сельскохозяйственного назначения в Республике Беларусь // От поиска – к решению. От опыта – к мастерству: материалы IV Международной студенческой научно-практической конференции (Абакан, 21–22 апреля 2022 г.) / науч. ред. Г. А. Минюхина; отв. ред. Н. А. Беляева. Абакан: Издательство ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова», 2022. 298 с.
6. Ласточкина С. И. Нормативное и правовое регулирование процесса предоставления земельных участков из состава земель сельскохозяйственного назначения для хозяйственной деятельности в Республике Беларусь // Организация устойчивого землепользования: сборник научных статей по материалам заочной Международной научно-практической конференции. Горки: БГСХА, 2022. С. 22-26.
7. Об охране окружающей среды: Закон Республики Беларусь [Электронный ресурс] // Нац. прав. Интернет-портал Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19201982> (дата обращения: 10.10.2024).
8. Уголовный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] // Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk9900275> (дата обращения: 10.10.2024).

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ МИХАЙЛОВСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

В. А. Латкин

*Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия,
latkinvadim1994@gmail.com*

Отмечены важность исследований по оценке состояния окружающей среды и назначение геоэкологических карт. На основании исходных материалов проведена оценка экологической стабильности и антропогенной нагрузки территории Михайловского района Алтайского края: рассчитаны необходимые показатели и составлены геоэкологические карты.

Ключевые слова: окружающая природная среда; геоэкологические карты; экологическая стабильность; антропогенная нагрузка.

Введение. Наблюдаемые во многих регионах мира ухудшение состояния окружающей природной среды, видоизменение и деградация природных геосистем и условий жизнеобеспечения населения ведут к появлению реальной экологической опасности с далеко идущими и непредсказуемыми последствиями для существования человечества. Все более востребованными и перспективными становятся исследования по оценке состояния окружающей природной среды и определению степени благоприятности или неблагоприятности условий на территориях для проживания населения.

Объединение усилий географии и экологии для решения проблем, оценки пространственно-временных особенностей взаимодействия общества со средой привело к появлению особого научного направления, обозначаемого термином «геоэкология» [4]. Предметное поле геоэкологии лежит в области пересечения предметных полей наук о Земле и наук о жизни, и все попадающие в него объекты могут быть отображены на геоэкологических картах. Назначение геоэкологических карт – увязать состояние абиотической и биотической частей экосистем и предоставить информацию о состоянии живого мира при различной обеспеченности территорий пространственными ресурсами [6].

Материалы и методы исследований. Работы по составлению геоэкологических карт проводились в геоинформационной системе MapInfo Professional с использованием исходных данных, полученных

из сети Интернет (открытые данные Росреестра – публичная кадастровая карта) и сконвертированных в необходимый формат (векторные карты), взятых в местной администрации (растровые карты района), а также информации об особенностях картографируемой территории, полученной в ходе личного исследования, из литературных источников, отчетов администрации района.

Применены следующие методы научного исследования: наблюдение, анализ и синтез информации, описание, расчетный, сравнительный, графический, картографический.

Результаты и их обсуждение. Михайловский район расположен в юго-западной части Алтайского края на границе с республикой Казахстан в степной зоне. Площадь района – 3113,68 кв. км. Рельеф равнинный. Абсолютные высоты: 140-267 метров над уровнем моря. Климат континентальный. Количество осадков за год – около 262 мм. Распространены каштановые почвы.

Одними из главных характеристик оценки состояния окружающей среды являются экологическая стабильность и антропогенная нагрузка на территорию.

Экологическая стабильность подразумевает способность экосистем сохранять структуру и функционирование под влиянием внешних факторов среды, а также противостоять внутренним факторам, включая антропогенное воздействие [3].

При разном составе угодий коэффициент экологической стабильности территории рассчитывается по формуле [2]:

$$K_{\text{эк.ст}} = \frac{\sum K_{1i} P_i}{\sum P_i} K_p, \quad (1)$$

где K_{1i} – коэффициент экологической стабильности угодья i -го вида;

P_i – площадь угодья i -го вида, га;

K_p – коэффициент морфологической стабильности рельефа ($K_p = 1,0$ для стабильных территорий с устойчивыми материнскими породами, $K_p = 0,7$ для нестабильных территорий с песками, оползнями, оврагами). Для Михайловского района данный коэффициент = 1,0.

В табл. 1 приведены коэффициенты экологической стабильности отдельных угодий.

Таблица 1

Коэффициенты для оценки экологических свойств угодий

Наименование угодий	Коэффициент (K_1) экологической стабильности угодья
Леса	1,00
Болота	0,79
Водные объекты	0,79
Сенокосы	0,62
Пастбища	0,68
Пашня	0,14
Залежь	0,70
Многолетние насаждения	0,43
Застроенная территория, дороги	0,0
Прочие земли (пески, овраги, свалки и др.)	0,0

Составлено по: [2].

Используя развернутые годовые формы (отчет) государственного статистического наблюдения по Михайловскому району № 22–1, 22–2, были рассчитаны по формуле (1) коэффициенты для отдельных административно-территориальных единиц (сельсоветов/поссоветов) и района в целом, а также составлена геоэкологическая карта, актуальная на 2024 год (рис. 1).

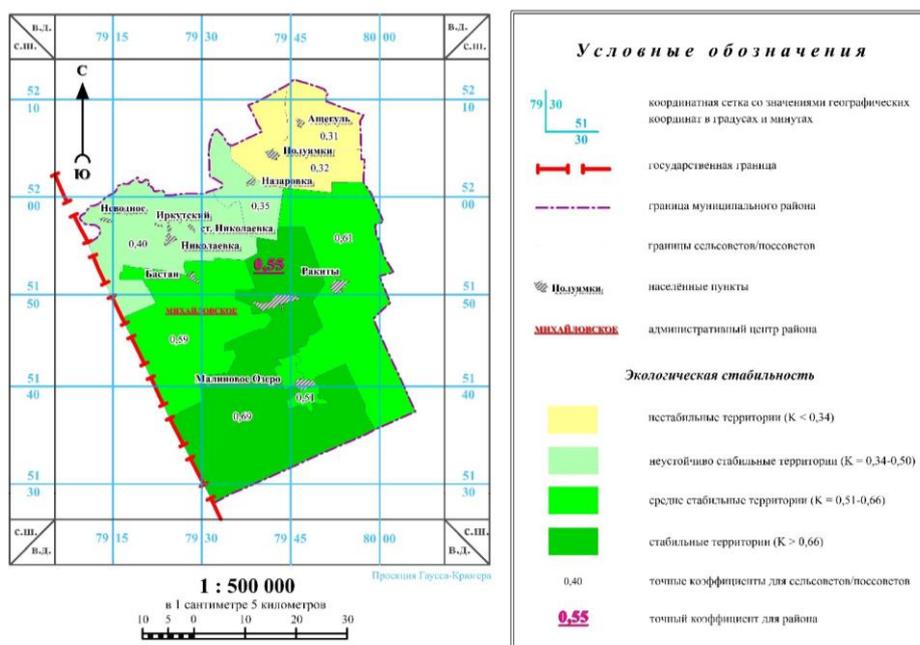


Рис. 1. Геоэкологическая карта экологической стабильности территории

Территория Михайловского района в целом является экологически средне стабильной.

Антропогенная нагрузка на территорию – это степень прямого или косвенного воздействия людей и их хозяйства на природу в целом или на ее экологические компоненты (ландшафты, природные ресурсы и т. д.) [5].

Различным группам земель соответствует различная степень антропогенной нагрузки в баллах. Классификация земель по степени антропогенной нагрузки представлена в таблице 2.

Таблица 2

Классификация земель по степени антропогенной нагрузки

Степень антропогенной нагрузки земель	Балл оценки	Группы земель
Высшая	5	Земли населенных пунктов, земли промышленности и иного специального назначения, земли под застройкой, под дорогами, нарушенные земли
Значительная	4	Пашня
Средняя	3	Сенокосы, пастбища, многолетние насаждения
Незначительная	2	Иные несельскохозяйственные угодья, земли лесного и водного фонда
Низшая	1	Земли особо охраняемых территорий и объектов, залежь, земли запаса

Для расчета антропогенной нагрузки на территорию используется коэффициент, рассчитываемый следующим образом [3]:

$$K_{ан} = \frac{\sum(P_i * B_i)}{\sum P_i}, \quad (2)$$

где P_i – площадь земель с антропогенной нагрузкой, га;

B_i – балл, соответствующий площади с антропогенной нагрузкой.

Рассчитанные по формуле (2) с использованием годовых форм отчетности по району № 22–1, 22–2 коэффициенты позволили составить актуальную на 2024 год геоэкологическую карту (рис. 2).

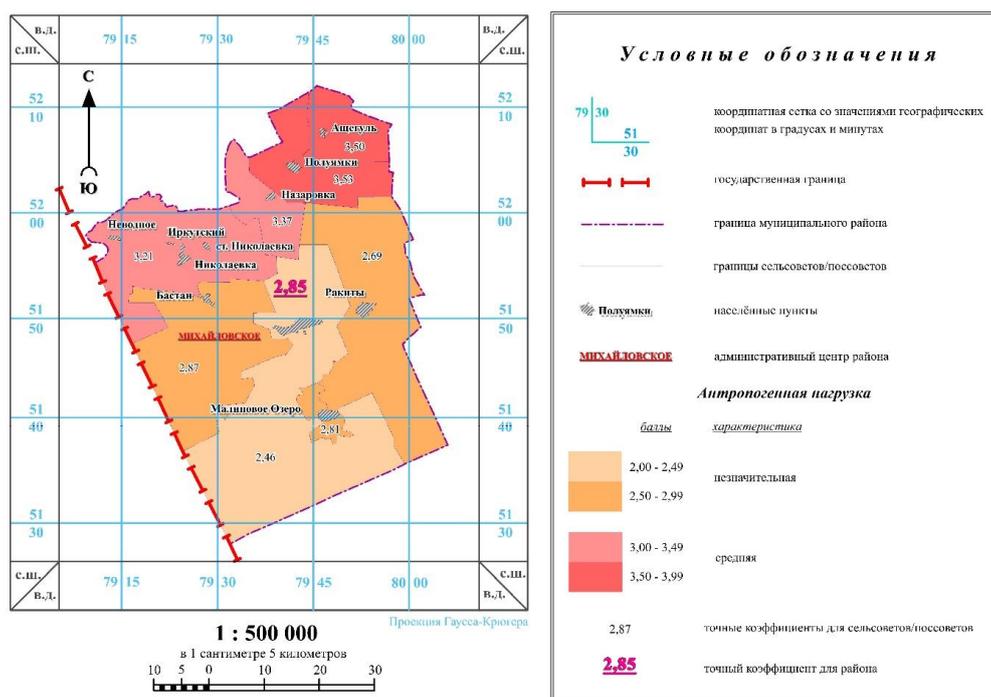


Рис. 2. Геоэкологическая карта антропогенной нагрузки на территорию

Коэффициент для района свидетельствует о незначительной (от 2 до 3), близкой к средней антропогенной нагрузке на территорию.

Заключение. Проведенное исследование на примере территории Михайловского района Алтайского края показывает, что геоэкологическое картографирование позволяет получить объективную, достоверную и наглядную визуальную информацию о состоянии окружающей среды, в том числе и о пространственной дифференциации экологических ситуаций. Геоэкологические карты являются уникальным информационным документом, позволяющим на основе ситуационного анализа не только проводить различного рода исследования, но и давать рекомендации по дальнейшему использованию изучаемой территории, прогнозировать возможное изменение состояния природных и природно-техногенных систем [1].

Библиографические ссылки

1. Абалаков А. Д. Экологическая геология: учебное пособие. Иркутск: Издательство Иркутского государственного университета, 2007. 267 с.
2. Волков С. Н. Землеустройство. Том 2. Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство: учебное пособие. М. : Колос, 2001. 648 с.
3. Глуховская М. Ю. Анализ экологической устойчивости и стабильности региональной территории на примере Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 4 (204). С. 53–61.

4. Геоэкологическое картографирование: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Б. И. Кочуров [и др.]. М. : Издательский центр «Академия», 2009. 192 с.

5. Система оценки и нормирования антропогенной нагрузки для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов: коллективная монография / Под общ. ред. Н. П. Масютенко. Курск : ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2014. 187 с.

6. Трофимов В. Т., Харькина М. А. О содержании и назначении геоэкологических карт [Электронный ресурс] // Инженерные изыскания. 2017. № 1. С. 32-38. URL: <https://istina.msu.ru/publications/article/41964370/> (дата обращения: 15.10.2024).

РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ИЗВЛЕКАЕМЫХ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «НАШИ РЕКИ» В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ф. Н. Лисецкий

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия, fnliset@mail.ru*

Представлены обобщенные данные содержания органического вещества и эссенциальных элементов в отложениях из расчищенных приоритетных участков рек и прудов. Для 85 % отложений с содержанием органического вещества >2 % отмечена в 1,8 раз бóльшая интегральная оценка потенциального плодородия из-за превышения над обедненными органикой отложениями концентраций Mn, Ni, Zn, Mg, P, Cu. Такие отложения рекомендованы в состав органо-минеральных удобрений или мелиорантами при землевании деградированных земель.

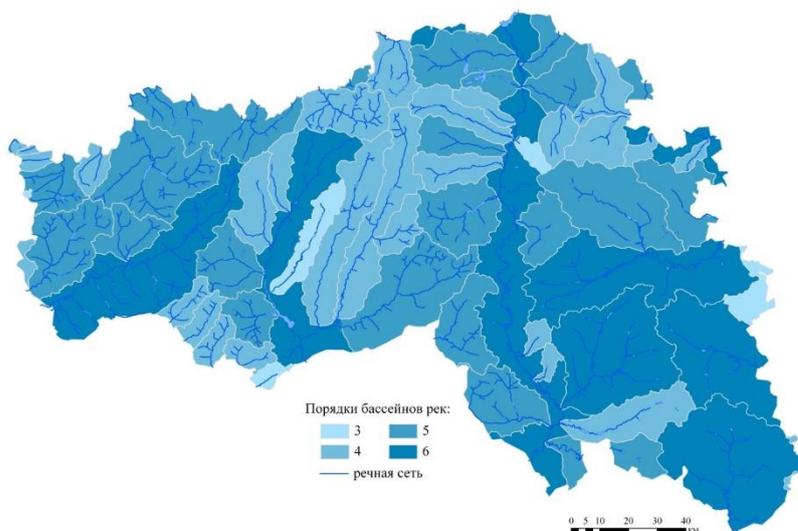
Ключевые слова: донные отложения; малые реки; водные объекты эссенциальные элементы; землевание.

Введение. Белгородская область отличается от других четырех областей Центрального Черноземья наибольшей эродированностью почв, которая приближается к 60 %, а площадь сильно эродированных почв составляет 170 тыс. га. В современных климатических и хозяйственных условиях средние ежегодные темпы смыва почвы на пашне Белгородской области оцениваются в 4,7 т/га [9]. Твердый сток, формируемый на водосборе, из-за селективного действия водной эрозии характеризуется прева-лированием илистой фракции и частиц с меньшей плотностью, которые обогащены органическим веществом (ОВ). При трансформации седиментов в донные отложения участвует большой круг процессов, определяющих жизнь водоемов. Актуальность исследований по этой тематике связана и с экологическими аспектами, так как с твердым стоком происходит миграции тех загрязнителей, которые сорбируются почвенными частицами [8].

При реализации концепции территориальной организации земельного фонда бассейнов малых рек Белгородской области были запроектированы почвоводоохранный каркас землеустройства и защитные сооружения на водосборе для перехвата стока воды и седиментов. Этап внедрения разработанной региональной модели бассейнового природопользования [6], позволивший существенно снизить влияние стока воды и смыва почвы на аккумуляцию седиментов в эрозионных формах рельефа и поймах рек,

создал благоприятные условия для проведения эколого-реабилитационных мероприятий в руслах рек и в доньях водных объектов (прудов и водохранилищ) в связи с их значительным заилением.

Водный кадастр региона включает 600 рек и ручьев, 1200 прудов и водохранилищ. Анализ иерархической упорядоченности бассейновой организации территории оптимален для решения задач по поддержанию экологической устойчивости речной системы, так как замыкающий створ водосбора является фокусом ключевых вещественно-энергетических потоков и выступает информационным интегратором замкнутых миграционных потоков водных масс, гидрохимического и твердого стока. Из 218 речных бассейнов территории Белгородской области на бассейны более высокого порядка, чем четвертый, приходится 24 % количества бассейнов с долей площади 36 % (рисунок). Соответственно, в составе долининной и овражно-балочной сети региона количество водосборов более низкого порядка, чем пятый, является доминирующим и составляет 15993 с длиной флювиальной сети 21 443 км.



Распределение основных бассейновых структур на территории Белгородской области

Необходимость формирования региональной программы оздоровления поверхностных водных объектов определялась полученными оценками постоянной деградации гидрографической сети с началом хозяйственного освоения региона, приведшей к ее сокращению на 38 %. С 2022 г., согласно программе «Развитие водного и лесного хозяйства Белгородской области», была запланирована масштабная расчистка водных объектов, для чего были определены приоритетные для местных сообществ 740 участков рек, прудов, водохранилищ. В 2023 г. в рамках губернаторской программы «Наши реки» расчищено 59 водных объектов, что в 1,6 раза

больше, чем в предыдущем году, а в 2024 г. работами будет охвачено 47 водоемов региона. Поддержание, а в необходимых случаях и обновление природного состояния русел малых рек рассматривается как составная часть мероприятий по улучшению их экологического состояния. Однако обычно рекомендованная технология дноуглубительных работ с применением землесосных снарядов нередко сопровождается экологическими проблемами (снижение потенциала самоочищения реки, трансформация водного режима, активизация процессов миграции экотоксикантов в системе «ил–вода» и др.) [5]. В этой связи надо отметить, что региональная программа оздоровления приоритетных участков русел рек и/или береговой зоны водных объектов ограничивалась лишь расчисткой от жесткой околородной растительности земснарядом Watermaster.

Материалы и методы исследований. Информационная база настоящей работы сформирована по результатам исследования геохимического состава донных отложений в западной и центральной частях Белгородской области. Основной объем полевых и аналитических исследований на реках и водных объектах был выполнен в НИУ «БелГУ» сотрудниками Центра прикладных исследований и геотехнологий и в лабораториях Института наук о Земле. Отбор донных отложений для анализа проводили до глубины 0,5 м в трехкратной повторности. Используя понятие критического содержания гумуса, при котором агрономические свойства уже приближены к свойствам материнских пород, предложен [4] кризисный уровень деградации почвы, которому соответствует содержание гумуса <2,0 %. Полученная выборка химического состава донных отложений была нами разделена на две группы объектов (при содержании ОВ $\geq 2,0$ % и при <2,0 %).

Используя классификацию питательных элементов растений [1], для интегральной оценки качества донных отложений (SQ) были учтены необходимые макроэлементы (Mg, P) и необходимые микроэлементы (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn), а также содержание ОВ. Для расчета интегральной величины качества донных отложений (SQ) использована формула среднего геометрического значения: $SQ = (X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n)^{1/n}$, где $X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n$ содержание макро-и микроэлементов (мг/кг) ($n=7$).

Результаты и их обсуждение. Для всей выборки донных отложений ($n=65$) среднее содержание ОВ (%) составило $\bar{X} \pm t_{05} s_{\bar{X}} = 4,83 \pm 0,65$ ($4,18 \div 5,48$) при сильной вариации (величина коэффициента вариации (V) равна 54 %). При разделении выборки на две разноразмерные группы получены следующие статистические характеристики: при содержании ОВ <2,0 % ($n=10$): $\bar{X} \pm t_{05} s_{\bar{X}} = 1,25 \pm 0,38$ ($0,87 \div 1,63$), $V=43$ %, а при содержании $\geq 2,0$ % ($n=55$): $\bar{X} \pm t_{05} s_{\bar{X}} = 5,48 \pm 0,62$ ($4,86 \div 6,10$), $V=42$ %. Эти две

группы донных отложений отличаются по содержанию всех выбранных питательных элементов растений (таблица), что отразилось и в общей оценке их потенциального плодородия.

Содержание необходимых для растений макро- и микроэлементов по группам донных отложений, различающихся по обогащению ОВ, и оценка их качества (SQ₇)

Содержание ОВ, %	Fe	Mg	Mn	P	Zn	Ni	Cu	SQ ₇
	%	%	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	–
≥ 2,0	2,08	0,77	325,20	440,85	49,66	23,76	21,33	345
< 2,0	1,52	0,52	113,28	289,77	31,32	13,96	13,81	206
Разница	0,56	0,25	211,92	151,08	18,34	9,79	7,51	139

Для сравнения пахотные черноземные почвы Белгородской области содержат в слое 0-25 см ОВ (%) $\bar{X} \pm t_{05} s_{\bar{X}} = 5,65 \pm 0,14$ (4,60÷7,20), V=9,9 % (степная зона) и (%) $\bar{X} \pm t_{05} s_{\bar{X}} = 5,27 \pm 0,104$ (4,10÷5,80), V=9,1 % (лесостепная зона) при снижении содержания на сильноэродированных почвах в 1,8-2,3 раза [7].

По величинам превышения массового содержания питательных элементов растений в донных отложениях, более обогащенных ОВ (в среднем в 4,4 раза) по сравнению с менее обогащенными гумусом (< 2,0 %), можно сформировать следующий ранжированный убывающий ряд: Fe > Mg > Mn > P > Zn > Ni > Cu. Оценка качества донных отложений по семи макро-и микроэлементам (SQ₇) показала, что у донных отложений, которые более обогащены ОВ, она в среднем в 1,7 раза выше по сравнению с обедненными органикой отложениями, а интегральная оценка (с учетом ОВ) (SQ₈) различается у двух указанных групп отложений в 1,84 раза. Ранее [5] было показано, что вне железорудных районов Белгородской области удельный вес наиболее загрязненных донных отложений рек и прудов, которые отражают влияние поверхностного стока с агроландшафтов на водосборах, хозяйственно-бытовых стоков, технологических стоков, составляет 9 %, при этом наибольшие превышения ПДК отмечены для Mn, Cu, Pb.

На техническом этапе рекультивации нарушенных земель одним из приемов становится землевание, которое предполагает нанесение почвы с содержанием ОВ не менее 2 % на спланированную поверхность [3]. Одним из приемов коренного улучшения плодородия сильноэродированных почв в определенных геоморфологических условиях может быть вариант землевания почв, когда реплантами выступают делювиальные почвы в днищах эрозионных форм. Эта ситуация в ландшафтном отношении имеет

сходство с территориальной сопряженностью крутосклонов с руслами малых рек и береговой линией акваторий водных объектов. Поэтому при очистке рек и водоемов и необходимостью релокации донных отложений закономерно обращение внимания на смежные земли, обладающие малой продуктивностью, в том числе из-за проявления почвенных деградаций.

Использованием экологически безопасных донных отложений в составе органо-минеральных удобрений может достигаться сбалансированное соотношение макро-и микроэлементов в малопродуктивных и деградированных почвах, вовлекаемых в активный сельскохозяйственный оборот. Для приготовления органо-минеральных удобрений одним из дополнительных видов сырья служат отложения пресноводных водоемов – сапропели. В их состав входят илистые частицы, обогащенные ОВ, и эссенциальные элементы, которые группируются в три группы полезных и необходимых макро- и микроэлементов [1]. В частности, изучение белорусских сапропелей [2] показало, что они содержат в сухом остатке более 15 % ОВ с долей гуминовых веществ от 38 до 52 % на ОВ в зависимости от типа сапропеля. Максимальные величины содержания ОВ в донных отложениях рек и водных объектов Белгородской области достигали 10,1-10,5 %.

При прямой экскавации донных отложений естественной влажности и перекачки земснарядом извлекаемой пульпы в отстойники создаются технологические условия для последующего приготовления органо-минеральных удобрений. Органо-минеральные удобрения, приготовленные с использованием экологически безопасных донных отложений, являются удобрениями длительного действия и при небольших расстояниях перевозки могут быть эффективны. Особенно могут быть востребованными такие органо-минеральные удобрения при коренном улучшении малопродуктивных деградированных почв, в особенности легкого гранулометрического состава.

Заключение. Среди изученных донных отложений рек и водоемов Белгородской области более 45 % объектов более обогащены ОВ, чем фоновые пахотные почвы региона, и только 15% объектов имели содержание ОВ <2,0 %. Донные отложения, обогащенные ОВ от 2 и более процентов, отличаются от обедненных органикой отложений более высоким (в 1,5-2,9 раза) содержанием питательных элементов растений (прежде всего, по относительному превышению концентраций марганца, никеля, цинка, магния, фосфора и меди). Таким образом, перспективным направлением использования экологически безопасных потенциально плодородных донных отложений из рек и водоемов может стать их применение как

мелиоранта при землевании деградированных земель вблизи гидрографической сети, а также как основы для подготовки различных удобрений (органоминеральных, компостов и т.п.).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2023-0011.

Библиографические ссылки

1. *Битюцкий Н. П.* Микроэлементы высших растений. СПб. : Изд-во СПбГУ, 2011. 368 с.
2. Запасы, состав и свойства сапропелевого сырья БССР для производства удобрений / О. М. Букач [и др.] // Вестник сельскохозяйственной науки. 1986. № 10 (361). С. 41–45.
3. *Голованов А. И., Зимин Ф. М., Сметанин В. И.* Рекультивация нарушенных земель. М. : Колос. 2009, 325 с.
4. *Когут Б. М.* Оценка уровней эродированности черноземов по относительной степени их гумусированности // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2015. № 78. С. 59–69.
5. *Корнилова Е. А., Лисецкий Ф. Н., Родионова М. Е.* Гидроэкологические особенности реки Ворсклы (российский участок) в контексте природно-хозяйственных изменений // Региональные геосистемы. 2023. Т. 47, № 4. С. 550–568.
6. *Лисецкий Ф. Н., Панин А. Г.* Бассейновая концепция природопользования на сельских территориях Белгородской области // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 1. С. 48–51.
7. *Лукин С. В.* Агроэкологическое состояние почв Центрально-Черноземного района. Белгород : Константа-принт, 2023. 372 с.
8. Redistribution of sediment-associated contaminants in the River Chern basin during the last 50 years / V. Golosov [et al.] // Erosion and Sediment Yields in the Changing Environment. IAHS Publ, 2012. No 356. P. 12–19.
9. Variation of Soil Erosion Estimates Based on Different Maps of Cropland in Belgorod Oblast, Russia / A. P. Zhidkin [et al.] // Eurasian Soil Science, 2024. Vol. 57. No. 4. P. 666–676.

АНТРОПОГЕННЫЙ МОРФОЛИТОГЕНЕЗ НА ТЕРРИТОРИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ И ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

Э. А. Лихачева, Л. А. Некрасова

*Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия,
langeomorph@gmail.com, nekrasova@igras.ru*

Антропогенный морфолитогенез на Европейской территории России выражен процессами урбанизации, агро- и техногенеза, которые вызывают изменения ландшафтно-геоморфологических условий, нередко существенные. На основе результатов оценки природной среды разных регионов Центральной России показаны различия и степень их антропогенной трансформации. Рассмотрены природоохранные принципы действующего экологического законодательства Российской Федерации, существующие управленческие рекомендации и правила. Дано обоснование недооценки значения эколого-геоморфологических исследований для решения проблем природопользования. Предложены дополнения к созданию эффективной структуры управления в сфере природопользования с позиций экологической геоморфологии.

Ключевые слова: антропогенный морфолитогенез; трансформация природной среды; рациональное природопользование.

Введение. Как известно, трансформация природной среды определяется степенью освоенности и степенью экономического развития региона. В частности, в результате агрогенного морфолитогенеза снижается экологическая устойчивость природных экосистем. На этих территориях формируется аграрный тип культурных ландшафтов или агрогенных геоморфологических систем [1]. Определенная категория антропогенного рельефа формируется на землях, требующих орошения, мелиорации и других изменений, что выражается спланированными участками, каналами, дамбами, насыпями.

Цель исследования – анализ трансформации природной среды Центральной России, на территории столичного региона РФ и вероятности развития антропогенного морфогенеза. Рассмотрение существующих управленческих законодательных рекомендаций, установлений и возможных путей решения проблем природопользования.

Результаты и их обсуждение. Проведенная нами экспертная геоморфологическая оценка показала, что в целом для территории Центральной России трансформацию природных условий определили процессы урба-

низации, агро- и техногенеза. Современная тенденция развития Центральной России – урбанизация, особенно интенсивно развивающаяся на территориях вокруг областных центров [15]. Тем не менее, по данным статистических отчетов о состоянии окружающей среды регионов за 2011–2023 гг. и научных исследований [2, 5, 15, 18, 22] около 50 % Европейской территории России остаются сельскохозяйственными и подвержены процессам агрогенного морфолитогенеза. Нарушенность пахотных земель (эрозионный смыл до 3–10 т/га и более в год) в различных регионах наблюдается на площади 20–50 % и более.

Антропогенный морфолитогенез привел не только к перестройке и нередко к необратимым изменениям природного ландшафта, но главное, к истощению или уничтожению природных территориальных ресурсов. Возникновение пустошей создает дискомфорт населению, нарушает экологическое равновесие, снижает естественный потенциал территорий.

Нарушенность земель горнодобывающей промышленностью (отвалы, карьеры, хвостохранилища и др.), природно-техногенные деформации ландшафта (оседания, обрушения поверхности и др.), изменение структуры поверхностного стока, сильное изменение пойм и русел рек и др.

Максимальные изменения геоморфологических условий характерны для территорий Московской, Тульской, Курской и Белгородской областей с уменьшением к восточному (Владимирской, Рязанской, Липецкой областям) и западному (Калужской и Брянской областям) направлениям.

На более чем 50 % площади Калужской, Тамбовской, Рязанской, Брянской, Липецкой областей наблюдаются существенные трансформации геоморфологических условий за счет агро-, гидро- и урболитоморфогенеза; более 50 % площади Московской области и агломерации центров областей трансформировано процессами урбоморфолитогенеза; более 50 % площади центральной России – Тульской, Воронежской, Курской, Белгородской областей трансформировано процессами техногенеза.

Геоморфологические процессы, имеющие наиболее негативные геоэкологические и социально-экономические последствия на Европейской территории России – эрозия, подтопление и наводнения. Сравнительный анализ среднесуточных ущербов от эрозии показал, что на долю Европейских регионов приходится до 60–80 % общей суммы ущербов. Максимальные ущербы зафиксированы в сельскохозяйственных регионах: Белгородской, Волгоградской, Саратовской, Курской, Воронежской, Самарской областях и Калмыкии. Суммарный ущерб от наводнений, эрозии и подтопления наибольших размеров достигает в Северо-Восточном регионе (Ленинградская, Псковская, Новгородская области), в Московской, Нижегородской, Самарской, Ульяновской областях, в Татарстане и Башкирии, в Краснодарском крае (до 1,5 млн. у.е./год) [1, 11, 13–15].

На этапе «индустриального» природопользования все чаще рассматривают природопользование как систему охраны и рационального (с позиций современного уровня знаний) использования природных ресурсов. В научной литературе обсуждаются современные направления развития эффективного природопользования. Природосовместимые технологии должны соответствовать природным особенностям и закономерностям территории [15, 8, 9, 19].

Природоохранные принципы закреплены в России действующим экологическим законодательством. Предложено разрабатывать схемы комплексного использования и охраны природных ресурсов на основе регламентирования; требований к землепользователям, предусматривающих сохранение и защиту земель от неблагоприятных экзогенных и техногенных процессов, в том числе от загрязнений, разработки и проведения необходимых мер по мелиорации и рекультивации [17, 20, 21, 23, 24]. Важно, что Земельным кодексом РФ предусмотрено информационное обеспечение государственного земельного контроля за использованием и охраной земель, а также земель особо охраняемых территорий (ЗК, ст. 94); земель рекреационного назначения (ЗК, ст. 98) [6, 7]. Однако в структуре государственного земельного кадастра [24] для оценки земель предусматриваются только некоторые качественные характеристики: плодородие почв, степень их пригодности для различного типа использования с выделением особо ценных природных участков, в том числе оздоровительного, рекреационного, историко-культурного и культурного назначения. В этом перечне не отражена информация о загрязнении почв, качества лесных угодий и земель населенных пунктов. Предложено оценить некоторые геоморфологические характеристики. Но не состояние и не тенденции эволюционного развития рельефа территории. Критерии оценки (в основе которых агропроизводственные свойства почв) относительно хорошо разработаны только для сельскохозяйственных земель. Явными недостатками сложившейся системы оценки земельных ресурсов является отсутствие прогноза как направленного антропогенного морфолитогеоза, так и стихийного природного и природно-антропогенного развития территории.

Наиболее преобразованная часть Центральной России – Московская область. Здесь установлено, что около 17 % территории могут быть отнесены к категории полностью преобразованных, и в то же время лишь 5 % площади области могут считаться не затронутыми такими изменениями [11].

Особо следует отметить состояние лесов Подмосковья, утрачивающих в настоящее время свои защитные свойства, снижается их природоохранный, санитарно-гигиенический и рекреационный потенциал. Леса остро нуждаются в мерах по оздоровлению и приведению в соответствие с их многоцелевым назначением.

Что предлагает законодательство. В Федеральном законе от 30.12.2021 № 475-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» утверждены изменения, направленные на совершенствование механизма государственного управления земельными ресурсами. Согласно положениям Федерального закона, государственный реестр земель сельскохозяйственного назначения представляет собой государственный информационный ресурс, содержащий свод достоверных систематизированных сведений о состоянии земель сельскохозяйственного назначения, об их использовании и иных сведений о землях сельскохозяйственного назначения. Источниками Реестра являются сведения, полученные в ходе государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, включая показатели состояния плодородия и иные сведения о землях сельскохозяйственного назначения. Сведения из реестра предоставляются по запросам в виде паспорта земельного участка из состава земель сельскохозяйственного назначения [16, 24].

Одной из важнейших является проблема неиспользования сельскохозяйственных угодий. По официальным данным, они составляют 28 млн. га, по экспертным – 40–50 млн. га, из них порядка 20 млн. га – пашня. Пока решение проблемы возврата в хозяйственный оборот заброшенных угодий относится только к стимуляции возврата таких земель в оборот [10].

Природопользование – наука об управлении [3, 4] процессами использования материально-энергетических и информационных возможностей природы. Основной задачей является разработка системы мероприятий, направленных на перевод ландшафта в состояние, обеспечивающее исполнение новых социально-экономических функций или существенное повышение эффективности их выполнения, так как с ростом экономики увеличивается ценность территории, но одновременно увеличивается и количество социально-экологических проблем.

В целом, сложившаяся ситуация в сфере рационального природопользования в той или иной мере требует научных исследований (физико-географических и эколого-ландшафтно-геоморфологических), натурных наблюдений о свойствах природных и природно-антропогенных систем. Методы исследований, применяемые в экологической геоморфологии, имеют и общегеографическую, и ландшафтную, и экологическую направленность и при этом базируются на традиционных геоморфологических исследованиях. Региональные эколого-геоморфологические исследования направлены на изучение и оценку условий проживания и хозяйственной деятельности человека: градостроительной, дорожной, лесохозяйственной, рекреационной и др.

Эколого-геоморфологические исследования могут принести определенную практическую пользу, прежде всего, в решении следующих задач:

1) выделение приоритетных направлений использования земель с учетом их природного потенциала, исторически сложившихся (традиционных) хозяйственных функций и, что особенно важно, с учетом их «геоэкологической трансформации». Этим термином мы определяем все глубинные изменения морфолитосистемы (морфоскульптуры) – комплекс изменений формы и содержания (свойств и состава литогенной основы) и процессов функционирования;

2) моделирование, конструирование (создание) инженерно-природной среды – устойчиво равновесной морфолитосистемы и прогнозирование ее развития [2]. Необходимое условие для рационального природопользования – землепользования – составление прогноза – мероприятий опережающего управления. Современные методы обработки данных позволяют представить сценарии развития природных комплексов, предложить систему многопрофильного мониторинга и дать рекомендации по корректировке структуры территориальной организации землепользования с учетом рисков, связанных с режимом использования, определяющим не только его специализацию и эффективность, но порой и его целесообразность.

Управление антропогенной геоэкосистемой осуществляется с целью выявления и устранения причин, нарушающих нормальную жизнь людей. Сюда входят различные аспекты: гигиенические, социальные, технические, инженерные и др. Одним из важных вопросов является контроль за изменяющимися условиями среды и их оценка; проектирование создаваемой среды – согласование пространственных и временных требований общества с возможностями ландшафта (его устойчивостью, площадью, режимом); регулирование баланса поступающих в систему веществ (твердых, жидких, в том числе и загрязняющих); а также задачи четко отлаженных социально-экономических отношений в регионе в целом, и в городе, в частности, – обеспечение водой, энергией, теплом, вывоз и утилизация отходов, ремонт жилья, введение новых технологий и т. д. [12].

Основой управления природопользованием и законодательного регулирования должны быть научные исследования. Можно следующим образом сформулировать правила для создания структуры управления:

– дополнение существующей базы информационного обеспечения историческими материалами, данными об экологических условиях, агроклиматических, почвенно-растительных, гидрогеологических;

– определение приоритетных направлений использования земельных ресурсов;

- оценка территории по степени пригодности для ведения хозяйства с учетом рисков, потребностей и конфликтов землепользования (устраняемых и неустраняемых, преодолимых и непреодолимых противоречий);
- анализ возможных негативных последствий при использовании для населения и существующих народно-хозяйственных объектов, а также оценка возможного ущерба;
- разработка новых технологий по минимизации ущерба и получение наибольшей выгоды/эффективности;
- альтернативные решения: всегда можно найти новые пути развития (с учетом эволюционного развития): база данных → мониторинг (социально-экономический) → выбор приоритетного использования → оценки рисков → мониторинг природных процессов.

Заключение. Стремление к наибольшей эффективности и выгоде от эксплуатации ресурсов определяет развитие новых технологий и новых отношений между природой и человеком, новых путей развития, в основе которых создание такой системы регионального управления, которая не противоречила бы законам природы. Для этого от законодательных указаний необходимо перейти к конкретному делу – исследованию, анализу, оценке и прогнозу развития природного комплекса; рассмотрению существующих и планируемых структур землепользования с целью выбора предпочтительных методов эксплуатации для создания условий беспроblemного функционирования и (как ожидаемое) развития приоритетного природно-территориального комплекса.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания по теме FMWS-2024-0005 (№ госрегистрации темы) 1021051703466-0.

Библиографические ссылки

1. Антропогенная геоморфология / Отв. ред. Э. А. Лихачева, В. П. Палиенко, И. И. Спасская. М. : Медиа-ПРЕСС, 2013. 416 с.
2. Антропогенный морфолитогенез и гипергенез («Ложка дегтя в бочке меда») / Отв. ред. Э. А. Лихачева; ред. С. А. Буланов, С. В. Шварев. М. : Медиа-ПРЕСС, 2022. 224 с.
3. Бакланов П. Я. Территориальные структуры хозяйства в региональном управлении. М. : Наука, 2007. 239 с.
4. Виноградова О. Л. Типология динамики систем природопользования Северо-Запада России и стран Балтии // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2022. Сер. Естественные и медицинские науки. № 2. С. 66–76.
5. Геоморфология городских территорий: конструктивные идеи / Отв. ред. Э. А. Лихачева. М. : Медиа-ПРЕСС, 2017. 176 с.
6. Земельный кодекс Российской Федерации (действующая редакция с комментариями). Глава II. Охрана земель. Статья 12. Цели охраны земель. Статья 13. Содер-

жание охраны земель. [Электронный ресурс]. Земельный Кодекс РФ 2023 с Комментариями. Последняя действующая редакция ЗК РФ (ФЗ №136) с изменениями. URL: <https://stzkrf.ru/> (дата обращения: 29.02.2024).

7. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 23.05.2016) [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_33773 (дата обращения: 27.02.2024).

8. *Кочуров Б. И., Лобковский В. А., Смирнов А. Я.* Эффективность и культура природопользования. М. : РУС-ЛАЙН, 2020. 162 с.

9. *Кочуров Б. И., Черная В. В., Воронин Р. М.* Эволюция системы природопользования и современные направления ее развития // География и природные ресурсы/ 2022. № 3. С. 20–27.

10. *Липски С. А.* Состояние и использование земельных ресурсов России: тенденции текущего десятилетия // Проблемы прогнозирования/ 2020. № 4. С. 107–114.

11. *Лихачева Э. А., Некрасова Л. А.* Оценка антропогенного морфогенеза на территории Московской области / Геоэкологические проблемы Новой Москвы: Сборник научных трудов / Отв. ред. А.В. Кошкарёв, Э.А. Лихачева, А.А. Тишков. М. : Медиа-ПРЕСС, 2013. С. 76–82.

12. *Лихачева Э. А., Тимофеев Д. А.* Экологическая геоморфология: Словарь-справочник. М. : Медиа-ПРЕСС, 2004. 240 с.

13. *Нефедова Т. Г.* Двадцать пять лет постсоветскому сельскому хозяйству России: географические тенденции и противоречия // Известия РАН. 2017. Серия геогр., № 5. С. 8–10.

14. *Некрич А. С., Люри Д. И.* Изменение динамики аграрных угодий России в 1990–2014 гг. // Известия РАН. 2019. Серия геогр., № 3. С. 64–77.

15. Оценка трансформации социально-экономической и природной среды Центрального Федерального округа РФ / Т.Г. Нефедова [и др.] // Инновационные и интегральные процессы в регионах и странах СНГ / Отв. ред. акад. В.М. Котляков. М. : Медиа-ПРЕСС, 2011. С. 48–67.

16. Обзор изменений законодательства за 2022 год. Федеральный закон от 30.12.2021 № 475-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <https://Obzor-izmeneniy-zakonodatelstva-za-2022.pdf> (дата обращения: 24.02.2024).

17. Оценка воздействия на окружающую среду (АльфаЭкоПроект) [Электронный ресурс]. URL: <http://alfa-eko.ru/services/proektirovanie-pri-stroitelstve/prirodoohrannaaya-dokumentatsiya/ovos/> (дата обращения: 25.03.2024).

18. Очерки геоморфологии урбосферы / Отв. ред. Э. А. Лихачева, Д. А. Тимофеев. М. : Медиа-ПРЕСС, 2009. 352 с.

19. *Приваловская Г. А.* Территориальные сочетания ресурсов и экологическая обстановка // Национальный доклад «Стратегические ресурсы России»: Информ.-аналит. материалы. М. : Наука, 1996. С. 74–77.

20. Приложение к Приказу Госкомэкологии от 16 мая 2000 г. № 372. Положение об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации // Юридическая Россия. Федеральный правовой портал. [Электронный ресурс]. URL: <http://law.edu.ru/norm/norm.asp?normID=1263248&subID=100129244.100129245#text> (дата обращения: 24.03.2024).

21. Проблемы прогнозирования. 2020. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://sostoyanie-i-ispolzovanie-zemelnyh-resursov-rossii.pdf> (дата обращения: 27.03.2024).

22. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / Э. А. Лихачева, Д. А. Тимофеев. М. : Медиа-ПРЕСС, 2002. С. 369–375.

23. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 23.03.2024).

24. Федеральный закон «О государственном земельном кадастре» от 02.01.2000 N 28-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_25499/ (дата обращения: 25.03.2024).

ГЕОЭКОЛОГИЯ: РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ

Э. А. Лихачева¹⁾, И. В. Чеснокова²⁾

¹⁾ *Институт географии Российской академии наук, г. Москва, Россия,
likhacheva@igras.ru*

²⁾ *Институт водных проблем Российской академии наук, г. Москва, Россия,
ichesn@rambler.ru*

Термин «геоэкология» утвержден ЮНЕСКО в 1966 году. Активное наполнение термина произошло в 90-е годы прошлого века. Геоэкология – наука междисциплинарная. В статье акцентировано внимание на главных направлениях геоэкологии – предмете исследования в геосистеме и в процессах ее существования и функционирования.

Ключевые слова: геоэкология; теоретические основы; направления исследований.

С 1970-х годов прошлого века начали развиваться научные основы охраны природы и рационального использования природных ресурсов. Социализация природы в науках о Земле привела к тому, что она стала рассматриваться не только и не столько как естественная оболочка планеты Земля, в которой есть жизнь, а как «арена» - «база», где создается антропогенная - «человеческая» среда жизни с заданными условиями. Понятие геоэкологии как науки об условиях «живой природы» (биоценоза/биогеоценоза/экосистемы) все чаще сосредотачивает внимание на человеке, физико-географических, геологических и социально-экономических особенностей его местообитания.

Возникает вопрос о «насыщении» термина – понятия «геоэкология».

1937 год. К. Тролль: ландшафтная экология (экология ландшафтов). Термин введен, чтобы отразить целесообразность объединения двух подходов - «горизонтального», состоящего в изучении пространственного взаимодействия природных явлений и «вертикального», суть которого в изучении взаимоотношений в рамках экосистемы [7].

1966 год. В статье, опубликованной в Известиях АН СССР в 1972 г. Тролль: «...На данном этапе развития науки очень важно заполнить пробел между географическими и биологическими исследованиями с помощью междисциплинарных работ» [9].

Термин «Ландшафтная экология» должен включать в себя два подхода: изучение взаимодействия природных явлений «горизонтально» (собственно науки о ландшафте) и «вертикально» (специфической биолого-экологической науки). В.Н. Сукачев в 1964 г. [6] назвал это

направление исследований биогеоценологией, «что по-видимому идентично термину «ландшафтная экология». Для того, чтобы улучшить взаимопонимание ученых из разных стран, я недавно предложил термин «геоэкология» [9]. Термин геоэкология был утвержден ЮНЕСКО.

На основе анализа существующих определений (в том числе и наших представлений) геоэкология – раздел наук о Земле – система знаний «о законах взаимодействия литосферы и биосферы» [8]; о пространственно-временных закономерностях возникновения, формирования, развития сферы жизни – географической оболочки – биосферы [1,4,5,10]; наука об организованности биосферы [2].

Геоэкологию часто рассматривают как науку, изучающую комплекс проблем, связанных со взаимодействием природы и общества [3].

Активное «наполнение» термина произошло в 1990-е годы. Но в основном внимание было акцентировано на антропогенном факторе [5].

Геоэкология – наука междисциплинарная [9], так как рассматриваются экологические свойства ландшафта (геосистемы): геологические, геоморфологические, гидро-климатические, почвенно-ботанические. Связь геоэкологии с другими науками проиллюстрирована на рисунке 1.



Рис. 1. Схема соотношения геоэкологии с другими научными направлениями

Геоэкология – наука, изучающая сферу жизни, закономерности ее формирования, развития, трансформации, составляющие ее биогеоценозы, в том числе и в историческом (геолого-географическом) аспекте. А также наука о формировании и трансформации условий и ресурсов, необходимых для существования антропосферы и социосферы.

Выделяют четыре главные направления исследований геоэкологии:
 I - история развития и формирования среды жизни – палеогеоэкология;
 II - экзодинамическая геоэкология – геофизика биотехносферы;
 III - геоэкология природопользования;
 IV - геоэкология антропосферы и социосферы – антропогеоэкология.
 Предмет исследования – геоэкосистема и процессы ее формирования, биогенез, биолитогенез, антропогенный и техногенный морфолитогенез (рис.1).

Общая логическая модель формирования и функционирования социосферы представлена на рис. 2.



Рис. 2. Логическая модель формирования и функционирования социосферы

И, наконец, еще один аспект исследования геосистемы, который не рассматривался (или почти не рассматривался) – это трансформация необходимых для существования людей компонентов среды и трансформация организма человека. Это скорее медицинский аспект геоэкологии, который в настоящее время слабо развивается в рамках медицинской географии. Но, вероятно, это направление необходимо присоединить к геоэкологии и тогда можно будет ожидать прорыва в решении задачи «природа здоровья человека».

Библиографические ссылки

1. Айбулатов Н. А., Артюхин Ю. В. Геоэкология шельфа и берегов Мирового океана. Спб. : Гидрометеоиздат, 1993. 304 с.
2. Горшков С. П. Концептуальные основы геоэкологии: учебное пособие. Смоленск : Изд-во Смоленского гуманитарного ун-та, 1998. 448 с.
3. ГЭС – географический энциклопедический словарь. Понятия и термины / Глав. ред. А. Ф. Трешников. М. : «Советская энциклопедия», 1988. 432 с.
4. Кочуров Б. И. Новые геоэкологические и социально-экологические термины и понятия // Проблемы региональной экологии. 1997. № 1. С. 5-69.
5. Лихачева Э. А., Тимофеев Д. А. Экологическая геоморфология: Словарь-справочник. М. : Медиа-ПРЕСС, 2004. 240 с.
6. Основы лесной биогеоценологии / Под ред. В. Н. Сукачева, Н. В. Дылиса. М. : Наука, 1964. 574 с.
7. Охрана ландшафтов. Толковый словарь / Ред. Т. А. Ольсевич. М. : Изд-во «Прогресс», 1982. 272 с.
8. Снакин В. В. Экология и охрана природы. Словарь-справочник / Ред. акад. А. Л. Яшин. М. : Academia, 2000. 384 с.
9. Тролль К. Ландшафтная экология (геоэкология) и биоценология. Терминологическое исследование // Изв. АН СССР. 1972. Сер. геогр., № 3. С. 114-120.
10. ЭЭС – экологический энциклопедический словарь / Отв. ред. В. И. Данилов-Данильян. М. : Изд. дом «Ноосфера», 1999. 930 с.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ РУСЛОВОГО ТИПА

П. С. Лопух, Ю. А. Гледко, О. О. Ровдо

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030,
г. Минск, Беларусь, lopuch49@mail.ru, Hledko@bsu.by, rovdooksana@tut.by*

Актуальность темы исследования обусловлена строительством и вводом в эксплуатацию русловых водохранилищ на р. Западная Двина, Немане, что влечет за собой изменение природных условий на прилегающей территории. Уровень подпора в новых водохранилищах не превышает уровня максимального стока в весенний период. Исследования на водохранилищах, созданных в 50-е годы на территории Беларуси, позволяют установить закономерности взаимодействия водохранилищ руслового типа с окружающей природной средой. Статья посвящена основным проблемам гидрологии водохранилищ, одному из разделов нового научного направления.

Ключевые слова: водохранилище; подпор; экология; заиление; влияние на окружающую среду; взаимодействие с природной средой.

Введение. Многолетние исследования взаимодействия водохранилищ речного типа с окружающей средой позволили установить общие закономерности их взаимодействия с окружающей природной средой, прогнозировать влияние новых водохранилищ на окружающую природную среду. Основой послужили комплексные исследования водохранилищ центральной части Беларуси, проводимые с 50-х годов прошлого столетия. Концептуальной основой взаимодействия искусственных водоемов с окружающей природной средой являются тезисы профессора В.М. Широкова, доработанные П.С. Лопухом.

Первый тезис. При создании водохранилищ происходит локальное изменение географического пространства, в границах которого происходит адаптация искусственного водоема со свойственным ему гидрологическим режимом. Нарушение географического пространства происходит в различных направлениях, главным фактором которых является формирование гидрологического подпора процесса стока (эффект подпора) и подпор подземных вод.

Второй тезис. Одиночные малые водохранилища Беларуси оказывают несущественное влияние на прилегающие территории. Исключение составляют средние по величине водохранилища (например, Вилейское, Заславское, объемом более 100 млн м³), имеющие четкие границы клима-

тического влияния, обусловленные явлением термического бара и, соответственно, бризовой циркуляцией. Малые водохранилища объемом менее 100 млн м³, оказывают суммарное климатическое влияние на окружающую среду.

Третий тезис. В малых водохранилищах наиболее существенные изменения происходят в самих водохранилищах, обусловленные дифференциацией морфологических, морфометрических особенностей ложа, характером заиления и зарастания ложа.

В водохранилищах на локальном уровне формируются разного уровня акваномы (простые, сложные и др.). Они представляют по О.Ф. Якушко, водные урочища. Акваномы как внутриводоемные образования, с характерными особенностями гидрологического режима, отложениями ложа, водной растительностью и гидроклиматом.

Четвертый тезис. В процессе эксплуатации водохранилищ в результате их эволюционного развития происходит трансформация природной среды в соответствии с новыми гидрологическими и инженерно-гидрологическими условиями. Новая гидроэкосистема постепенно вписывается в природную среду, стремясь к равновесному состоянию на качественно новом уровне.

Результаты и их обсуждение. Новые водохранилища, создаваемые на территории Беларуси в последние годы, руслового типа (Неманское, Витебское, Полоцкое) в начале XXI столетия, отличаются минимальным экологическим влиянием на окружающую среду. Полный объем водохранилищ при нормальном подпорном уровне не превышает максимальный уровень воды в естественных условиях в период половодья.

Мониторинг состояния окружающей среды в процессе создания и эксплуатации гидроэлектростанций осуществляется с целью отслеживания экологической и социальной обстановки в зоне влияния гидроэнергетического объекта, сопоставления прогнозной и фактической ситуации, на основе которого принимаются необходимые организационные и/или инженерно-технические решения [1].

В задачу проводимого мониторинга входит также изучение очевидных положительных эффектов гидроэнергетического строительства таких, как его градообразующая роль, развитие на его основе промышленности, комфортных условий жизнедеятельности, рекреаций, водного транспорта и т. п.

С технической точки зрения воздействие на окружающую среду оказывают гидротехнические сооружения и оборудование гидроузлов, в составе которых работает ГЭС, а также элементы природно-технического комплекса, возникшего при создании водохранилищ ГЭС: подпорные сооружения; водопропускные сооружения; водохранилище; нижний бьеф;

водохозяйственный комплекс, возникающий на базе гидроузла и водохранилища; производственная и социально-экономическая инфраструктура, развитая на базе гидротехнического комплекса.

С целью возможного естественного восстановления природной среды необходимы мероприятия, направленные на минимизацию отрицательных последствий и на стабилизацию природного равновесия.

В верхнем бьефе основные мероприятия должны быть направлены на изучение процессов заиления и зарастания ложа, снижению подтопления карьеров «Руба». Особенности гидрологического режима связаны со спецификой уровневого режима водохранилищ и стоковых течений.

Методологические основы получены нами на малых водохранилищах центральной части Беларуси, например, в Осиповичском водохранилище. Разработаны фундаментальные схемы формирования ложа водохранилищ подобного типа.

Для прилегающей территории выявлены закономерности формирования зон подтопления и характерные признаки формирования равновесной береговой линии. Однако, роль стоковых течений, характерных для русловых водохранилищ не выявлены. Изменения микроклимата прибрежной зоны может быть выполнено расчетным путем.

В нижнем бьефе основные изменения природной среды направлены на изменения гидрологического режима реки и трансформации природного ландшафта в целом.

Заключение. С экологической точки зрения после создания водохранилища ГЭС необходим мониторинг эксплуатируемых водохранилища и прилегающих земель, регулярные периодические съемки донных отложений и высшей водной растительности.

При эксплуатации инженерных систем защиты населенных пунктов от затопления и подтопления в будущем необходимо поддерживать их в исправном состоянии для предотвращения их разрушения и причинения ущерба защищаемым населенным пунктам [3].

После строительства гидроузлов Полоцкой и Витебской ГЭС необходимо проводить мероприятия по организации регулярных наблюдений по гидроморфологическим показателям за состоянием реки Западная Двина в нижнем бьефе и в зоне гидроузла ГЭС.

К позитивным последствиям воздействия водохранилищ можно отнести такие факторы, как создание водоохраных зон и прибрежных полос вокруг объектов, способствующих ликвидации и ограничению поступления в водные объекты загрязняющих веществ и улучшающих качество поверхностных вод, создание улучшенных условий для водоснабжения населения, организации новых зон рекреации, планирование и водное

благоустройство территории зоны влияния на природную среду и населенных пунктов.

Библиографические ссылки

1. *Лопух П. С.* Закономерности развития природы водоемов замедленного водообмена: их использование и охрана. Минск : БГУ, 2000. 330 с.
2. *Эдельштейн К. К.* Гидрология водохранилищ. М. : МГУ, 2008.
3. ТКП 17.02-08-2012 Охрана окружающей среды и природопользование. Правила проведения оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и подготовки отчета.

ОЦЕНКА АССИМИЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО СОДЕРЖАНИЮ В ВОДЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ФЕНОЛОВ

Е. Э. Матвеева, А. Б. Китаев

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Россия, kitaevab1953@gmail.com*

В настоящем сообщении представлены материалы по оценке ассимилирующей способности Воткинского водохранилища по содержанию в воде нефтепродуктов и фенолов. Выбор этих компонентов химического состава воды определялся тем фактом, что именно эти вещества являются важнейшими загрязнителями для исследуемого водоема. Ассимилирующая способность оценена за многолетний период времени настоящего столетия (2001-2023 гг.). Материалом для исследования послужили фондовые данные ФГУ «Камводэксплуатации». Анализ материалов дан за характерные по водности годы и основные фазы водного режима водоема по густой сети разрезов в пределах Пермско-Краснокамского промышленного комплекса и по более разряженной сети в остальной части водохранилища. Основной вывод исследования – водоем справляется с поступающим загрязнением нефтепродуктами, чего нельзя сказать про фенолы.

Ключевые слова: водохранилище; химический состав воды; содержание в воде нефтепродуктов и фенолов; ассимилирующая способность водоемов.

Введение. Актуальность исследования определяется тем фактом, что камские водохранилища по-прежнему подвержены сильному антропогенному воздействию. В последнее десятилетие проведены большие мероприятия по снижению этого воздействия, однако говорить о хорошем качестве воды, особенно в районах расположения промышленных комплексов, явно преждевременно.

Цель настоящего исследования – показать, справляется ли Воткинское водохранилище с его загрязнением нефтепродуктами и фенолами в различные по водности годы и в разные фазы режима водоема. Для такой оценки использовано понятие «ассимилирующая способность водоема».

Ассимилирующая способность – максимально возможное количество определенного ингредиента, которое может принять данный водный объект за выделенный период без ухудшения качества воды в соответствии с нормативами, то есть без превышения рыбохозяйственных или санитарно-гигиенических ПДК.

Материалы и методы исследований. Для расчета данного показателя в исследовании принималась первая из отмеченных ПДК, так как

Воткинское водохранилище рыбохозяйственный водоем. Материалом для исследования послужили фондовые данные ФГУ «Камводэксплуатации» за 2001-2023 гг. [3].

Для анализа ассимилирующей способности было решено выбрать среди всего исследуемого периода (2001-2023 гг.) разные годы по водности: многоводный – 2019 г. (P = 4,2%), средние по водности – 2005 г. (P = 54,2 %) и 2018 г. (P = 37,5 %) и маловодный – 2023 г. (P = 95,8 %) .

В настоящее время для оценки средних годовых/среднемесячных/сезонных концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) в речном стоке в основном используются два метода [2]. В одном из этих методов расчетная величина средней годовой концентрации определяется без учета водности, как среднее арифметическое значение по всем измеренным значениям концентраций в i-месяц, то есть:

$$C_{\phi(\text{cp})} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{\phi,i} \quad (1)$$

где: $C_{\phi(\text{cp})}$ – средняя концентрация вещества в рассматриваемой точке контроля;

$C_{\phi,i}$ – i-е значение концентрации вещества в этой точке; n – число значений $C_{\phi,i}$, взятых для определения $C_{\phi(\text{cp})}$.

В представленной работе ассимилирующая способность водного объекта оценивалась в соответствии с рекомендациями, изложенными в Методических указаниях «Расчет региональных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в поверхностных водных объектах» [1]. Ассимилирующая способность определяется по формуле:

$$W_{\text{ac}} = Q_{\text{cp}} \cdot (\text{ПДК} - C_{\phi}) \cdot N_{\text{сек}} / 1000000, \text{ т} \quad (2)$$

где Q_{cp} – средний расход в фоновом створе водного объекта за рассматриваемый период (год, сезон, месяц), м³/с; C_{ϕ} – концентрация ингредиента в фоновом створе водного объекта, средняя за рассматриваемый период (год, сезон, месяц), мг/дм³; $N_{\text{сек}}$ – число секунд в рассматриваемом периоде (год, сезон, месяц).

В формуле (2) Q_{cp} находился с помощью интерполяции между измеренными расходами воды. Так как основным приходным компонентом Воткинского водохранилища является сброс воды с Камской ГЭС, который составляет 95-98 % от общей суммы прихода воды в водоем, а боковая приточность составляет всего 5 %, то большой разницы между величиной сброса воды через Камский гидроузел и в конкретных створах по длине Воткинского водохранилища нет.

Результаты и их обсуждение. Как показал анализ, ассимилирующая способность Воткинского водохранилища при продвижении вниз по течению в многоводный 2019 г. по нефтепродуктам в период весеннего наполнения достаточно равномерно распределена в пределах промышленных комплексов (от 145 до 170 т/сезонов). В створе г. Оханск и с. Елово способность водоема принимать нефтепродукты возрастает до 670 т/сезон, а уже в г. Чайковском эта способность уменьшается до 400 т/сезон. В период летне-осенней стабилизации уровня воды значения ассимилирующей способности возрастают (в пределах промышленных комплексов от 230 до 450 т/сезон; в г. Оханске и ниже по течению от 1069 до 1627 т/сезон). В фазу зимней сработки водоема количество нефтепродуктов, которое может принять в себя водохранилище почти в два раза меньше, чем в предыдущий период. В многоводные годы ассимиляция фенолов от плотины Камской ГЭС и до 1 км ниже п. Усть-Нытва происходит не может, а ниже г. Оханска может успешно ассимилировать фенол до 16 т/сезон в период весеннего наполнения, до 14 т/сезон в летне-осеннюю стабилизацию и до 5 т. в зимнюю сработку водоема.

В маловодный 2023 г. может происходить ассимиляция нефтепродуктов вне зависимости от сезона. Так во время весеннего наполнения у плотины Камской ГЭС способность принимать нефтепродукты без нарушения норм качества воды равнялась 453 т/сезон, далее вниз по течению до створа п. Нижние Муллы ассимилирующая способность увеличивается, а еще ниже происходит значительное уменьшение ассимиляции. Уже в г. Чайковском (почти у плотины Воткинской ГЭС) ассимилирующая способность достигает отрицательного значения. В период летне-осенней стабилизации и зимней сработки ассимиляция происходит неравномерно, но на всех анализируемых постах есть способность принимать нефтепродукты без нарушения норм качества воды. Ассимиляция фенолов в маловодный год в период летне-осенней стабилизации по длине всего водохранилища невозможна. Это связано с значительным превышением ПДК этого загрязняющего вещества. Во время зимней сработки ассимиляция имеет неравномерный характер: у плотины Камской ГЭС способность принимать фенолы составляет 3,15 т/сезон, у д. Чирки – 1,61 т/сезон, в створе г. Краснокамска – 1,62 т/сезон, у г. Оханск – 1,65 т/сезон, с. Елово – 3,31 т/сезон и в г. Чайковский – 1,66 т/сезон.

Ассимиляция нефтепродуктов средние по водности годы немного отличается от многоводных лет. Например, в 2005 г. водохранилище может принимать нефтепродукты без нарушения норм качества воды в 5 створах в период весеннего наполнения (от 67 до 407 т/сезон), в 9 створах в фазу летне-осенней стабилизации уровня воды (до 229 т/сезон) и в зимнюю сработку на всех створах. При продвижении вниз по течению ассимилирующая способность по нефтепродуктам увеличивается до г. Краснокамска, а, ниже по течению начинает уменьшаться до г. Оханска, а после него снова

увеличивается. В 2018 г. водохранилище способно было принимать нефтепродукты от 50 до 530 т/сезон в период весеннего наполнения, от 200 т/сезон до 1,05 т/год в летне-осеннюю стабилизацию уровня воды, и от 70 и до 440 т/сезон – в зимнюю сработку водоема. Фенолы в 2005 и 2018 гг. почти на всех створах водоем принимать не может. Исключением стал створ у г. Оханска в период весеннего наполнения (2005 г. – 15 т/сезон, 2018 г. – 13 т/сезон), а также створ у с. Елово (в период зимней сработки – 5 т/сезон) и створ г. Чайковский в 2018 г. (во время весеннего наполнения – 6,8 т/сезон, зимней сработки – 2,6).

Заключение. 1). Анализ ассимилирующей способности показал, что Воткинское водохранилище может успешно принимать нефтепродукты до 520 т/сезон во время весеннего наполнения, до 575 т/сезон в летне-осеннюю стабилизацию и до 265 т/сезон в период зимней сработки водоема даже в самый маловодный год. Потенциальная вместимость водохранилища достаточно велика в многоводные годы, когда ассимиляция может достигать до 1627 т/сезон (период летне-осенней стабилизации 2019 г. в г. Чайковский). В средние по водности годы ассимиляция нефтепродуктов абсолютно неравномерная. Это хорошо доказывает, что содержание нефтепродуктов в первую очередь зависит от антропогенного фактора. 2) Ассимиляция фенолов в водохранилище на большинстве створов не может происходить. Это связано с тем, что водохранилище очень сильно подвержено загрязнению ими. 3) Анализ показал, что ассимилирующая способность водоема очень неравномерна в течение года. Больше всего нефтепродуктов можно сбросить в период весеннего наполнения водоема, меньше всего – в период его зимней сработки. А от сбросов фенолов в реку Каму лучше воздержаться.

Библиографические ссылки

1. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. Утверждены приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 12.12.2007 № 328. М. : МПР Российской Федерации, 2008. 80 с.

2. Справочник по гидрохимии / Под ред. А. М. Никанорова. Л. : Гидрометеиздат, 1989. 391 с.

3. Фондовые материалы ФГУ по эксплуатации Камского и Воткинского водохранилищ «Камводэксплуатация» за период наблюдения 2001-2023 гг. биосферная роль, биоразнообразие, экологические риски. Материалы международной конференции. Красноярск, 16–20 сентября 2024 г. Красноярск : ИЛ СО РАН, 2024. С. 12-13.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОЗДУХА МИНСКА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПИГМЕНТЫ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, КАК КЛЮЧЕВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ФОТОСИНТЕЗА

В. В. Махнач

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, mahnachv@bsu.by

Статья посвящена исследованию экологического состояния воздуха в Минске и его влиянию на пигменты хвои обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*), которые играют ключевую роль в процессе фотосинтеза. В ходе исследования анализируются уровни загрязняющих веществ в атмосфере города и их воздействие на содержание хлорофилла и каротиноидов в хвое. Результаты показывают, что ухудшение качества воздуха негативно сказывается на фотосинтетических процессах, что может привести к снижению жизнеспособности городских экосистем. Данное исследование подчеркивает важность мониторинга экологической ситуации для сохранения здоровья зеленых насаждений и устойчивости экосистем.

Ключевые слова: экологическое состояние воздуха; Минск; пигменты хвои; фотосинтез; загрязнение окружающей среды; хлорофилл; каротиноиды.

Введение. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*), являясь важной частью городской экосистемы Минска, играет ключевую роль в поддержании биологического разнообразия флоры города. Эти растения не только обеспечивают укрытие и пищу для различных животных, но и активно участвуют в процессе фотосинтеза, преобразуя солнечную энергию в кислород и органические вещества, что особенно важно для городских условий.

Пигменты, содержащиеся в хвое сосны, такие как хлорофилл и каротин, способствуют эффективному поглощению света и защите растений от стресса, вызванного загрязнением и изменениями в экосистеме. Хлорофилл отвечает за фотосинтетические процессы, а каротин помогает растениям адаптироваться к условиям городской среды. Изучение пигментов хвои сосны обыкновенной в контексте Минска не только углубляет наше понимание фотосинтеза, но и подчеркивает значимость этих растений для устойчивости городской экосистемы и здоровья ее жителей.

Материалы и методы исследований. Фактический материал для исследования был получен в результате комплекса биоиндикационных наблюдений, самостоятельно осуществленных автором в 2022-2023 гг. в

районах г. Минска, отличающихся различной урбоэкологической нагрузкой. Объект наблюдений хвоя сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*), собранная в различных частях города.

Обследовано 500 деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*), лабораторной изучено 1600 проб. Лабораторное исследование проводилось в учебной лаборатории геоэкологических исследований БГУ. Для точности взвешивания использовались аналитические весы Ohaus PA214. Для анализа определения содержания хлорофилла *a*, *b* и *a+b* и каротиноидов *b* использовался спектрофотометр PV 1251 (Госреестр СИ РБ № 14324 с действующим сертификатом). В качестве растворителя и контроля использовался чистый спирт (96 %). Для нейтрализации клеточного сока использовался карбоната кальция (CaCO₃ ОСЧ). Подробности методики и анализа описаны в работе под авторством Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. 2003 [1], Хайрулина Т.П., 2015 [2, с. 101-105]. Сбор хвои для спектрометрии проводился в феврале-марте 2023 года.

Результаты и их обсуждение. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*) является одним из распространенных видов деревьев в Беларуси, включая Минск. Она хорошо адаптируется к различным условиям и играет важную роль в экосистемах. Сосна занимает лидирующее место в насаждениях лесных массивов внутри Минска, парков и вдоль Минской кольцевой автодороги.

Сосны эффективно очищают воздух, поглощая углекислый газ и выделяя кислород за счет большой площади кроны. Они также задерживают пыль и другие загрязняющие вещества. Также сосны создают среду обитания для различных видов животных и растений, способствуя поддержанию биоразнообразия в городских лесах и парках.

Сосна обыкновенная относительно устойчива к загрязнению воздуха, что делает ее подходящим деревом для посадки в городских условиях. В Минске сосны часто используются в озеленении парков и скверов, что способствует улучшению качества жизни горожан. Несмотря на свои преимущества, сосны могут страдать от заболеваний, вызванных вредителями и грибами, особенно в условиях городской среды с высоким уровнем стресса.

Пигменты хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) играют важную роль в процессе фотосинтеза и защите растения от стресса. Основные пигменты, содержащиеся в хвое сосны, включают: хлорофиллы (*a* и *b*), каротиноиды и антоцианы.

К основной функции пигментов относятся: фотосинтез: хлорофиллы (*a* и *b*) поглощают свет для синтеза органических веществ; защита: каротиноиды помогают защищать клетки от повреждений, вызванных избытком света и окислительным стрессом; устойчивость к стрессам: пигменты

могут играть роль в адаптации сосны к неблагоприятным условиям, таким как засуха или низкие температуры. Хлорофилл *a* более распространен и поглощает свет в красной и синей областях спектра.

Хотя антоцианы не являются основными пигментами хвои, они могут присутствовать в некоторых случаях и придавать хвое красноватый оттенок. Эти пигменты также защищают растения от ультрафиолетового излучения.

Фотосинтетическая эффективность сосны обыкновенной зависит от соотношения различных пигментов и условий окружающей среды.

В условиях высокой освещенности сосна может увеличивать содержание каротиноидов, что помогает снизить риск фотодеструкции. Это позволяет растению эффективно использовать солнечную энергию без ущерба для здоровья.

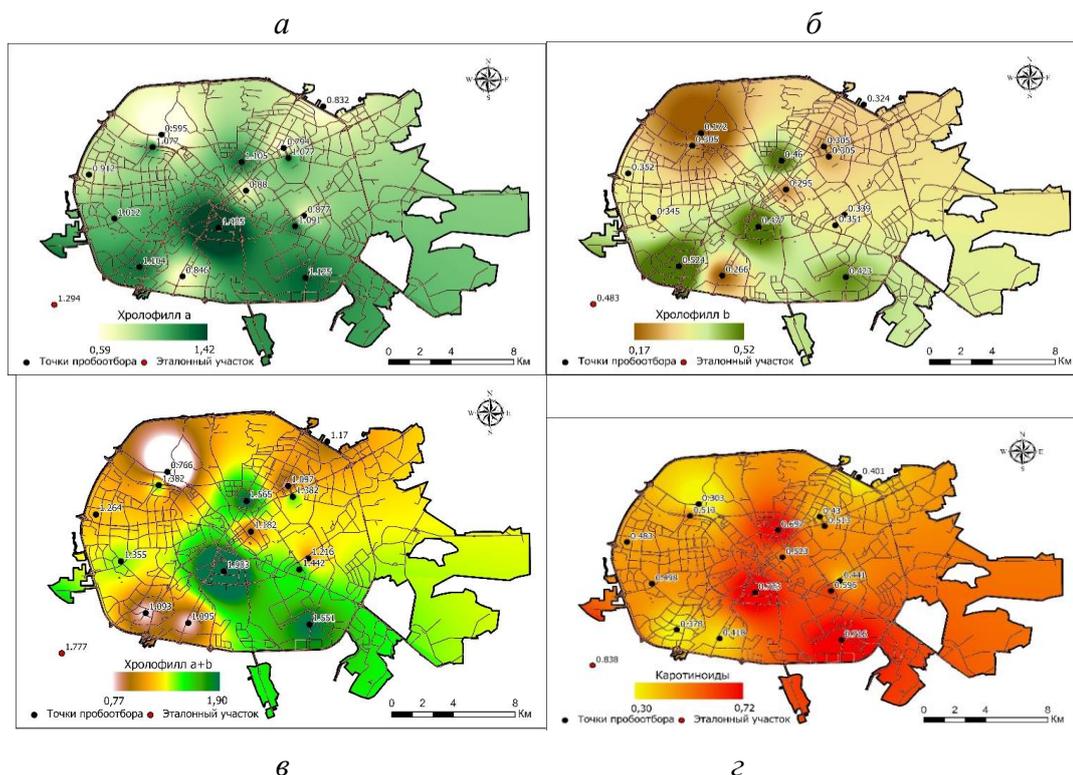
Хлорофиллы и каротиноиды также играют важную роль в адаптации к температурным изменениям. При высоких температурах сосна может изменять свои фотосинтетические пути, что позволяет ей сохранять эффективность фотосинтеза даже в стрессовых условиях.

Пигменты хвои сосны обыкновенной способствуют ее выживанию в различных экосистемах. В условиях ограниченного водоснабжения сосна может увеличивать содержание каротиноидов, что помогает защитить клетки от окислительного стресса и способствует удержанию влаги. Антоцианы, хотя и менее распространены, могут защищать хвою от вредного воздействия ультрафиолетового света, что особенно важно для растений, растущих на открытых пространствах. Пигменты также помогают сосне адаптироваться к различным почвенным условиям. Например, в бедных питательными веществами почвах сосна может оптимизировать свои фотосинтетические процессы для максимального использования доступных ресурсов.

При анализе карт-схем содержания пигментов (рисунок) видно, чем ближе к источнику загрязнения, тем больше падает количество содержания пигмента. На территории города Минска, видны места антропогенного преобразования (Парк имени 900-летия города Минска, бульвар Толбухина, лесопарк «Зеленый Луг»), принято считать, что в идеале соотношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* должно находиться в соотношении 1:2. Наблюдается уменьшение содержания не только хлорофилла *a*, но и хлорофилла *b*, по сравнению с эталонным участком д. Озерцо.

Полученные данные об изменениях отношений основных групп фоторецепторных пигментов свидетельствуют о воздействии атмосферного загрязнения на биосинтез пигментов. Главной причиной снижения содержания хлорофиллов в присутствии тяжелых металлов является подавление их синтеза, связанное в первую очередь с непосредственным

действием металлов на активность ферментов биосинтеза. Кроме того, нарушение синтеза хлорофилла в присутствии тяжелых металлов может быть вызвано вытеснением ими ионов Mg^{2+} из молекулы хлорофилла. Некоторые металлы, например, Cu , в больших концентрациях замедляют связывание молекул хлорофиллов с белками в светособирающих комплексах фотосистем. Кроме того, известно, что тяжелые металлы способны изменять функционирование мембран хлоропластов и ингибировать работу белков фотосистемы.



Карты-схемы содержание пигментов в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в г. Минске:

a – содержание хлорофилла *a*; *б* – содержание хлорофилла *b*;
в – содержание хлорофилла *a+b*; *г* – содержание каротиноидов

Следует отметить, что изменение содержания хлорофилла *a*, хлорофилла *b*, их суммарного количества и концентрации каротиноидов по мнению некоторых авторов находится в корреляции с изменением концентрации углекислого газа в атмосфере. Известна зависимость содержания пигментов хвои, в частности хлорофилла, от температуры почвы и других почвенных характеристик [3].

Вышеизложенные данные осложняют сравнительный анализ пигментации хвойных и требуют привлечения методов контроля и иных биоиндикаторов.

Заключение. Экологическое значение пигментов сосны обыкновенной невозможно переоценить. Они не только способствуют эффективному фотосинтезу, но и обеспечивают адаптацию растения к различным условиям окружающей среды. Понимание этих процессов имеет важное значение для сохранения экосистем и управления лесными ресурсами. Сосна обыкновенная, благодаря своим уникальным пигментам, продолжает оставаться важным компонентом многих экосистем, обеспечивая устойчивость экосистем и выступает важным биоиндикатором в геоэкологических и биогеографических исследованиях.

Библиографические ссылки

1. *Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В.* Большой практикум по фотосинтезу: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 510600 «Биология» и специальностям 011600 «Биология», 012000 «Физиология» / Под ред. проф. И. П. Ермакова. М. : Издательский центр «Академия», 2003. 256 с.

2. *Хайрулина Т. П.* Лабораторный практикум по методам экологических исследований: учебное пособие. Благовещенск : ДальГАУ, 2015. 143 с.

3. Островные боры Южного Урала и Зауралья в контексте климата и геоморфологических условий. // Л. И. Агафонов [и др.] // Лесные экосистемы бореальной зоны: биосферная роль, биоразнообразие, экологические риски. Материалы международной конференции. Красноярск, 16–20 сентября 2024 г. Красноярск : ИЛ СО РАН, 2024. С. 12-13.

ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОСВОЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ПРИБРЕЖНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Т. К. Музыченко, В. Н. Бочарников, М. Н. Маслова

*ФГБУН Тихоокеанский институт географии, г. Владивосток, Россия,
muzychenko.tk@gmail.com*

Отток населения российского Дальнего Востока в другие регионы обуславливает необходимость анализа пространственной структуры освоения данных территорий. Для оценки освоенности взята территория в радиусе 50 км от избранных населенных пунктов. Выявлено, что наиболее освоены территории поселений южной части изучаемой территории, а в северной части экстремальные природные условия затрудняют данный процесс.

Ключевые слова: Российский Дальний Восток; прибрежные территории; антропогенная нарушенность; индекс естественной защищенности; данные дистанционного зондирования.

Введение. Депопуляция регионов российского Дальнего Востока (РДВ) является хорошо известной, но пока еще не решенной проблемой [4, 5]. Современная демографическая обстановка затрудняет осуществление перспектив экономического роста [2].

Теоретическим обоснованием при написании статьи послужили идеи академика П.Я. Бакланова о потенциале, структуре и интегральных оценок поселений [1]. В концептуальном плане следует отметить, что для эффективного экономического развития РДВ необходимо оценить потенциал существующих поселений в контексте состоявшегося экономико-хозяйственного освоения данной территории. Необходимо обратить особое внимание на прибрежные поселения, способствующие динамичному развитию территории за счет наличия морского природно-ресурсного потенциала и выгодного транспортно-географического положения.

Целью настоящей работы является рассмотрение и пространственный анализ систем расселения и хозяйственной деятельности на территории РДВ. Для достижения цели необходимо было выбрать модельные поселения и их рассмотрение с помощью следующих методов и данных: картографирование землепользования в пределах условных зон влияния модельных территорий, расчет пространственных градиентов показателей эколого-хозяйственного баланса (ЭХБ) и плотности дорожной сети.

Материалы и методы исследований. С целью оценки потенциала поселений, вокруг каждого из вышеперечисленных поселений была построена окружность радиусом в 50 км. Данный радиус был предложен академиком П.Я. Баклановым, как условная зона экономического и природного воздействия поселения. В его пределах проведено картографирование землепользования с использованием данных дистанционного зондирования – мультиспектральных снимков с космических аппаратов Sentinel-2 и Landsat 8 за 2020-2022 гг. – рассчитана плотность дорог, подразделенных на три категории – дороги с покрытием, дороги без покрытия и железные дороги.

Модельные районы были предложены академиком П.Я. Баклановым, как условная зона экономического влияния и природного воздействия поселений: г. Владивосток, пгт. Славянка, с. Рудная Пристань в Приморском крае; группа поселений Советская Гавань – Ванино (г. Советская Гавань, пос. Ванино, пос. Монгохто, пос. Заветы Ильича, пос. Лососина, пос. Гатка, пос. Майский и пос. Октябрьский) в Хабаровском крае; г. Корсаков в Сахалинской области; г. Магадан в Магаданской области; г. Петропавловск-Камчатский в Камчатском крае; и г. Анадырь в Чукотском автономном округе.

Согласно классификации Б. И. Кочурова [3], каждый тип землепользования был экспертным образом оценен по 6-балльной шкале антропогенной нагрузки (АН): леса, кустарники, скальные обнажения, водные объекты (для г. Анадыря также луга) – 1 б.; луга – 2 б.; заброшенные сельскохозяйственные угодья и рисовые чеки – 3 б.; сельскохозяйственные земли и рубки – 4 б.; рисовые чеки – 5 б.; застроенные земли и карьеры – 6 б.

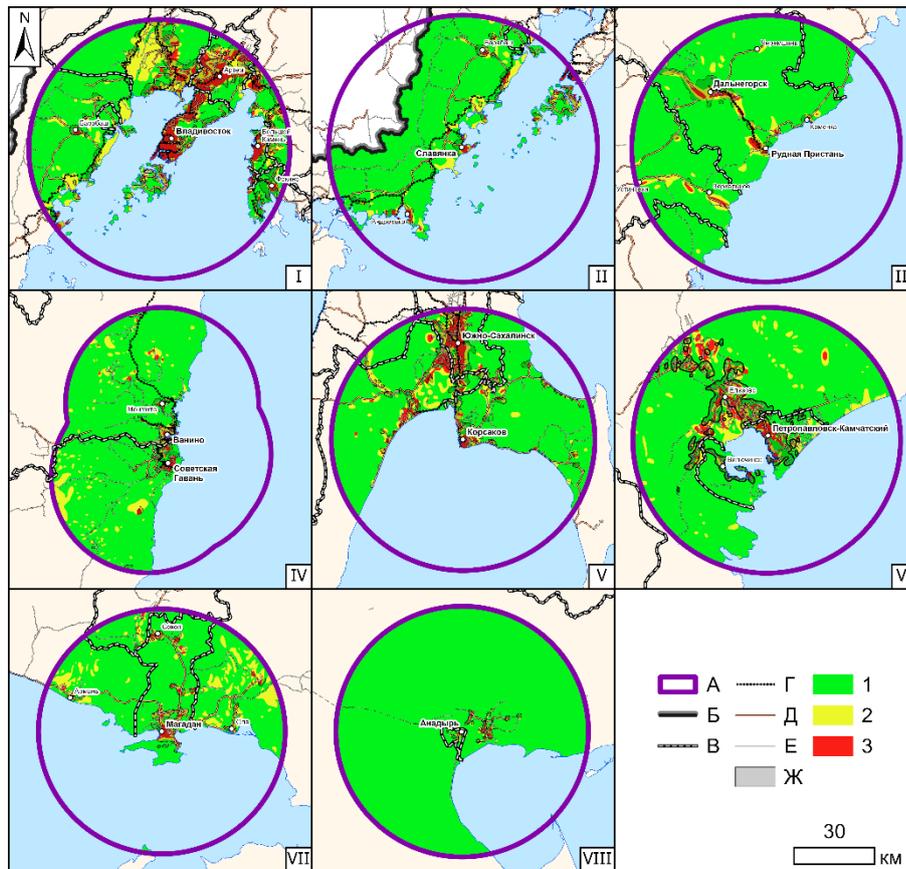
В качестве индикационного показателя ЭХБ был избран коэффициент естественной защищенности (КЕЗ), отражающий долю земель со средостабилизирующими функциями от общей площади территории. Величина данного показателя менее 0,5 свидетельствует о критически низком уровне защищенности территории.

Для отображения изменения показателя в пространстве, авторы поделили исследуемые области на клетки размером 1 на 1 км – что соответствует минимальному масштабу, для которого осуществлялось картографирование (1:100 000). Для каждой клетки было рассчитано значение КЕЗ и присвоен ранг антропогенной преобразованности, на основе чего было выполнено зонирование территории. На данное зонирование была наложена условная схема проживания постоянного населения, выполненная на основе растровых данных LandScan HD для Российской Федерации, и дорожная сеть.

Результаты и их обсуждение. В результате картографирования землепользования и расчета пространственных градиентов изменения ЭХБ в пространстве были построены схемы геоэкологического зонирования,

вместе с местами размещения постоянного населения и дорожной сетью для всех восьми рассматриваемых модельных прибрежных поселений (рисунок).

Более половины площади зоны влияния г. Владивостока интенсивно преобразованы человеком. Город Владивосток является главным экономическим центром Дальневосточного федерального округа. Наземные пути сообщения связывают г. Владивосток с соседними центрами концентрации населения, а также с соседними муниципальными районами. Дорожная сеть отличается наибольшей плотностью на полуострове Муравьева-Амурского и на востоке рассматриваемой зоны влияния.



Геоэкологическое зонирование прибрежных поселений РДВ:

I – Владивосток, II – Славянка, III – Рудная Пристань, IV – Ванино и Советская Гавань (также Монгохто, Заветы Ильича, Лососина, Гатка, Майский и Октябрьский), V – Корсаков, VI – Магадан, VII – Петропавловск-Камчатский, VIII – Анадырь;

A – граница зоны воздействия поселения (радиус 50 км), Б – государственная граница, В – границы муниципальных единиц, Г – железные дороги, Д – дороги с покрытием, Е – дороги без покрытия, Ж – места проживания постоянного населения;

1 – высокий уровень антропогенной нарушенности ($K_{EZ} < 0,5$), 2 – средний ($K_{EZ} = 0,5-0,8$), 3 – низкий ($K_{EZ} > 0,8$)

Пространственные особенности хозяйственной освоенности пос. Славянка представлены на рис. 2-II. Все освоенные и заселенные территории располагаются на побережье, а дорожная сеть неплотная, особенно во внутренних гористых районах. Стоит отметить, что в зоне воздействия поселка находится территория Китая. Однако, она была исключена из анализа по причине отсутствия наземного сообщения между двумя государствами непосредственно в пределах зоны влияния.

Окрестности с. Рудная Пристань (рис. 2-III) отличаются относительно низкой степенью освоенности. Лишь 4,6 % от зоны влияния заселено.

Город Советская Гавань и пос. Ванино, вместе с пос. Монгохто, Заветы Ильича, Лососина, Гатка, Майский и Октябрьский (рис. 2-IV), образуют единую сеть населенных пунктов. Большая часть территории характеризуется слабой хозяйственной освоенностью.

Город Корсаков вместе с зоной влияния отображен на рис. 2-V. Хозяйственное освоение сосредоточено вокруг Южно-Сахалинска и Корсакова, а также вдоль дорожных путей и побережий. Заселено 12 % рассматриваемой территории.

Петропавловск-Камчатский представлен на рисунке 2-VI. Освоенные ареалы соединены дорогами. Постоянное население проживает на 12 % территории.

Город Магадан представлен на рисунке 2-VII. Примечательно, что зоны интенсивного освоения расположены на отдалении друг от друга, в отличие от других модельных поселений. Постоянное население проживает на 5,5 % территории.

Схема для г. Анадырь изображена на рисунке 2-VIII. В пределах зоны влияния постоянно заселен только 1 % территории, где и наблюдаются признаки хозяйственного освоения. Дорожная сеть отличается минимальной плотностью.

Для административно-территориальных субъектов модельные поселения являются центрами социально-экономического развития. В целом, при сравнении модельных поселений и их территориального окружения наибольшее развитие показали территории, расположенные в южной части РДВ (Приморский и Хабаровский края и Сахалинская область). Здесь, благодаря сравнительно благоприятным природно-климатическим условиям, более развита транспортная инфраструктура, выше плотность освоенных территорий и численность населения.

Северные территории (Магаданская область, Камчатский край и Чукотский автономный округ) из-за экстремальных природно-климатических условий отличаются очаговым освоением и низкой развитостью транспортной сети.

Заключение. По результатам пространственного анализа, наибольшая доля максимально антропогенно преобразованных территорий наблюдается в зоне влияния г. Владивостока. Природно-климатические условия данной территории являются наиболее благоприятными в РДВ.

Минимально использована зона влияния г. Анадыря, расположенного в северной части РДВ. Здесь наблюдаются экстремальные природно-климатические условия, которые привели к слабому развитию транспортной инфраструктуры.

Территории всех прибрежных поселений РДВ крайне разнородны по экономико-географическому положению и степени хозяйственной освоенности. Наиболее освоены территории модельных поселений, расположенных в южной части РДВ, благодаря более благоприятным природно-климатическим условиям.

Библиографические ссылки

1. *Бакланов П. Я.* Поселение как целостный объект интегральных географических исследований // Вестник Московского университета. 2021. Серия 5. География, № 4. С. 3–11.

2. *Ваганова О. В., Коньшина Л. А.* Оценка инвестиционной привлекательности регионов РФ // Экономика устойчивого развития. 2021. № 1. С. 34–38.

3. *Кочуров Б. И.* Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск : СГУ, 1999. 154 с.

4. *Соболева С. В., Смирнова Н. Е., Чудаева О. В.* Потенциал восточных регионов страны в преодолении депопуляции // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. 2020. № 3-1. С. 819–825.

5. *Феоктистова Н. И.* Факторы, влияющие на депопуляцию населения Дальнего Востока // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 66-3. С. 53–60.

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕГИОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АО «КАРЕЛЬСКИЙ ОКАТЫШ»

М. Г. Опекунова, А. Р. Никулина

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия,
m.opkunova@mail.ru*

В зоне воздействия АО «Карельский окатыш» и в Костомукшском заповеднике (республика Карелия) изучен радиальный прирост *Pinus sylvestris*, химический состав, рН и потери при прокаливании почв. Лимитируют приросты сосны среднегодовое количество осадков, температура воздуха июня и июля текущего года, температура сентября предыдущего года; рН и содержание органического вещества в почвах. Уменьшению радиальных приростов способствует загрязнение окружающей среды Fe, Mn, Cr, Ni, V, Ti, Cu, Zn, Cd.

Ключевые слова: радиальный прирост; горнорудное производство; металлы; морфологические отклонения; загрязнение; годовые кольца; почвы.

Введение. АО «Карельский окатыш» с 1982 г. разрабатывает Костомукшское месторождение железистых кварцитов, которое является крупнейшим по запасам на Северо-Западе России. Предприятие перерабатывает ежегодно около 24 млн т железных руд, выпускает 11,054 млн т обогащенных железных окатышей [6]. Для диагностики трансформации окружающей среды под воздействием горнорудного производства широко используются методы биоиндикации и биогеохимии [3-5, 8].

Материалы и методы исследований. В июне 2023 г. на 63 станциях мониторинга (СМ) проведены геоэкологические исследования на площадках вблизи АО «Карельский окатыш» (контроль) и в Костомукшском заповеднике (фон) [3, 4]. Пробы почвы отобраны из органогенного и иллювиального горизонтов в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017, ГОСТ 17.4.4.02-2017. На 27 СМ отобрано 69 древесных кернов *Pinus sylvestris* L., соответствующих 138 древесным радиусам. Обработка данных представлена для индексов приростов std [2]. Валовое содержание металлов (Mn, K, Sc, V, Sr, Fe, Cr, Co, Cu, Ni, Zn, Cd, Ba, Pb, Ti) в почвах определено методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ISP-MS) на приборе «ELAN-6100 DRC» с полным кислотным разложением проб по ПНД Ф 16.1:2.3:3.11—98 в аккредитованной лаборатории института им. А.П. Карпинского. Концентрации подвижных форм металлов в почвах

(вытяжка ацетатно-аммонийным буфером, $pH=4,8$) установлены в Ресурсном центре «Методы анализа состава вещества» СПбГУ методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на приборе «ICPE-9000 Shimadzu», аналитик В.Н. Григорьян. Пробоподготовка [5] осуществлена в учебной лаборатории физико-химического анализа СПбГУ. В качестве базовых метеорологических параметров использованы данные со станции Реболы ($63^{\circ}49'$ с.ш. $30^{\circ}49'$ в.д.), респ. Карелия [7].

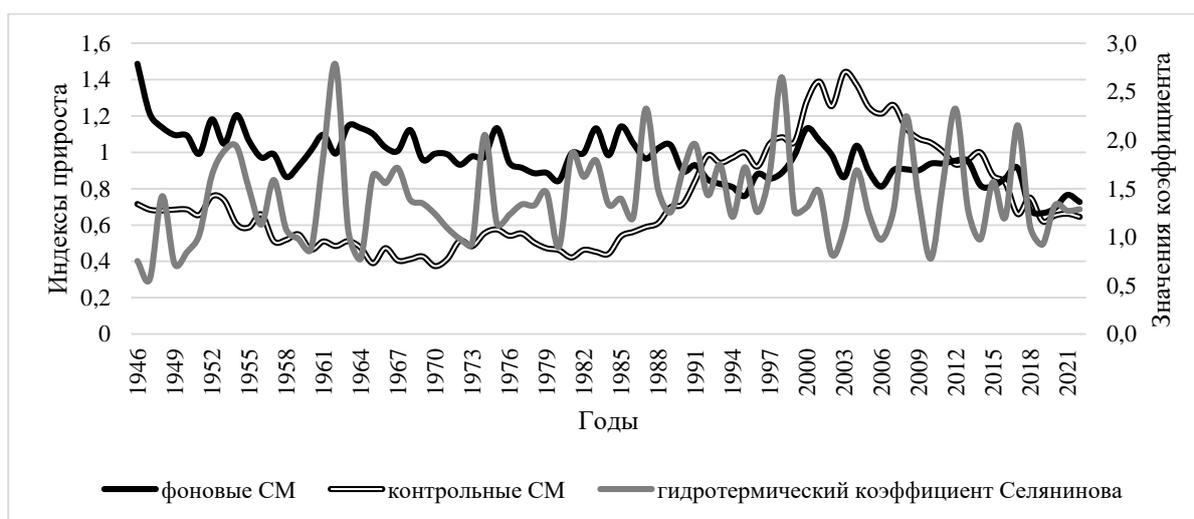
Результаты и их обсуждение. Радиальный прирост сосны составляет в среднем 1,36 мм в год. Угнетение деревьев на контрольных СМ проявляется в уменьшении минимальных и максимальных индексов прироста в 1,5 раза в период 1978-2022 гг. по сравнению с данными до 1978 г., на фоновых же СМ приросты относительно стабильны.

Наибольшей биоиндикационной значимостью характеризуются хронологии, полученные в сосняках кустарничково-воронично-зеленомошных на озах (значения популяционного сигнала $EPS = 0,80-0,94$). За счет разреженности древостоя здесь отсутствует межвидовая, и существенно снижается внутривидовая конкуренция. Таким образом, деревья оказываются более чувствительны к абиотическим и антропогенным факторам.

На фоновых СМ показана значимая слабая отрицательная связь между температурой воздуха июня ($r=-0,33$; $g_{крит.}=0,25$ при $p=0,05$), июля ($-0,38$) и сентября ($-0,35$) текущего года, а также температурой сентября предыдущего года ($-0,43$) и приростами сосны. Увеличение суммы температур выше $+10^{\circ}C$ в течение года и, в частности, в апреле, мае, июне, августе способствует уменьшению радиальных приростов (r от $-0,23$ до $-0,47$; $g_{крит.}=0,21$ при $p=0,05$), причем если до 1978 г. данный фактор проявляется на контрольных СМ ($r=-0,35$; $g_{крит.}=0,30$ при $p=0,05$), то с 1978 г. коэффициент корреляции снижается до незначимого значения 0,12. Важный вклад в формирование годичных колец вносит баланс температуры и увлажнения территории: гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова указывает на возрастание приростов в мае ($r=0,38$; $g_{крит.}=0,22$ при $p=0,05$; рис.) и июне (0,58) на фоне температур выше $+10^{\circ}C$ и уменьшение ширины колец при избыточном увлажнении в июле ($-0,39$) и августе ($-0,41$). Увеличение ГТК Селянинова приурочено к годам с наименьшими приростами (r от $-0,27$ до $-0,49$; $g_{крит.} = 0,22$ при $p = 0,05$), что свидетельствует об ингибировании приростов при избыточном увлажнении даже в случае температуры воздуха выше $+10^{\circ}C$ [1].

Сопоставление данных о приростах с коэффициентами Высоцкого-Иванова свидетельствует о слабовыраженной связи между данными параметрами. Только для одной СМ, где древостой представлен молодыми деревьями 25-летнего возраста, получены значимые коэффициенты корреляции между приростами и коэффициентом Высоцкого-Иванова за год

($r=-0,49$; $r_{\text{крит.}}=0,40$ при $p=0,05$), февраль (-0,48), август (-0,48). Молодые деревья оказываются особенно чувствительны к избыточному увлажнению за счет слабого развития корневой системы [8]. На контрольных СМ до строительства комбината значимая корреляция получена между индексами прироста и среднегодовой температурой воздуха на СМ 47 ($r = 0,45$; $r_{\text{крит.}} = 0,25$ при $p = 0,05$), СМ 54 (0,53), однако после 1978 г. коэффициенты корреляции Пирсона снижаются до незначимых 0,12 и -0,04 соответственно, аналогичные закономерности отмечены в литературе и для других регионов [1,8].



Связь хронологий радиального прироста *Pinus sylvestris* и гидротермического коэффициента Селянинова

Высокое содержание слабо разложившегося органического вещества в органогенном горизонте почв, медленно вовлекающегося в биологический круговорот, приводит к уменьшению ширины годичных колец сосны ($r=-0,47$; $r_{\text{крит.}}=0,29$ при $p=0,05$), причем эдафический сигнал хорошо выражен в заповеднике ($r=-0,83$; $r_{\text{крит.}}=0,50$ при $p=0,05$) и фактически теряется на контрольных СМ ($r = -0,37$; $r_{\text{крит.}}=0,35$ при $p=0,05$).

В древостоях заповедника приросты сосны увеличиваются при нейтрализации рН почв: от кислой до слабокислой и близкой к нейтральной реакции ($r=0,73$ для органогенных горизонтов и $r=0,52$ – для минеральных; $r_{\text{крит.}}=0,29$ при $p=0,05$), это хорошо согласуется с литературными данными [9]. На территории комбината данный фактор не выражен.

Подавление климатического и эдафического сигналов на контрольных СМ связано с загрязнением окружающей среды, которое проявляется в том числе в увеличении валовых содержаний Cr, Mn, Fe, Ni, Cu в 1,5–14 раз относительно фона в органогенных горизонтах почв и в 1,5–2 раза в иллювиальных (табл.).

Концентрации подвижных форм Fe, Mn, Zn, Cr, Ni, V превышают фон в 1,5–60 раз. Возрастает подвижность металлов (доля от валового содержания) по сравнению с фоном: Cd (в 2 раза), Fe (2,0), Mn (2,7), Cr (3,0), V (6,2) в органогенных горизонтах и Cd (1,8), V (4,4), Cr (5,0), Ni (15,4) в иллювиальных горизонтах. В почвах на территории комбината наибольшая подвижность характерна для Cd (до 29 % от валового содержания), Cu (до 25 %), Mn (до 58 %), Zn (до 26 %).

Статистические характеристики содержания металлов в почве

СМ	Параметр	Концентрации металлов, мг/кг									
		Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Органогенные горизонты											
Фоновые СМ (n = 10)	сред- нее	<u>163</u> 16,4	<u>0,68</u> 0,09	<u>10,3</u> 0,14	<u>7,2</u> 4,0	<u>5 500</u> 130	<u>250</u> 82	<u>6,1</u> 0,59	<u>15,8</u> 1,0	<u>6,6</u> 0,06	<u>37</u> 11,2
	мин	<u>11,0</u> 2,7	<u>0,40</u> <0,02	<u>1,0</u> <0,02	<u>0,50</u> <0,02	<u>1 600</u> 3,7	<u>50</u> 7,5	<u>2,1</u> 0,18	<u>5,4</u> <0,02	<u>1,3</u> 0,03	<u>4,5</u> 2,1
	макс	<u>412</u> 37	<u>1,3</u> 0,21	<u>32</u> 0,53	<u>13,3</u> 11,3	<u>13 300</u> 1 117	<u>450</u> 232	<u>11,9</u> 3,6	<u>31</u> 2,1	<u>10,1</u> 0,15	<u>61</u> 27
Контрольные СМ (n = 53)	сред- нее	<u>179</u> 23	<u>0,54</u> 0,18	<u>22</u> 0,51	<u>19,4</u> 1,3	<u>32 500</u> 423	<u>450</u> 227	<u>22</u> 2,6	<u>18,3</u> 1,3	<u>25</u> 1,7	<u>73</u> 12,8
	мин	<u>96</u> 6,6	<u>0,10</u> <0,02	<u>6,1</u> <0,02	<u>7,2</u> <0,02	<u>4 600</u> 7,3	<u>50</u> 2,6	<u>8,4</u> 0,28	<u>4,2</u> <0,02	<u>7,9</u> <0,02	<u>33</u> 1,2
	макс	<u>303</u> 58	<u>1,4</u> 2,2	<u>41</u> 2,1	<u>104</u> 6,6	<u>119 700</u> 3 355	<u>1 250</u> 4 210	<u>86</u> 43	<u>37</u> 3,5	<u>57</u> 1,9	<u>116</u> 42
Иллювиальные горизонты											
Фоновые СМ (n = 10)	сред- нее	<u>377</u> 8,5	<u>0,13</u> <0,02	<u>40</u> 0,44	<u>4,9</u> 1,9	<u>15 700</u> 65	<u>300</u> 11,9	<u>14,9</u> 0,22	<u>1,7</u> 0,51	<u>н/д</u> 0,11	<u>29</u> 4,5
	мин	<u>328</u> 2,9	<u>0,11</u> <0,02	<u>31</u> <0,02	<u>4,0</u> <0,02	<u>12 400</u> 6,2	<u>250</u> 0,94	<u>12,7</u> 0,10	<u>0,50</u> <0,02	<u>н/д</u> 0,03	<u>22</u> 0,94
	макс	<u>403</u> 14,3	<u>0,14</u> 0,03	<u>55</u> 1,5	<u>5,5</u> 10,1	<u>19 500</u> 211	<u>300</u> 45	<u>19,3</u> 0,40	<u>4,1</u> 2,8	<u>н/д</u> 0,32	<u>40</u> 20
Контрольные СМ (n = 53)	сред- нее	<u>444</u> 7,5	<u>0,13</u> 0,02	<u>65</u> 3,1	<u>7,2</u> 1,7	<u>32 800</u> 353	<u>300</u> 13,5	<u>21</u> 2,0	<u>12,2</u> 0,51	<u>73</u> 0,35	<u>28</u> 4,2
	мин	<u>370</u> 2,9	<u>0,04</u> <0,02	<u>43</u> <0,02	<u>3,4</u> <0,02	<u>20 800</u> 5,3	<u>200</u> 0,53	<u>13,3</u> 0,12	<u>8,3</u> <0,02	<u>49</u> 0,03	<u>19,0</u> 0,73
	макс	<u>541</u> 26	<u>0,19</u> 0,30	<u>104</u> 26	<u>17,2</u> 14,7	<u>52 300</u> 1 935	<u>500</u> 71	<u>31</u> 47	<u>18,0</u> 3,5	<u>113</u> 3,2	<u>46</u> 45

Примечание. Над чертой валовые содержания, под чертой – концентрации подвижных форм.

Ингибирование приростов при загрязнении почв металлами подтверждают результаты корреляционного анализа. Статистически значимые связи уменьшения ширины годичных колец у сосны отмечены при возрастании валовых содержаний Zn ($r=-0,66$; $r_{\text{крит.}}=0,29$ при $p=0,05$), Pb ($r=-0,57$) в органогенных горизонтах почв; Cr ($r=-0,65$), Mn ($r=-0,44$), Fe ($r=-0,41$),

Ni ($r=0,55$), Zn ($r=-0,81$) – в иллювиальных. Негативно на радиальный прирост влияет увеличение концентраций подвижных форм Cr ($r=-0,38$), Fe ($r=-0,35$), Ni ($r=-0,36$), Ti ($r=-0,44$), V ($r=-0,55$) в органогенных и Mn ($r=-0,47$), Ni ($r=-0,57$), Pb ($r=-0,41$), Zn ($r=-0,41$) в иллювиальных горизонтах почв.

Заключение. В регионе присутствия АО «Карельский окатыш» однозначного уменьшения индексов радиального прироста сосны на контрольных СМ по сравнению с фоновыми не наблюдается; однако отмечено подавление климатического и эдафического сигналов на контрольных СМ в связи с загрязнением окружающей среды металлами. Лимитируют прирост сосны среднегодовое количество осадков, температура воздуха, в том числе сумма температур выше $+10^{\circ}\text{C}$, летом и в сентябре. Высокие значения ГТК Селянинова указывают на уменьшение приростов сосны в условиях избыточного увлажнения и температуры воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$. Наиболее чувствительны к балансу тепла и влаги молодые деревья в возрасте до 30 лет. Ингибирование приростов наблюдается на кислых торфяных почвах, содержащих большое количество слаборазложившегося органического вещества, а также при загрязнении окружающей среды Fe, Mn, Cr, Ni, V, Ti, Cu, Zn, Cd.

Работа выполнена в рамках НИР № 01/1-55-69-СПбГУ «Мониторинг и сохранение биоразнообразия растительности в регионе присутствия АО «Карельский окатыш».

Библиографические ссылки

1. Факторы пространственно-временной изменчивости прироста лиственницы сибирской в горных районах Алтая, Тувы и Монголии / М. В. Андреева [и др.] // Экология. 2019. № 5. С. 365-372.

2. Ваганов Е. А., Круглов В. Б., Васильев В. Г. Дендрохронология: учебное пособие. Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2008. 120 с.

3. Никулина А. Р., Опекунова М. Г. Изменение дендроиндикационных параметров *Pinus sylvestris* L. в регионе воздействия АО «Карельский окатыш» // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды: Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых, посвященной памяти Г.А. Воронова, Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка, Пермь. 25–27 апреля 2024 года. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2024. С. 292-296.

4. Опекунова М. Г., Гайдыш И. С., Никулина А. Р. Биологические реакции сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. на изменение условий местообитания под влиянием природных и антропогенных факторов // Биология растений в эпоху глобальных изменений климата: тезисы докладов X Съезда общества физиологов растений России (Уфа, 18-23 сентября 2023 г.). Уфа : УИБ УФИЦ РАН, 2023. С. 277.

5. Методы физико-химического анализа почв и растений: Метод. указания /М. Г. Опекунова [и др.]. СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2015. 86 с.

6. Сайт АО «Карельский окатыш» [Электронный ресурс]. URL: <https://severstal.com/rus/about/structure/businesses/karelskiy-okatysh> (дата обращения: 12.08.2024).

7. Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс]. URL: aisori-m.meteo.ru (дата обращения: 20.10.2023).

8. Ярмишко В. Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на европейском севере. СПб. : Изд-во НИИ химии СПбГУ, 1997. 210 с.

9. Seftigen K., Moldan F., Linderholm H. W. Radial growth of Norway spruce and Scots pine: effects of nitrogen deposition experiments // European Journal of Forest Research. 2013. Vol. 132. P. 83–92.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Н. А. Панюгин, В. В. Дмитриев

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
Россия, nic9898@yandex.ru*

Предложена авторская методика оценки экологического статуса водоемов, которая включает в себе результаты имитационного моделирования и несколько субиндексов, оценивающих устойчивость, трофический статус и качество, и загрязнение воды с позиций антропоцентризма. Предложенные модель-классификация и методика адаптированы для оценки экологического статуса водоемов для территории Северо-Запада России.

Ключевые слова: водоемы; экологический статус; устойчивость; трофность; качество воды.

Введение. Актуальность исследования продиктована необходимостью: 1 - разработки научно обоснованных подходов в регулировании потребностей общества в количестве и качестве водных ресурсов для их использования в хозяйственной деятельности и учете запасов воды разного качества при увеличивающейся антропогенной нагрузке на водоемы; 2 - разработке теоретико-методологические подходов и методов построения композитных индексов и субиндексов, анализа и синтеза показателей (АСПИД- и APIS- методологии), методов моделирования водных экосистем, разноаспектной ГИС-визуализации результатов исследований для оценки водно-экологического благополучия населения и выделения эко-регионов. Для этого разработаны имитационные модели, алгоритмы построения композитных индексов, которые поэтапно воплощались в создание многокритериальных и многоуровневых (полиерархичных) оценочных классификаций, которые назывались «моделями-классификациями».

Основной целью исследования является разработка моделей-классификаций интегральной оценки экологического статуса (ЭС) и экологического благополучия (ЭБ) водоемов, базирующейся имитационном моделировании и построении композитных индексов. В перечень системных свойств для оценки ЭС, ЭБ, экологических функций включались: а) продукционный потенциал системы (продуктивность, трофность, трофический статус); б) качество и токсическое загрязнение воды и/или донных отложений. Использовались также понятия «трофосапробность», «трофо-

токсобность», отражающие возможность совместного учета продукционного потенциала (трофности, трофического статуса) и качества воды или продукционного потенциала и токсического загрязнения воды; в) устойчивость (водоема, водотока, ландшафта) к изменению параметров естественного режима (потенциальная устойчивость); г) состояние/качество среды береговой зоны; д) состояние/качество среды водосборных ландшафтов (почвы и грунтов, воды, воздуха, растительности на водосборных территориях, загрязнения среды в отдельных ландшафтах); е) другие системные свойства (экологическое благополучие/неблагополучие биогеоценозов, пригодность/непригодность территории для хозяйственного освоения и др.); ж) экологические функции, на примере биопродукционной функции водоема, а также «экологические факторы» и «экономические факторы», определяющие экологические функции (ЭФ) /экологические услуги (ЭУ) водных экосистем.

«Экологический статус» в работе определяется как интегративное свойство водного объекта, которое характеризуется сочетанием его способностей:

- продуцировать органическое вещество (далее в работе эта способность будет характеризоваться как «трофность»);
- изменять химико-биологический состав, качество и токсическое загрязнение воды;
- поддерживать потенциальную устойчивость, т.е. устойчивость к изменению физико-географических характеристик, климата и гидрологических параметров [1].

Для оценки экологического статуса авторы использовали все этапы мониторинга, целью которого является создание максимально достоверного представления об особенностях состояния водного объекта и достижение максимальной точности его описания [2].

С целью построения моделей-классификаций экологического благополучия необходимо ввести признаки и классы экологического благополучия. Основой модели-классификации являются признаки «хорошей» (с точки зрения человека, общества) водной экосистемы и выделение классов и границ его экоблагополучия.

Объектами нашего исследования стали озерные системы и водоемы Северо-Западного федерального округа России. Данные системы имеют две подсистемы: сами озера и их водосборы. Последние, чаще всего, принимались как пространственно-однородные геосистемы. Их состав и свойства задавались средними значениями характеристик.

Экологический статус водных объектов предполагает зависимость объекта исследования от определенных признаков, объединенных в следующие группы [1]:

– устойчивость (сюда были включены следующие характеристики: площадь поверхности, объем, максимальная глубина, площадь водосбора, ветровой режим, средняя за месяц температура воды, продолжительность ледостава, сезон года, наличие сезонной стратификации, вертикальное перемешивание, внутрисезонная амплитуда колебаний уровня, коэффициент проточности, характер регулирования, коэффициент водообмена, скорость течения);

– трофность (характеристики, включенные в эту группу: прозрачность воды, отношение прозрачности к глубине, взвешенные вещества, электропроводность, рН при 100 % насыщения кислородом воды, концентрация растворенного кислорода в % насыщения, БПК₅, концентрация общего азота, концентрация общего фосфора, продукция фитопланктона, скорость фотосинтеза, концентрация хлорофилла «а», разность суточной продукции и деструкции, средняя биомасса фитопланктона в период вегетации и фильтрационная активность фитопланктона);

– качество воды (прозрачность, электропроводность, взвесь, рН, минеральный фосфор, азотный фосфор, концентрация растворенного кислорода в % насыщения, БПК₅, комбинированный риск, нефть и нефтепродукты, концентрация ртути, кадмия и свинца, концентрация хлорофилла «а», индекс сапробности, индекс Вудивисса, индекс BMWP).

Для определения тенденции развития экологического статуса водоемов и построения прогнозов необходимо отслеживать динамику интегральных показателей, как в составе отдельных групп и субиндексов (устойчивости, трофности, качества воды), так и интегрального показателя последнего уровня свертки (композитного индекса). В свою очередь, показатели, характеризующие устойчивость, такие, например, как площадь поверхности, объем воды и другие, подвержены влиянию различных факторов – изменений, происходящих в водоохранной лесной зоне; процессов, протекающие в атмосфере и влияющих на количество осадков и др. Для построения композитных индексов могут использоваться результаты имитационного моделирования водных экосистем, на основе которого воспроизводятся существующие системные взаимосвязи, результаты влияния факторов на функционирование экосистем и прогнозы развития экологического состояния водоемов.

Сочетание системного моделирования и построения на этой основе композитных индексов системных свойств до и после воздействия было впервые продемонстрировано на основе экспериментов с двумя авторскими имитационными моделями [2,5]. В итоге создавались новая методология, методы, подходы к исследованиям сложных природных (и общественных) систем, в нашем случае с акцентом на водные объекты, их системных свойств и функций на основе построения пространственных и

временных обобщений ИП (индексов и субиндексов для оценки неравенств в отношении состояния/качества окружающей среды и других интегративных свойств и их сочетаний).

Материалы и методы исследований. Работа по расчету интегральных показателей для оценки экологического статуса водных объектов имеет свою историю [3]. Выработаны определенные этапы формирования моделей, характеризующих состав, свойства, степень трансформации и экологический статус водоема по значениям показателей, определяемых для исследуемых водоемов. Последовательное применение этапов позволяет сформировать модель, оценивающую экологический статус водоемов, динамику изменений, происходящих в водной среде и последствия от возможных внешних воздействий на водные объекты [2,3].

Первый этап построения модели заключается: в подборе критериев, влияющих на экологический статус водоемов, и вида их зависимости с параметрами водных объектов; установлении предельных значений этих показателей.

На втором этапе проводится нормирование показателей, учитывая прямую или обратную зависимость и линейность/нелинейность связи критерия и оцениваемого свойства. Результатом нормирования являются значения, характеризующие границы зависимостей и разбивающие их на диапазоны от нуля до единицы.

Третий этап сводится к обоснованию нормирующих зависимостей для построения групп интегральных показателей и единого интегрального показателя.

На четвертом этапе выявляется приоритетность отдельных критериев, что позволяет установить для них соответствующие весовые коэффициенты. На пятом этапе производится построение модели, учитывающей сложившиеся в ней связи, для получения иерархии значений групп интегральных показателей и единого интегрального показателя по рассматриваемым водным объектам, изучения их динамики и моделирования влияния возможных изменений.

В соответствии с рассматриваемыми этапами оценку полученных результатов целесообразно проводить в электронных таблицах, примером которых являются Microsoft Excel, входящие в состав программного продукта Microsoft Office. Электронные таблицы позволяют работать с большим массивом данных, объединяя их функциональными зависимостями, а входящие в состав Microsoft Excel встроенные логические функции «ЕСЛИ (IF)» и «ЕСЛИ (IFS)» дают возможность соотносить исходные данные по водоемам, полученные в полевых условиях, с нормированными значениями для определения интегрального показателя.

Результаты и их обсуждение. Результатами исследования стало применение моделей на водоемах региона Санкт-Петербург и Ленинградская область, что позволило определить значения интегральных показателей и их динамику, степень трансформации и благополучия/неблагополучия на различных временных отрезках.

Заключение. Сочетание имитационного моделирования и построения композитных индексов показало хорошие результаты в оценке ЭС/ЭБ на нескольких водных объектах. Применение такого подхода в геоэкологии помогает оценить экологический статус водоемов и прогнозировать неблагоприятные изменения в водной среде в связи с естественным развитием, антропогенным воздействием и опасными природными явлениями.

Библиографические ссылки

1. Системное нормирование воздействий на водный объект: экологический статус водоема и его изменение при естественном и антропогенном воздействии // В. В. Дмитриев [и др.] // Пятые виноградовские чтения. Гидрология в эпоху перемен, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет, 5–14 октября 2023 г. Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова, место издания ООО «Издательство ВВМ». С. 163-168.

2. Седова С. А., Дмитриев В. В. Использование композитных индексов для исследования адекватности моделей водных экосистем и оценки воздействия на них. European journal of natural history. ООО ИД «Академия естествознания», 2020. № 5. С. 12-19.

3. Оценка воздействия на водную экосистему и ее эмерджентные свойства на основе результатов имитационного моделирования и построения композитных индексов // С. А. Седова [и др.] // Успехи современного естествознания. 2021. № 6. С. 132-142.

4. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2 кн. М. : Наука, 2005. С. 281.

5. Global Evaluation of the Status and Sustainability of Terrestrial Landscapes and Water Bodies / V. V Dmitriev [et al.] // Landscape Modelling and Decision Support. 2020. P. 231–253.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ АССИМИЛЯЦИИ ШЛАМОВЫХ АМБАРОВ КАК ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ С ПРИРОДНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ

А. А. Перевощикова^{1,2)}, Л. В. Рудакова¹⁾, А. А. Сурков¹⁾

¹⁾ *Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия,*

aaperevoshchikova@yandex.ru, larisa.rudakova@pstu.ru, alex.a.surkov@pstu.ru

²⁾ *Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, Россия*

Приводится краткая характеристика техногенного воздействия разработки нефтяных месторождений на окружающую среду, в частности бурового шлама, хранящегося в шламовых амбарах. Анализ бурового шлама показывает высокое содержание хлоридов, что указывает на развитие процессов техногенного засоления почв. Исследования бурового шлама проведены с целью дальнейшей оценки возможности ассимиляции природно-техногенных систем с природными экосистемами путем разработки и внедрения природоподобной технологии.

Ключевые слова: нефтедобыча; буровые отходы; нарушенные земли; засоление; природно-техногенные системы; рекультивация.

Введение. Увеличение объемов добычи полезных ископаемых сопровождается извлечением из недр значительных масс минерального сырья (нефти, олова, свинца, серебра, цинка, ртути, сурьмы, алмазов и др.). Добываемый материал является сырьем для производства различных изделий, ценным энергетическим ресурсом и основой для развития многих отраслей промышленности. Масштабы и последствия извлечения природных ресурсов становятся предметом многочисленных исследований во всем мире [8], поскольку в результате активной разработки месторождений полезных ископаемых возрастает техногенная нагрузка на окружающую среду. К основным технологическим операциям на предприятиях нефтяной отрасли относятся добыча сырья, последующая его переработка, отгрузка продукции, утилизация отходов и консервация (ликвидация) месторождения (при окончании работ). Разработка месторождений нефти является мощным фактором преобразования природных комплексов. Современные темпы добычи нефти нередко приходят в противоречие с проблемой охраны природы и оказывают техногенное воздействие на все компоненты окружающей природной среды [1]. Отходы производства,

образующиеся в процессе бурения, создают техногенные потоки на объектах нефтедобычи [1]; особую опасность представляет буровой шлам, хранящийся в шламовых амбарах [3]. Шламовые амбары могут занимать площадь до 2500 м² и представляют собой природоохранное сооружение, предназначенное для сбора и дальнейшей утилизации токсичных промышленных отходов бурения нефтяных и газовых скважин [1].

Объем амбара зависит от проектной мощности, количества скважин на участке, глубины бурения и продолжительности разработки месторождения [6]. Шламовые амбары выводят из оборота значительные площади земель, в основном земли лесного фонда [4], и являются постоянными источниками загрязнения окружающей среды.

Одним из наиболее опасных и характерных геохимических процессов, возникающим в районах добычи нефти и нефтегазоконденсатов, является засоление (хлоридное, хлоридно-сульфатное, карбонатно-хлоридное и др.) почв, грунтов, поверхностных и подземных вод [7]. Проникновение минерализованных вод с буровым шламом в корнеобитаемый слой почв приводит к деградации и гибели древесной и травянистой растительности на импактных зонах.

Несмотря на высокую экологическую опасность буровых шламов актуальными являются вопросы по оценке возможности ассимиляции шламовых амбаров с природными экосистемами с помощью природоподобных технологий. В настоящее время широко применяется метод рекультивации шламовых амбаров с помощью выравнивания поверхности и засыпки амбара песком или песчаным грунтом, однако данный метод не решает проблему восстановления ландшафтов и не возвращает нарушенные земли в естественный ресурсооборот. В данной работе представлены результаты исследования бурового шлама с целью дальнейшей оценки возможности ассимиляции природно-техногенных систем с природными экосистемами путем разработки и внедрения природоподобной технологии.

Материалы и методы исследований. В настоящем исследовании представлены результаты исследования буровых отходов, отобранных с различных шламовых амбаров. Буровой шлам был отобран в регионах России на объектах нефтедобычи. Отбор проб бурового шлама производился методом «конверта»: исследовалась смешанная проба. Химико-аналитические исследования проводились стандартными химическими методами.

На момент отбора проб буровой шлам был сильно обводнен, соотношение буровой шлам: вода – 1:5, единицы измерения приведены в мг/дм³.

Результаты и их обсуждение. Лидерами по нефтедобыче в России являются регионы, расположенные на территориях с избыточным увлажнением (Западная Сибирь и Север европейской части страны). Специфику разработки нефтяных месторождений определяет их географическое

положение. Разработка месторождений в отдаленных регионах страны характеризуются хаотичностью расположения кустовых площадок, необходимостью строительства промысловых дорог, мест хранения отходов, шламовых амбаров и др. Буровые отходы, хранящиеся в шламовых амбарах, представляют собой многокомпонентную смесь с доминированием бурового раствора и бурового шлама. Химические свойства бурового шлама зависят от его состава, которые определяются характеристиками выбуренной горной породы, типом применяемого бурового раствора и влиянием природно-климатических условий. Результаты исследования показывают, что реакция среды в буровых шламах, отобранных на объектах нефтедобычи, варьируется от 7 (нейтральная) до 10,5 (слабощелочная), содержание нефтепродуктов – от 1,2 до 5,8 мг/дм³, кальция – от 46,7 до 800 мг/дм³, магния – от 14 до 240 мг/дм³, хлоридов – от 213 до 65000 мг/дм³ и содержание растворенных в воде солей (сухой остаток) – от 213 до 65000 мг/дм³ (таблица).

Химический анализ буровых шламов на объектах нефтедобычи

	pH, ед.pH	Нефтепродукты, мг/дм ³	Ca ²⁺ , мг/дм ³	Mg ²⁺ , мг/дм ³	Cl ⁻ , мг/дм ³	Сухой остаток, мг/дм ³
П1	7,0 ± 0,05	1,5 ± 0,30	154 ± 7,7	46 ± 2,3	452,6 ± 25	620 ± 62
П2	7,2 ± 0,05	2,2 ± 0,44	467 ± 23,4	140 ± 7,0	896 ± 44,8	4090 ± 409
П3	6,9 ± 0,05	4,4 ± 0,88	800 ± 40,0	240 ± 12,0	1411,1 ± 70,6	1590 ± 159
П4	7,1 ± 0,05	2,0 ± 0,4	46,7 ± 2,4	14 ± 0,7	258 ± 12,9	1110 ± 111
П5	7,8 ± 0,05	4,7 ± 0,9	306 ± 15,3	92 ± 4,6	1650 ± 82,5	1800 ± 180
П6	7,5 ± 0,05	5,8 ± 1,16	667 ± 33,4	200 ± 10,0	1615,3 ± 80,8	2000 ± 200
П7	10,0 ± 0,05	4,8 ± 0,96	667 ± 33,4	200 ± 10,0	65000 ± 3,3	н.д.*
П8	10,5 ± 0,05	1,2 ± 0,26	200 ± 10,0	60 ± 3,0	266 ± 13,3	н.д.*
П9	7,0 ± 0,05	1,4 ± 0,28	400 ± 20,0	120 ± 6,0	213 ± 10,7	н.д.*
П10	7,0 ± 0,05	1,8 ± 0,36	467 ± 23,3	140 ± 7,0	248 ± 12,4	н.д.*
Max	10,5	5,8	800	240	65000	4090
Min	6,9	1,28	46,7	14	213	620

* н. д. – данные отсутствуют.

Высокое содержание хлоридов и растворенных в воде солей (сухой остаток) указывает на возможность развития процессов техногенного галогенеза, что в дальнейшем будет способствовать замедлению биологической активности почв и повышению окислительно-восстановительной реакции растений.

Буровой шлам представляет собой мелкодисперсную массу горных и осадочных пород с большим набором минеральных элементов, в связи с чем, такие отходы могут стать питательной минеральной средой для растений, что необходимо в условиях гумидного типа климата в олиготрофных лесоболотных экосистемах [2]. Однако необходимо проведение комплексных исследований физико-химических свойств бурового шлама, включающих определение содержания тяжелых металлов, токсичных солей и углеводов, так и лабораторных и опытно-промышленных исследований по оценке токсичности (уровень критичности) шлама для устойчивости древесных и травянистых растений. Например, в работе [5] приведены результаты фитотестирования почв с целью оценки их биологической активности при влиянии отходов калийной промышленности хлоридно-натриевого состава.

Заключение. Проведенные исследования позволили оценить химический состав буровых шламов и определить источник токсичности (хлоридное засоление). Полученные результаты в дальнейшем помогут в проведении лабораторных и опытных исследований по оценке устойчивости разных видов растений к техногенному засолению и сроков ассимиляции природно-техногенных систем с природными экосистемами, что позволит интегрировать нарушенные территории в естественный ресурсооборот с наименьшими эколого-экономическими затратами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ проект FSNF-2020-0021.

Библиографические ссылки

1. Гаевая Е. В., Тарасова С. С., Рудакова Л. В. Экологическая оценка буровых шламов и разработка способа их биоремедиации: монография. Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2024. 96 с.

2. Малышкин М. М. Рекультивация шламовых амбаров путем засадки растениями // Записки Горного института, 2007. Т. 170, № 1. С. 119-120.

3. Морозов А. Е. Научная организация использования и сохранения лесов в районах добычи углеводородного сырья (на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры): дис. ... сельхоз. наук: 06.03.02: защищена 22.09.2022: утв. 07.03.2023. Екатеринбург, 2022. Т. 1. 710 с.

4. Эффективность рекультивации шламовых амбаров посадкой черенков Ивы в условиях подзоны северной тайги // А. Е. Морозов [и др.] // Успехи современного естествознания. 2021. № 2. С. 19-25.

5. *Первощикова А. А., Рудакова Л. В., Вайсман Я. И.* Формирование устойчивых фитоценозов на солесотвалах // *Химия. Экология. Урбанистика*. 2023. Т. 1. С. 170-175.
6. Техногенное воздействие шламовых амбаров на окружающую среду полуострова Ямал // *Л. Н. Скипин [и др.] // Вестник КрасГАУ*. 2014. № 11. С. 146-150.
7. *Солнцева Н. П.* Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М. : Изд-во МГУ, 1998. 376 с.
8. Establishing a pre-mining baseline of natural radionuclides distribution and radiation hazard for the Bled El-Hadba sedimentary phosphate deposits (North-Eastern Algeria) / *S. Benarous [et al.] // Nuclear Engineering and Technology*. 2022. Vol. 54. Iss. 11. P. 4253-4264.

К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А. Ю. Ретеюм

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия,
aretejum@yandex.ru*

Приводится обзор эколого-экономических мер по охране водных ресурсов в ведущих странах Европейского Союза, даны предложения по совершенствованию платежей за загрязнение водных объектов в Республике Беларусь, предполагающее применение системы единиц вредности.

Ключевые слова: управление водными ресурсами; загрязнение; единицы вредности.

Введение. Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года ставит перед наукой задачи развития существующих и создание новых механизмов управления водными ресурсами, позволяющих объединить все сферы регулирования водных отношений с передачей функций одному органу государственного управления, совершенствования экономических методов и механизмов рационального водопользования и обеспечение условий внедрения наилучших доступных технических методов, включая формирование перечня наилучших существующих технологий в области водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод.

Принимаемые в стране меры по охране вод предусматривают почти исключительно реализацию проектов, финансируемых из бюджета. Современные экономические инструменты, которые стимулируют водосберегающие и водоохранные инновации у водопотребителей и водопользователей, еще не нашли широкого применения. В результате не наблюдается существенных изменений к лучшему в состоянии рек и озер. Как показывает эколого-экономический анализ, загрязнение внутренних вод в Республики Беларусь, причиняет значительный ущерб, который измеряется примерно 2 % от ВВП.

Очевидно, что следующий этап в развитии водного хозяйства республики должен быть связан с внедрением системы дифференцированных платежей за сброс загрязненных вод с учетом их состава и происхождения, а также свойств принимающих водотоков и водоемов.

Материалы и методы исследований. Работа базируется на анализе статистических сведений о водном хозяйстве Республики Беларусь и литературном обзоре наиболее эффективных систем платы за сброс загрязняющих веществ, действующих в странах Европейского Союза.

Результаты и их обсуждение. Наиболее значимый эффект в области борьбы с загрязнением внутренних вод получен в странах Европейского Союза. Правовой основой водоохранной деятельности выступает ряд директив, прежде всего Водная рамочная директива 2000 г., требующая проводить политику постепенного снижения сбросов приоритетных загрязняющих веществ. Водная рамочная директива юридически закрепила эту экологическую концепцию, которая была выработана на практике сначала во Франции и затем в Нидерландах, Германии, Дании и в других странах Европы. При этом, в соответствии с Директивой ЕС «Об экологической ответственности», установление водных платежей рассматривается как стимул рационального использования водных ресурсов и как один из источников окупаемости инвестиций в водохозяйственное строительство.

Важная особенность управления водным хозяйством во Франции состоит в том, что размеры платежей за использование воды и сброс загрязненных стоков определяются коммунами, с учетом величины понесенных затрат. Поэтому они различаются по регионам страны более, чем в 3 раза и вместе с тем растут опережающими темпами по сравнению с другими ценами и тарифами. В среднем по стране плата за сброс сточных вод в настоящее время составляет около 2 евро за 1 куб. м. Размер платежей в своей основе определяется количеством сбрасываемых загрязняющих веществ. Исключение составляют бытовые стоки, для которых таксы пропорциональны объему потребляемой свежей воды. Помимо региональной дифференциации по понесенным затратам, таксы также устанавливаются отдельно для каждого речного бассейна с дифференциацией по географическим зонам, которые выделяют по критерию уязвимости местных водных объектов к тому или иному виду загрязнения. Разница в уровнях такс между географическими зонами одного бассейна может быть весьма значительной (например, в бассейне Сена-Нормандия, ставки платежей в зоне повышенной уязвимости почти в 2 раза выше, чем в зоне устойчивых экосистем).

Платежи децентрализованы, и часть поступивших средств направляется на финансирование бассейновых агентств, а часть расходуется на реализацию водоохранных проектов. Развитие системы происходит в направлении укрепления связей между разными группами населения в пределах одного речного бассейна. Опыт Франции ценен, в частности, тем, что в стране очень большое внимание уделяется сокращению объемов рассеянного стока с территорий ферм, который считается главными

фактором загрязнения внутренних вод. Важный элемент управления водным хозяйством Франции составляет оценка уязвимости водной среды. Суть подхода состоит в определении скорости распространения загрязняющих веществ в зависимости от местных условий. В дополнение к оценке уязвимости проводится также оценка риска загрязнения вод (в особенности нитратами). Примерно 55 % площади обрабатываемых земель во Франции отнесено к уязвимым районам, где сельскохозяйственная деятельность наиболее активна.

В Германии расчет платежей производится по критерию опасности загрязнителей, которая оценивается в так называемых единицах вредности (Schadeinheit). В перечень лимитируемых веществ входят фосфор, азот, органические галогенные соединения, ртуть и металлы кадмий, хром, никель, свинец и медь. Платежи за сброс загрязненных стоков являются частью многокомпонентной системы управления внутренними водами. Законом установлено, что любое действие, так или иначе отражающееся на состоянии водных объектов, должно быть предварительно согласовано. При получении разрешения необходимо предъявить документы, подтверждающие соблюдение норм сброса загрязняющих веществ в соответствии с показателями наилучших доступных технологий. Все источники разделены по 56 видов производства; отдельную группу образуют бытовые и коммунальные стоки. Требования по каждому источнику детально описаны в специальных приложениях, где приведены индивидуальные контрольные величины качества сточных вод и данные об организации контроля.

В Нидерландах, уровень платежей за сбросы сточных вод самый высокий в мире. Национальное право исходит из методологического принципа полной компенсации ущерба, причиненного сточными водами. Обязательная плата взимается за сброс фиксированного набора видов загрязняющих веществ: органических веществ, азота, ртути, кадмия, меди, цинка, свинца, никеля, хрома и мышьяка. Это правило распространяется на все прямые и косвенные формы загрязнения. Для определения размеров платежей используют метод суммирования единиц загрязнения (Vervuilingseenheid). Принимается, что одна единица загрязнения эквивалентна следующим показателям: потреблению кислорода в количестве 49,6 кг/год, массе 1 кг/год элементов хрома, меди, свинца, никеля и цинка, массе 0,1 кг/год элементов мышьяка, ртути и кадмия, 20 кг/год фосфора и 650 кг/год хлоридов и сульфатов. Бытовое загрязнение для простоты расчетов оценивается показателем, эквивалентным потреблению 150 л на человека в день. В среднем по стране одна единица загрязнения стоит около 30 евро. Пропорциональная система платежей за сброс сточных вод способствовала развитию безопасных технологий.

Опыт Бельгии интересен, в частности, тем, что правительство гарантирует свободный доступ к воде, т. е. минимальный объем бесплатного водообеспечения граждан. Экономия воды достигается высокими (второе место в мире) и постоянно растущими ставками налога на водопотребление. Применяется прогрессивная шкала налогообложения. В настоящее время в коммунальном секторе цены на питьевую воду находятся на уровне 2 евро за 1 куб. м, сброс сточных вод обходится в 2,6 евро за 1 куб. м. Законодательство предусматривает платежи за сброс сточных вод из расчета количества единиц загрязнения.

Что касается Республики Беларусь, в стране до сих пор при расчете платы за загрязнение вод применяется плоская шкала, не зависящая от состава и массы загрязняющих веществ. Эта плата рассматривается как форма экологического налога. По определению, экологический налог наряду с другими налогами формирует доходную часть бюджета государства. Однако плата за загрязнение окружающей среды в отличие от земельного налога, налога на добычу (изъятие) природных ресурсов и некоторых других налогов, связана не с добавлением стоимости, а с сохранением ассимиляционного потенциала окружающей среды, включая водные объекты и экосистемы. С фискальной точки зрения, вклад платежей за загрязнение вод составляет доли процента от общей суммы собираемых налогов.

Было бы целесообразно, по мнению автора, переквалифицировать платежи за загрязнение вод (а также воздуха) из категории «налога» в категорию «сбора» и аккумулировать их в специально созданном Национальном водном фонде, который был бы наделен функцией поддержки проектов по охране окружающей среды.

В качестве главного операционального элемента предлагаемой новой системы целесообразно принять единицу вредности (ЕВ). Эколого-экономический смысл перехода к ЕВ заключается в установлении упрощенной системы дифференцированных платежей за сбросы. Через понятие ЕВ вводится мера нагрузки на водные ресурсы и, вместе с тем, учитывается уровень сбережения окружающей среды (сохранение ассимиляционного потенциала) применяемой технологией, ее экологическая безопасность. Таким образом, создается стимул к модернизации и внедрению нововведений.

Цена ЕВ определяется через расчет общей суммы соответствующих платежей в Республике Беларусь и вклада всех водопользователей в загрязнение водных объектов наиболее вредными загрязняющими веществами, по данным Белстата. Дополнительно принимается во внимание размеры поступления загрязняющих веществ от источников, которые до сих пор не вносили платежей (прежде всего сельскохозяйственные земли).

При определении цены единицы вредности следует руководствоваться принципом минимизации размера потенциального экологического ущерба. В расчете платежей по ЕВ принимается во внимание степень устойчивости окружающей среды к антропогенному воздействию.

Предполагается, что в дальнейшем цена единицы вредности будет меняться в зависимости от экологической и экономической ситуации и новых требований к улучшению качества окружающей среды.

Для учета местных условий поступления загрязняющих веществ в окружающую среду желательно предварительно выполнить оценку уязвимости водотоков и водоемов Республики Беларусь по имеющимся данным гидрохимического мониторинга, и на ее основе ввести бассейновые повышающие или понижающие коэффициенты к ЕВ.

Предлагаемый список подлежащих обложению веществ, сбрасываемых в сточных водах, составленный по критериям достаточности информации и простоты контроля, включает легкоокисляющиеся растворенные органические вещества, нефтепродукты, общий фосфор, общий азот, железо и металлы. С учетом данных по токсичности и распространенности загрязняющих веществ в водных объектах Республики Беларусь, ЕВ предварительно оценивается следующими показателями массы:

Растворенные органические вещества – 30 кг кислорода (по БПК₅),

Нефтепродукты – 10 кг

Общий фосфор – 5 кг

Общий азот – 20 кг

Железо – 1 кг П

рочие металлы в совокупности – 0,1 кг

На первом этапе работы системы платежей должна быть решена задача приближения общей суммы сборов к величине текущих расходов на обработку сточных вод.

Предварительная оценка показывает, что стартовая цена единицы вредности (ЕВ) может быть установлена в размере 30-40 руб. В дальнейшем, эта ставка может и должна пересматриваться с учетом изменения экологической и экономической ситуации и возможных новых требований к улучшению качества окружающей среды.

Очень важную негативную роль в загрязнении рек и озер играет смыв минеральных удобрений, почвы и навоза с полей и пастбищ, а также инфильтрация биогенных элементов в почву. Плата за рассеянный сброс загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий должна стимулировать применение контурной вспашки, полосного посева и других известных агротехнических приемов, которые обеспечивают, к тому же, существенную прибавку к урожаю. Устанавливается, исходя из сведений

Государственного земельного кадастра и данных специального обследования. Предлагаемый размер ставки – 1 ЕВ на 1 га. Плата за загрязнения вод в зоне влияния дорог соответствует 3 ЕВ на 10 км.

По экспертной оценке, переход к единицам вредности с рекомендуемыми ставками даст возможность собирать в год порядка 10 млн. руб., главным образом за счет платежей на сельскохозяйственных и городских землях.

Реформа системы платежей в водном хозяйстве республике будет успешной, если при ее проведении постоянно и в максимальной степени будет учитываться мнение всех заинтересованных сторон.

Заключение. Необходимо реформировать систему контроля за сбросами загрязняющих веществ в Республике Беларусь, сделав ее экологичной, нацеленной результат. Ее новым стержнем может быть один интегральный показатель, «единица вредности», охватывающая шесть важнейших качественных характеристик. С его помощью можно управлять объемами сброса загрязняющих веществ, от которых зависит состояние среды обитания на урбанизированных территориях и в сельской местности. Предложенная ставка в 30-40 руб. за единицу вредности, представляется достаточно реалистичной. Целевое использование собранных сумм на финансирование мероприятий по охране водных ресурсов позволит существенно снизить нагрузку на государственный бюджет и, главное, послужит стимулом для улучшения качества вод путем внедрения соответствующих технологических, институциональных, организационных и иных нововведений.

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ

А. А. Сазонов¹⁾, Л. Н. Гертман¹⁾, А. Е. Яротов²⁾

¹⁾ *Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, ecoland.bsu@gmail.com, Lubov.hertman@yandex.by*

²⁾ *ОО «Белорусское географическое общество», д. Калдыки, Воложинский район, Беларусь, yarotau@bsu.by*

В статье представлены предложения для совершенствования водоохранного законодательства в части разработки проектов водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов, системы хранения и обработки данных, а также регулирования отдельных видов хозяйственной деятельности в границах водоохранных территорий. Изложенные предложения основаны на многолетнем опыте авторов правоприменительной практики.

Ключевые слова: Водный кодекс; водоохранные зоны; прибрежные полосы; водные ресурсы; охрана вод.

Введение. Водный кодекс Республики Беларусь (далее – ВК) [1] был утвержден в 2014 г. За прошедшие десять лет назрела необходимость совершенствования законодательства с учетом накопленного опыта правоприменительной практики.

Предложения и рекомендации по изменению Водного кодекса разработаны в составе рабочей группы Белорусского географического общества по подготовке предложений в проект закона «Об изменении Водного кодекса Республики Беларусь». Авторы имеют многолетний опыт разработки проектов водоохранных зон и прибрежных полос как для отдельных административных районов страны, так и для отдельных участков поверхностных водных объектов.

Материалы и методы исследований. Методологической основой исследования стала система общенаучных методов: анализа, синтеза и системного подхода, которые позволили целостно и структурно раскрыть основные положения современного законодательства и сформулировать направления его дальнейшего развития.

Результаты и их обсуждение. При подготовке предложений по изменению действующего ВК, первостепенное внимание необходимо обратить на принятые термины и определения, применяемые в

законодательстве об охране вод. Так, ст. 1 ВК не содержит таких терминов, как «береговая линия», «поверхностные воды», «избыточно увлажненные территории (болота)», «канал мелиоративной системы»; термины «мойка», «стоянка механических транспортных средств», «технологический водный объект», «гидротехнические сооружения и устройства», «каналы» недостаточно полно характеризуют соответствующие объекты.

Глава 11 ВК, регулирующая установление границ водоохранных территорий и режимы ведения хозяйственной деятельности на них, на наш взгляд, требует особого внимания.

Разработка проектов ВЗ и ПП водных объектов на территории Республики Беларусь проводилась начиная с 80-х гг. на различных правовых, методических и организационных принципах, и требует актуализации методических подходов [3, 4]. Разработка проектов водоохранных зон и прибрежных полос (далее – проектов ВЗиПП) требует комплексного подхода не только в части подбора исходного картографического материала, литературных источников, но и при согласовании границ водоохранных территорий.

Так, п. 2 ст. 52 ВК, определяет, что ВЗиПП устанавливаются от береговой линии, определяемой по состоянию на летний период, но в тоже время, п. 6.3.4.4 ТКП 610-2023 (33520) [2] устанавливает, что гидрографические объекты цифруются по верхней бровке береговых линий водотоков и искусственных, естественных водоемов.

Ввиду того, что Земельно-информационная система Республики Беларусь (далее – ЗИС) является, с одной стороны, основным источником информации о местоположении поверхностных водных объектов, их протяженности, площади, наименовании, а с другой обеспечивает доступ служб и ведомств, в частности структурных подразделений служб землеустройства местных исполнительных комитетов, к информации о границах водоохранных зон и прибрежных полос, различные подходы к определению береговой линии вызывают правовую неопределенность, приводят к ошибкам и неточностям планово-картографического материала. Также необходимо отметить, что определение береговой линии на летний период не учитывает многолетние колебания уровня воды, и целесообразно уточнить формулировку с учетом многолетних наблюдений и межлетнего периода.

Определенные сложности в разработку проектов ВЗиПП вносит п. 11 ст. 52 ВК, который определяет, что проекты водоохранных зон и прибрежных полос (далее – проекты ВЗиПП) разрабатываются для поверхностных водных объектов, за исключением ручьев, родников и каналов. Так как проекты ВЗиПП для ручьев, родников и каналов не разрабатываются, информация о границах водоохранных территорий для данных объектов не

входит в решения местных исполнительных комитетов, не наносится на планово-картографический материал, не проходит государственную экологическую и юридическую экспертизы, что не позволяет достаточно полно и объективно контролировать соблюдение природоохранного законодательства, выполнять требования п. 21 той же статьи. Так, по нашим оценкам, только в водоохраных зонах родников, определенных по данным Публичной кадастровой карты, могут находиться до 2,5 тысяч зарегистрированных земельных участков, оценка хозяйственной деятельности которых не производилась.

Установление границ ВЗиПП в местах проживания населения, наш взгляд, также требует особого внимания. Статья 52 ВК содержит требования к установлению границ ВЗиПП в населенных пунктах, однако не учитываются садовые, дачные товарищества, где ведется активная хозяйственная деятельность. Считаем необходимым дополнить статью требованиями к установлению границ ВЗиПП на территории садовых и дачных товариществ с учетом существующей застройки, систем инженерного обеспечения и благоустройства.

Согласно п. 9.2 статьи 52 водоохраные зоны и прибрежные полосы не устанавливаются для каналов мелиоративных систем. Однако, сельское хозяйство является одним из основных источников поступления загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты. Кроме того, в Беларуси мелиорацией затронута значительная часть водных объектов, многие естественные водотоки (реки, ручьи) канализированы и являются приемниками вод мелиоративных систем. Также, согласно п.5 этой же статьи, водоохраные зоны и прибрежные полосы для водоемов, расположенных на водотоках, совпадают с водоохраными зонами и прибрежными полосами для этих водотоков, что приводит к тому, что для водоемов, иногда значительной площади, водоохраные зоны и прибрежные полосы не устанавливаются вовсе. Считаем целесообразным приравнять каналы мелиоративных систем к каналам, с установлением водоохраных зон и прибрежных полос согласно п. 3 этой же статьи.

Особо остро, на наш взгляд, стоит проблема согласованности границ ВЗиПП на смежных территориях и с динамичным изменением границ водных объектов, что, во-первых, связано с отсутствием такового требования к разработке проектов ВЗиПП в действующем законодательстве, а во-вторых с реализацией п. 15 ст. 52 ВК, где заказчиком по разработке проектов ВЗиПП выступают местные исполнительные и распорядительные органы. Указанные причины имеют следующие последствия: 1) не осуществляется координация при разработке проектов ВЗиПП для смежных административно-территориальных единиц, находящихся в одном речном бассейне; 2) нет требований к учету уже имеющихся проектов ВЗиПП для

соседних административно-территориальных единиц, что приводит к неточностям и ошибкам на планово-картографическом материале и в ЗИС: например, при наличии водного объекта в смежном районе, его водоохранная зона может не учитываться при разработке проекта ВЗиПП; 3) фактическое изменение береговой линии не несет автоматическое изменение границ ВЗиПП: например, при изменении уровня воды в результате строительства гидротехнических сооружений (плотин), или в результате определения береговой линии по новым данным аэрофотосъемки не повлечет изменения границ ВЗиПП, потребуется корректировка проекта.

Практика показывает, что есть значительные расхождения в данных ЗИС, Государственного водного кадастра, Реестра географических названий в части наименования водных объектов, их частей, границах и протяженности, функционального использования. Следует предусмотреть процесс верификации данных в разрабатываемой ИАС «Водоохранные зоны» и в информационной системе Государственного водного кадастра, других системах.

При разработке проектов ВЗиПП необходимо учесть требования постановления Совета Министров от 16 января 2024 г. № 32 «О создании и функционировании Национальной инфраструктуры пространственных данных». Должны быть проработаны требования к форматам данных, системам координат, метаданным. Считаем целесообразным разрабатывать только в электронном виде наиболее массивные части проектной документации: планово-картографический материал, отдельные части пояснительной записки. Расчет экспликации по видам земель и землепользователям считаем нецелесообразным ввиду быстрого устаревания расчетов и наличия соответствующей базы данных в ЗИС.

Существующие режимы ведения хозяйственной деятельности на территории водоохраных зон и прибрежных полос также требуют корректировки. Так, п. 4 ст. 54 ВК определяет, что реконструкция зданий и сооружений, в том числе жилых домов, строений и сооружений, необходимых для обслуживания и эксплуатации жилых домов, осуществляется в порядке, установленном законодательством в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, при условии недопущения увеличения производственной мощности и вместимости, увеличения площади застройки с применением технологий, материалов и конструктивных решений, предотвращающих загрязнение, засорение вод. Таким образом, при реконструкции зданий и сооружений запрещается применение технологий, материалов и конструктивных решений, предотвращающих загрязнение, засорение вод, что видится нелогичным. В пп. 1.6. ст. 53 определено, что мойка транспортных и других технических средств в гра-

ницах водоохранных зон не допускается, если иное не установлено Президентом Республики Беларусь. Однако, в случае нахождения мест, специально оборудованных для обслуживания транспортных средств (например, мойка при АЗС, имеющая системы очистки, подключенная к центральной канализации) в границах водоохранных зон, на хозяйственную деятельность накладываются неоправданные ограничения. Считаем целесообразным уточнить формулировку с учетом запрета мойки транспортных и других технических средств в необорудованных для этого местах, обозначить требования к специально оборудованным мойкам по наличию соответствующих систем очистки.

Заключение. Приведенные рекомендации уже нашли свое отражение в проекте закона «Об изменении Водного кодекса Республики Беларусь», в августе 2024 г. прошедшего стадию общественного обсуждения. Совершенствование водоохранного законодательства должно способствовать рациональному использованию водных ресурсов, а также формированию комплексного и системного подхода к охране водных ресурсов страны.

Библиографические ссылки

1. Водный кодекс Республики Беларусь : Закон Респ. Беларусь, 23 апр. 2014 г. № 149-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь, 2014.

2. Земельно-информационная система Республики Беларусь. Порядок создания, ведения (эксплуатации и обновления) : ТКП 610-2023 (33520). Введ. 19.10.23. Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь, 2023. 113 с.

3. *Гертман Л. Н., Буко И., Шариков А.* Из опыта разработки проектов водоохранных зон и прибрежных полос в соответствии с действующим законодательством. Ч. 1 // Земля Беларуси. 2018. № 1. С. 45-48.

4. *Гертман Л. Н., Буко И., Шариков А.* Из опыта разработки проектов водоохранных зон и прибрежных полос в соответствии с действующим законодательством. Ч. 2 // Земля Беларуси. 2018. № 2. С. 20-23.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

А. В. Семакина

*Удмуртский государственный университет, 426034, г. Ижевск, Удмуртия,
Российская федерация, alsen13@list.ru*

В рамках данного исследования сформулированы временная структура деятельности по созданию карт состояния атмосферного воздуха, критерии и факторы репрезентативности картографических материалов. Использование сформулированного научно-методологического аппарата создаст возможности для формирования нового кластера карт состояния атмосферного воздуха, характеризующихся высокой степенью достоверности и репрезентативности.

Ключевые слова: репрезентативность карт; состояние атмосферного воздуха; критерии; факторы.

Введение. Многообразие источников информации о состоянии атмосферного воздуха, ее видов, подходов к сбору и картографическому представлению, а также наличие высокого спроса на подобного рода информацию приводят к накоплению разнообразных по степени репрезентативности картографических материалов, отражающих состояние атмосферного воздуха. Релевантность используемой информации и подхода к ее картографической визуализации напрямую влияет на качество предоставляемой информации и на эффективность административно-управленческих решений, принимаемых на базе данного рода информации.

Повышению эффективности любой продуктивной деятельности, направленной на получение объективно (или субъективно) нового результата, (в том числе и касающаяся области создания карт состояния атмосферного воздуха), способствует применение методологического аппарата (формирующего алгоритм организации деятельности) [3]. В свою очередь, организация деятельности означает создание упорядоченной системы действий с четко определенными характеристиками, логической и временной структурой [11]. Применительно к картографированию состояния атмосферного воздуха под логической структурой понимается субъект (индивид или группа людей, занимающиеся сбором, систематизацией и картографической визуализацией данных, характеризующих состояние атмосферного воздуха), объект (состояние атмосферного воздуха), предмет (методы сбора, интеграции и картографической интерпретации

данных о состоянии атмосферы), формы (картографическое обеспечение научно-исследовательской деятельности, практической природоохранной деятельности, эколого-просветительской деятельности [10]), методы (общенаучные методы, методы интеграции и интерпретации данных, методы картографической визуализации, в т. ч. в виде электронных и онлайн-карт), критерии оценки достоверности исходных данных и полученного результата. Временная структура данного вида деятельности предполагает поэтапную организацию процесса, с оценкой ее эффективности и качества.

Цель работы – формирование научно-методологического аппарата картографической визуализации комплексного мониторинга состояния атмосферного воздуха.

Задачи:

1. Сбор, систематизация, математическая обработка и картографическая визуализация данных, характеризующих состояние атмосферного воздуха для территориальных единиц разного уровня;
2. Обоснование критериев и факторов репрезентативности данных о состоянии атмосферного воздуха.

Оценка особенностей временной структуры картографической визуализации.

Материалы и методы исследований. Для решения поставленных задач автором были проведены сбор, систематизация, математическая обработка, анализ и картографическая визуализация данных о состоянии атмосферного воздуха для территорий разного территориального уровня: Российская Федерация, Федеральные округа (Приволжский и Уральский ФО), субъекты РФ (республики Удмуртия, Башкирия), город Ижевск [6-8]. В работе использованы данные государственного учета источников загрязнения атмосферного воздуха на территории РФ, материалы государственного мониторинга, данные, полученные в ходе натурных исследований и математического моделирования. Исследования были основаны на нормативно-методических документах, утвержденных на государственном уровне, а также на разработках ведущих отечественных и зарубежных ученых в области математического моделирования и картографирования процессов загрязнения атмосферы: Ж.Р. Армайтида, Э.Ю. Безуглой, М.Е. Берлянда, В.А. Вишенского, А.С. Гаврилова, Б.Н. Маликова, В. Маркведа, Г.И. Марчука, В.А. Петрухина, А.Г. Руссела, Т.С. Селегей, В.С. Тикунова и др.

Накопленный в рамках данного исследования значительный объем картографического, аналитического, графического материала представлен на геопортале «Комфортная среда» [4], созданном под руководством

автора. В качестве геоинформационного инструмента, реализующего задачу web-визуализации электронных карт, был использован модуль «qgis2web» программного продукта Qgis. На основании имеющихся картографических материалов, были сформулированы следующие уровни территориальной детализации картографического онлайн-сервиса загрязнения атмосферного воздуха: город, субъект РФ, федеральный округ, РФ.

Результаты и их обсуждение. Поэтапный процесс осуществления деятельности по 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.

Фаза проектирования. С методологической точки зрения, наименее проработанными являются задачи, рассматриваемые на фазе проектирования. Применительно к картографической визуализации можно предложить следующие критерии репрезентативности используемых данных:

1. Критерий достаточной обоснованности (или истинность), предполагает методологическую репрезентативность используемых данных о состоянии атмосферного воздуха (например, репрезентативность используемой выборки; использование методик расчета, подтвержденных длительными эмпирическими исследованиями; достаточное для пространственной интерпретации количество пунктов отбора или постов наблюдения);

2. Критерий интерсубъективности, предполагает воспроизводимость получаемых данных для другой территории. Поскольку критерий интерсубъективности конкретизируется требованием воспроизводимости научного знания, то есть одинаковостью результатов при одинаковых условиях эксперимента, он же может использоваться 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, имеющихся данных с другими источниками информации о состоянии атмосферного воздуха. Можно рассматривать

критерий сходимости и более широко – как соответствие полученных данных другим областям знания: научного, обыденного, художественного.

Необходимо отметить, что репрезентативными можно считать данные, отвечающие всем трем критериям истинности. Репрезентативность данных, используемых в создании 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 [2] приводит к тому, что в некоторых случаях (на интерактивных картах) возможен почти полный отказ от генерализации либо переход к «ступенчатой» генерализации (эффекту пирамиды);

2. Математико-статистические подходы. Рекомендации по использованию различных математико-статистических подходов в значительной степени переменны 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 [1];

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.

Можно отметить разноречивость влияния факторов репрезентативности на достоверность исходных данных о состоянии атмосферного воздуха. Сложность и многообразие их влияния является основной причиной формирования некорректных картографических материалов, характеризующих состояние атмосферного воздуха.

Технологическая фаза. В общем случае вопросами, изучающими законы построения и функционирования знаковых систем, занимается семиотика. Для того чтобы содержание того или иного сообщения, которое один человек может передать другому, было понято получателем, необходим такой способ трансляции, который позволил бы получателю раскрыть смысл сообщения. Это возможно в том случае, если сообщение выражается в знаках, несущих доверенное им значение, и, если передающий и получающий информацию одинаково понимают связь между значением и знаком. При выборе способов и средств картографического изображения состояния атмосферного воздуха большую роль играют такие факторы как особенности исходных данных и картографируемой территории, наглядность и общедоступность используемых способов и средств, назначение и масштаб картографического материала.

Рефлексивная фаза в рамках данной работы понимается в контексте оценки содержания и качества полученного картографического результата. Термин «оценка» предполагает под собой установление уровня качества [9] и может рассматриваться с двух позиций:

1. Оценка исследователем качества, наглядности, репрезентативности созданных им карт. Такой подход подразумевает оценку качества картографического материала, сравнение полученных значений с данными из других источников (картографических, литературных, статистических). В ходе верификации возможна доработка картографического материала по аналогии с циклом Деминга [5];

2. Оценка содержания карт как результата научного исследования. При таком подходе важным является установление пространственных связей и особенностей загрязнения атмосферного воздуха, формирование прогнозов развития ситуации, оценка рисков здоровью населения. Выявление крупнейших ареалов загрязнения, часто формируемых в результате влияния нескольких крупных городов-источников выбросов, в дальнейшем может служить основой для формирования рекомендаций при разработке целевых мероприятий по улучшению качества атмосферного воздуха.

Заключение. В ходе проведенного исследования были сформулированы подходы к оценке факторов и критериев репрезентативности картографического материала. Рассмотрены общие вопросы подходов к картографической интерпретации результатов мониторинга состояния атмосферного воздуха в контексте сформулированного научно-методологического аппарата. Использование научно-методологического аппарата, позволяющего систематизировать существующие подходы к получению, анализу и картографической визуализации данных о состоянии атмосферного воздуха, будет способствовать повышению качества, репрезентативности

и содержательности карт состояния атмосферного воздуха, создаст возможности для формирования нового кластера карт состояния атмосферного воздуха, характеризующихся высокой степенью достоверности и репрезентативности и используемых для информационного обеспечения населения, органов исполнительной власти и административного управления.

Библиографические ссылки

1. *Бородачев С. М.* Методы математической статистики: учебное пособие. Екатеринбург : УрФУ, 2012. 129 с.
2. *Ваньшева С. Е., Шмидтгаль Р. Р., Афанасьев С. А.* Обзор геоинформационных систем // Современные тенденции и инновации в науке и производстве. Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции. Междуреченск 2019.
3. Комфортная среда. URL: <https://komfortsreda.udsu.ru/> (дата обращения: 19.07.2024).
4. *Репин В. В., Елиферов В. Г.* Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М. : РИА «Стандарты и качество», 2008. 408 с.
5. *Семакина А. В., Платунова Г. Р., Мансуров А. Р.* Состояние атмосферного воздуха на территории Республики Башкортостан // Вестник Удмуртского университета. 2020. Сер. Биология. Науки о Земле, Т. 30, Вып. 3. С. 278-284.
6. *Семакина А. В., Габдуллин В. М.* Моделирование загрязнения атмосферы над территорией Приволжского федерального округа // Вестник Удмуртского государственного университета. 2010. Сер. Науки о Земле. Вып. 2. С. 3-11.
7. Формирование онлайн-карт загрязнения атмосферного воздуха г. Ижевска, формируемого выбросами передвижных источников. // А. В. Семакина [и др.] // Географический вестник. 2023. № 2 (65). С.105-121.
8. Советский энциклопедический словарь. М. : Большая российская энциклопедия, 2002. С. 864.
9. *Стурман В. И.* Экологическое картографирование: учеб. пособие. Ижевск. : Изд. дом «Удмуртский университет», 2000. 152 с.
10. Философский энциклопедический словарь. М. : Сов. Энциклопедия, 1983. 839с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПЕРЕХОДЕ К ОРГАНИЧЕСКОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ

О. В. Синчук¹⁾, А. П. Колбас^{2,3)}

¹⁾Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
aleh.sinchuk@gmail.com

²⁾Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь,
aliaksandr.kolbas@gmail.com

³⁾Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Приводятся сведения о предварительных результатах и перспективах использования биологических препаратов для защиты плодово-ягодных культур в условиях Брестского региона. В результате проведенных полевых испытаний отечественных препаратов на яблонях, вишне и малине выявлена их различная эффективность в борьбе с болезнями и вредителями, в зависимости от обрабатываемой культуры и состава. Установлены инсектицидное и фунгицидное действия исследуемых препаратов.

Ключевые слова: вишня; биологические препараты; малина; органическое земледелие; садовые агроэкосистемы; яблоня.

Введение. Современное сельскохозяйственное производство в различных странах мира столкнулось с необходимостью решения сразу двух важнейших проблем – гарантированной защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков и одновременно – защиты окружающей среды от техногенного загрязнения. С этим тесно взаимосвязаны и задачи получения качественной, полноценной, экологически безопасной пищи для человека и повышения уровня конкурентоспособности растениеводческой продукции [1]. Одним из подходов является использование биологических препаратов (биопестицидов), в состав которых входят агенты биологической природы (микроорганизмы, их метаболиты, нематоды и т.д.) [1, 2].

Особый интерес представляют микробиологические препараты. Одним из ярких примеров может служить Битоксибациллин, который имеет длительную историю создания (разработан еще в СССР) [3]. С развитием органического земледелия в Беларуси [4] отмечается расширение его производства и создание новых микробиологических отечественных препаратов, которые широко используются на приусадебных

участках и в тепличных хозяйствах [5]. В тоже время начинает проводиться экспериментальная работа и в открытом грунте для промышленного выращивания ягод и фруктов [5, 6].

Целью данного исследования являлась оценка влияния микробиологических препаратов на вредителей и болезни плодово-ягодных растений в садовых агроэкосистемах.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в условиях плодово-ягодного сада отдела «Агробиология» УО «БрГУ им. А.С. Пушкина» в течении полевого сезона 2024 года. Для этих целей проводились обработки яблони домашней, вишни обыкновенной и малины обыкновенной при помощи аккумуляторного опрыскивателя в период с апреля по июль. Общий сценарий обработок соответствовал рекомендуемому календарю мероприятий по защите плодово-ягодных культур. Первые обработки против комплекса вредителей проводились с 14.04.2024, против заболеваний с 17.06.2024.

Исследовалось влияние биопрепаратов: Битоксибациллин – штамм *Bacillus thuringiensis var. thuringiensis* (производство Россия), PROFIT АнтиВредитель Aqua – композиция штамма бактерии *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* и грибов *Lecanicillium lecanii* и *Beauveria sp.* (производство Беларусь), Энтолек – штамм *Lecanicillium lecanii* (производство Беларусь), PROFIT Энергия роста Aqua (Триходерма) – композиция изолятов грибов рода *Trichoderma sp.* (производство Беларусь). При этом инсектициды не смешивались с препаратами для защиты от болезней растений и вносились отдельно.

Обработки производились по всей надземной части модельных растений (ствол, побеги, крона, листья, цветки и плоды) не менее чем один раз в месяц [7]. Идентификация видов членистоногих [8–9] и заболеваний [8, 10–11] осуществлялась при помощи специализированных определителей.

Для сравнения приводятся сведения визуальной оценки степени пораженности микологическими инфекциями (число пораженных листьев/плодов по отношению к листьям без явных поражений в %) и заселенность вредителями (число поврежденных листовых пластинок к неповрежденным в %). Оценка проводилась со всей доступной визуальному осмотру кроны растений (выборочно осматривались не менее 30 листьев/плодов).

Результаты и их обсуждение. Среди основных вредителей в весенне-летний период отмечены: для яблони домашней – *Aphis sp.*, *Yponomeuta malinellus*, *Anthonomus pomorum*, *Coleophora hemerobiella*,

Hoplocampa testudinea, *Callisto denticulella*; для вишни обыкновенной – *Myzus cerasi*, *Phyllonorycter* sp., *Lyonetia clerkella*; для малины обыкновенной – *Coreus marginatus*, *Vyturus tomentosus*.

Яблоня домашняя повреждается целым комплексом вредителей, которые поедают вегетативные и генеративные органы. При этом отмечены вспышка размножения *Aphis* sp., *Coleophora hemerobiella*. Стоит отметить влияние тлей на скручивание листьев, что визуально хорошо различимо на кроне.

Вместе с тем рассматривалась и оценивалась заселенность минирующими насекомыми листовых пластинок: *Callisto*, *Phyllonorycter*, *Coleophora*, *Stigmella*, *Lyonetia*. На контрольных растениях, где не проводилась обработка, отмечено формирование гусениц *Yponomeuta malinellus*, которые сначала развиваются в паренхиме молодых листьев яблони, постепенно переходя из одних листочков в другие; при этом кожица листьев как сверху, так и снизу остается нетронутой. Пораженные органы буреют, постепенно засыхая и опадая с деревьев. Через некоторое время гусеницы выходят наружу, покрывая верхнюю сторону листьев паутиной тканью, под которой гусеницы собираются группами. Во второй половине мая гусеницы поселяются на вершинах ветвей, устраивая большие гнезда из паутины; гнездо постепенно расширяется и захватывает все новые и новые листья, так что число гусениц в гнезде может достигать до 300. На модельных растениях во время оценки гусеницы не были обнаружены.

Среди заболеваний основным можно считать паршу на листьях и плодах, возбудителем которой является: *Venturia inaequalis*, зараженность данным грибом была оценена (табл. 1).

Было выявлено, что хороший эффект дает сочетание использования препарата Энтолек с PROFIT Энергия роста Aqua (Триходерма). Однако, не один препарат отдельно не оказал значительного влияния на насекомых минеров. Стоит обратить внимание на препарат PROFIT АнтиВредитель Aqua, который оказывает влияние на тлей и минирующих насекомых. Битоксибациллин оказывает незначительное влияние на тлей и минирующих насекомых. Однако в весенний период при внесении препарата перед цветением отмечается влияние на яблоневого цветоеда.

Таблица 1

Предварительные данные по влиянию биологических препаратов на грибные заболевания и вредителей на яблоне домашней (на 26.07.2024)

Модель обработок	Степень заболеваемости, %		Заселенность вредителями, %	
	Листья (парша)	Плоды (параша)	Мины на листьях	Наличие тли
Контроль	20 %	20 %	7 %	15 %
Битоксибациллин + Триходерма	20 %	10 %	5 %	10 %
Энтолек + Триходерма	5 %	7 %	5 %	3 %
АнтиВредитель + Триходерма	10 %	15 %	4 %	4 %

При оценке заболеваемости вишни обыкновенной отмечалась наличие пятнистости на листьях и повреждение листовых пластинок грызущими насекомыми (табл. 2). Повреждения листовых пластинок вредителем *Phyllonorycter sp.* зарегистрировано на единичных растениях. Тля ко времени оценки на листовых пластинках отсутствовала. По результатам предварительной оценки положительный результат получен в сочетании микробиологических препаратов PROFIT АнтиВредитель + Триходерма. В остальных случаях требуется более детальный анализ.

Таблица 2

Предварительные данные по влиянию биологических препаратов на грибные заболевания и вредителей на двух сортах вишни обыкновенной (на 26.07.2024)

Модель обработок	Степень заболеваемости, %	Заселенность вредителями, %
Контроль	1–4 %	3–4 %
Битоксибациллин + Триходерма	1 %	2 %
Энтолек + Триходерма	1–2 %	1–3 %
АнтиВредитель + Триходерма	1 %	1 %

Степень поражения грибными заболеваниями малины оценивалась по пожелтению листьев и наличию типичных поражений. Заселенность вредителями оценивалась по скрученности листьев и побегов (табл. 3). При этом на всех растениях малины присутствовали массово

Coreus marginatus, которые могли служить переносчиками вирусных заболеваний листьев. Кроме того, на ягодах отмечалась серая гниль – возбудитель *Botrytis cinerea*. Однако, оценка заболеваемости ягод была затруднена из-за недостаточности объема выборки. Визуальная оценка позволяет констатировать влияние препарата против заболеваемости вегетативной части растений на основе грибов рода *Trichoderma sp.* В тоже же время достаточно сложно сказать о значительном влиянии биопрепаратов на вредителей вишни, в этом отношении лучше всего себя проявил препарат Энтолек.

Таблица 3

Предварительные данные по влиянию биологических препаратов на грибные заболевания и вредителей на малине обыкновенной (на 26.07.2024)

Модель обработок	Степень заболеваемости листьев, %	Заселенность вредителями, %
Контроль	15 %	5 %
Битоксибациллин + Триходерма	4 %	3 %
Энтолек + Триходерма	6 %	2 %
АнтиВредитель + Триходерма	3 %	5 %

Заключение. По предварительным данным визуальной оценки влияния микробиологических препаратов на вредителей плодово-ягодных культур в условиях садовых агроэкосистем Брестского региона отмечено влияние препаратов Энтолек, PROFIT АнтиВредитель Aqua (композиция грибов и бактерий) в сочетании с PROFIT Энергия роста Aqua (Триходерма). В дальнейшем планируется провести детальный анализ действия препаратов на различных этапах вегетации.

Исследования проводились при финансовой поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований, проект БРФФИ-БРЕСТ Х24Б-005 «Комплексное исследование садовых агроэкосистем Брестского региона с целью повышения качества и экологичности продукции при переходе к органическому земледелию» (№ ГР 20241063 от 03.06.2024 г.).

Библиографические ссылки

1. Биопрепараты для защиты растений: оценка качества и эффективности: учебное пособие / О. М. Минаева [и др.]. Томск : Издательский Дом Томского государственного университета. 2018. 130 с.
2. Вредители и болезни цветочно-декоративных растений / Ю. В. Синадский [и др.]. Москва : Наука, 1982. 592 с.
3. Битоксибациллин в системе защиты растений от паутинных клещей / И. Н. Яковлева [и др.] // Гавриш. 2013. №. 4. С. 23–29.

4. Концепция развития органического сельского хозяйства в Республике Беларусь / А. П. Шпак [и др.]. Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2015. 23 с.
5. Разработка современных микробных препаратов в институте защиты растений в Беларуси / С. Сорока [и др.] // *Protecția plantelor – realizări și perspective*, Ed. 47, 27–28 Octombrie 2015. г. Кишинев. Кишинев : «Print-Caro» SRL, 2015. №.47. P. 16–19.
6. Регулирование численности фитофагов биопрепаратами в насаждениях плодовых и ягодных культур в Беларуси / С. И. Ярчаковская [и др.] // *Защита растений*. 2017. № 41. С. 263–272.
7. *Корчагин В. Н.* Защита растений от вредителей и болезней на садово-огородном участке: справочник. Москва : Агропромиздат, 1988. 317 с.
8. *Ellis W.N.* Plant Parasites of Europe: leaf miners, galls and fungi. 2001–2021. URL: <https://bladmineerders.nl> (date of access: 12.05.2024).
9. *Chinery M.* Collins guide to the insects of Britain and Western Europe. London: HarperCollins Publishers, 1993. 320 p.
10. *Трейвас Л. Ю., Каутанова О.А.* Болезни и вредители плодовых растений: Атлас-определитель. Москва: Фитон XXI, 2024. 352 с.
11. Атлас болезней и вредителей плодовых, ягодных, овощных культур и винограда / Г. Ванек [и др.]. Москва, 1989. 410 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ СРЕДНЕГО УРАЛА

Н. В. Скок, Ю. Р. Иванова, А. М. Юровских

*Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия,
skok-nv-gbf@mail.ru, miss.nocentra@list.ru, an.m.evd@mail.ru*

В статье рассматривается влияние развития сельского хозяйства на природные комплексы Среднего Урала. Обсуждаются изменения, которые происходят в ландшафтах, почвенно-растительном покрове под воздействием сельскохозяйственной деятельности. Анализируется история и причины развития земледелия на Среднем Урале. Приводится информация об антропогенной деградации травяного состава.

Ключевые слова: Средний Урал; сельское хозяйство; антропогенные модификации; природные комплексы; антропогенная деградация.

Введение. Средний Урал является старопромышленным регионом с ландшафтным разнообразием, обусловленным положением на стыке зональных, секторных и тектогенных единиц. Развитие сельского хозяйства на изучаемой территории определено природно-климатическими условиями и историческим развитием. Скотоводство и земледелие необходимы для обеспечения пищей и кормами быстро растущего населения. Развитие сельского хозяйства на Среднем Урале оказывает существенное воздействие на природные комплексы, а расширение угодий приводит к вырубке лесов, уменьшению биоразнообразия и антропогенной деградации почвенно-растительного покрова.

Материалы и методы исследований. Изучением сельского хозяйства на Среднем Урале в разные периоды времени занимались В.И. Прокаев, Б.П. Колесников, В.Н. Мамяченков [2-4, 6]. По исследованиям А.В. Абрамчук описано антропогенное воздействие на растительный покров Среднего Урала в связи с сельскохозяйственной деятельностью [1]. Лесистость на изучаемой территории рассмотрена по глобальной карте лесного покрова Хансена и др. [8].

Результаты и их обсуждение. Ландшафтная структура Среднего Урала сложилась под совместным воздействием природных и антропогенных факторов. Изучаемая территория ограничена Косьвинским Камнем и горой Ослянкой на севере и долиной р. Уфалей на юге. Западная граница предгорий проходит по линии Лысьва – Красноуфимск – Натальинск, восточная граница пенеplена – по линии – Нижняя Салда – Алапаевск –

Артемовский – Богданович – Каменск-Уральский. Средний Урал подразделяется на края западных предгорий, низкогорной полосы, восточных предгорий и Зауральского пенеплена. Западные предгорья сложены осадочными породами верхнего палеозоя, местами распространены известняки и доломиты. В горной полосе представлены выходы кварцитов и габбро, в восточных предгорьях – вулканическими и осадочными породами с внедрением гранитов. Геологическую основу Зауральского пенеплена составляют гнейсы, кварциты, зеленые сланцы, туфы, серпентиниты с крупными гранитными интрузиями. Климат на Среднем Урале – избыточно влажный, с длительной холодной зимой и теплым летом. Глубоко врезанные речные долины дренируют местность. Такие условия благоприятны для ведения земледелия в предгорьях Среднего Урала. Для межгорных депрессий характерны инверсии температур, что отрицательно влияет на ведение полеводства в горной полосе.

Территория Среднего Урала расположена в южнотаежной подзоне. Западным предгорьям и горной полосе свойственны темнохвойные еловые леса с участием пихты, восточным предгорьям и северной части Зауральского пенеплена – светлохвойные сосновые леса с примесью березы и небольшого количества лиственницы. Юго-восточная часть Среднего Урала в пределах небольшого участка пенеплена, входит в северолесостепную подзону с участками березовых и осиново-березовых лесов [7].

Средний Урал расположен в зоне рискованного земледелия. Западные предгорья по сравнению со всеми другими районами изучаемой территории отличаются наиболее теплым и сухим климатом. Почвенно-растительный покров носит лесостепной характер, открытые пространства, в основном, распаханы. Подлесок березовых колков изрежен из-за их использования в качестве пастбищных и сенокосных угодий. В горной полосе Среднего Урала, в основном, развито лесное хозяйство. Природно-климатические условия территории неблагоприятны для развития земледелия, поэтому наибольшее значение из сельскохозяйственных угодий имеют сенокосы. Они сформировались на месте вырубленных лесов на склонах хребтов и в межгорных депрессиях и увеличивались за счет углежжения [6]. Горный рельеф и каменистость большей части почв препятствовали расчистке леса на вершинах под луга. Это привело преобладанию их в виде мелких участков.

Слабое развитие земледелия и большое поголовье лошадей и крупного рогатого скота обуславливало потребность в больших кормовых угодьях около населенных пунктов. Быстрый рост экономики и численности населения к началу XX в. привели к значительному увеличению площади покосов в горной полосе Среднего Урала.

К 30-м годам XX в. переселенцам – раскулаченным крестьянам – в горной полосе выдавались надельные участки, которые большинством земледельцев превращены в пашни, путем сведения леса. В середине XX в. вблизи населенных пунктов и молочно-товарных ферм развивалось сельское хозяйство пригородного типа – организовывались совхозы молочно и овощного направлений. Большие площади были заняты под посадки картофеля, капусты и других овощных культур. В дальнейшем, наблюдалось сокращение площадей посевов основных сельскохозяйственных культур, кроме кормовых [3, 4].

Покосы и пастбища занимали значительные площади в предгорьях Среднего Урала и межгорных депрессиях. В теплый период крупный рогатый скот из пригородов переводился на летние пастбища. В связи с интенсивным выпасом крупного рогатого скота на лугах начала развиваться пасторальная дигрессия: уменьшалось количество видов высокотравья и среднетравья, увеличивалось количество низкорослых злаков и однолетников, разрастались непоедаемые и инвазивные виды, такие как чемерица, лютики и т.д. Ранневесенний выпас на влажных и сырых лугах в депрессиях привел к деформации поверхности и уплотнению верхнего слоя почвы.

В 90-е годы XX в. сельское хозяйство приходит в упадок, совхозы прекращают свое существование. Большинство покосов и пастбищ оказались заброшенными, на которых в настоящее время формируются еловые и осиновые мелколесья. Постепенно зарастающие поля переводятся в другую категорию земель и передаются физическим лицам для ведения личного подсобного хозяйства. Однако, площадь редколесий и лугов в данной категории земель остается значительной.

Восточные предгорья Среднего Урала также испытали длительное антропогенное воздействие в связи с разработкой месторождений полезных ископаемых [6, 7]. Вблизи промышленных населенных пунктов наблюдается сокращение площади лесных насаждений за счет их перевода в сельскохозяйственные угодья: пашни, пастбища и сенокосы. Около крупных городов расположены многочисленные коллективные сады, коттеджные поселки и турбазы. В настоящее время лесистость восточных предгорий в южной части составляет около 40–60 % и только в северной половине она местами приближается к той, которая свойственна горной полосе и высоким западным предгорьям — 60–75 %. Производные леса представлены березовыми насаждениями.

Леса пенеplена, как и восточные предгорья, претерпели значительные изменения в связи с открытой разработкой месторождений полезных ископаемых. Район также отличается относительно благоприятными для развития сельского хозяйства рельефом и почвенно-климатическими условиями. По мере освоения земель была вырублена значительная часть лесов. В настоящее время лесистость территории составляет менее 50 %.

Сильнее всего обезлесена южная часть пенеplена, особенно в междуречьях Пышмы и Исети, в восточных окрестностях Екатеринбурга. Леса здесь подверглись сплошным рубкам, а также влиянию лесных пожаров, в результате чего сосняки заменились на березняки или сосново-березовые сообщества.

Практически все участки степей, остепненных лугов и лесных угодий с конца XVII в. начали осваиваться под посеы. Пашни расположены на хорошо дренируемых пологих склонах междуречий и широких речных террасах и заняты кормовыми культурами – кукурузой, картофелем, а также посевами ячменя, пшеницы и рапса. Длительное воздействие деятельности человека на луговые сообщества привело к существенным изменениям травяного покрова. Сформировались сообщества с большим количеством синантропных видов, указывающих на три стадии антропогенной деградации. Остепненные разнотравные луга на I стадии заменяются на мелкозлаковые, среднетравно-мелкозлаковые или мелкозлаково-среднетравные, на II стадии – мелкотравно-мелкозлаковые, на III – мелкотравные и мелкозлаково-мелкотравные. Такой процесс сопровождается обеднением флористического состава и снижением его продуктивности [1].

Сильное влияние в связи с выпасом скота и сенокошением испытывают и колки, которые представлены березняками паркового типа с луговыми крупнозлаковыми видами травянистой растительности, что соответствует III стадии антропогенной деградации. В настоящее время продолжается интенсивное сельскохозяйственное освоение лесостепных участков [5]. В результате, в юго-восточной части изучаемой территории располагаются сельскохозяйственные угодья, при этом отсутствуют участки с коренным типом растительности.

Заключение. Таким образом, на территории Среднего Урала наблюдается изменение структуры растительного покрова в связи с сельскохозяйственной деятельностью человека. Вблизи промышленных населенных пунктов сокращаются площади лесных насаждений за счет их перевода в другие виды угодий. Дальнейшее усиление антропогенного влияния, в связи с ростом городов, будет приводить к уменьшению лесистости в горной полосе и предгорьях, а также к появлению пустырей со скудной растительностью на пенеplене.

Библиографические ссылки

1. *Абрамчук А. В.* Луга лесостепного Зауралья, их продуктивность и пути рационального использования: автореф. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук: 03.00.05. Свердловск, 1980. 28 с.
2. *Колесников Б. П., Шиманюк А. П.* Леса Свердловской области // Леса СССР. Т. 4. М. : Наука, 1969. С. 64-124.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕРА БРЕДНО

Н. Ю. Суховило, Д. Б. Власова, Б. П. Власов, А. А. Новик

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, sukhovilony@bsu.by

Приводится гидрохимическая характеристика озера Бредно, являющегося уникальным для Беларуси водным объектом, с низкими показателями минерализации воды, цветности, концентрации других растворенных веществ и произрастанием 3 видов растений, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь. Удаленное местоположение озера долгое время являлось препятствием для его активного рекреационного использования. Однако, в настоящее время антропогенная нагрузка на озеро возросла, что отразилось и на изменении гидрохимического режима.

Ключевые слова: гидрохимический режим; водные объекты; минерализация воды.

Введение. Гидрохимический режим озер формируется под влиянием ряда зональных и аazonальных природных факторов, а также хозяйственной деятельности человека, и служит индикатором их экологического состояния. Озеро Бредно является уникальным для Беларуси водным объектом и отличается малой площадью водосбора, почти полностью покрытого лесом, низкой минерализацией воды, цветностью, концентрацией других растворенных веществ. В нем произрастают 3 вида растений, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь: лобелия Дортмана, кувшинка белая и полушник озерный. Географическое положение озера вдали от крупных населенных пунктов и автомагистралей долгое время являлось препятствием для его активного рекреационного использования. В настоящее время рекреационная нагрузка на озеро несколько возросла. Это способствует изменению естественного гидрохимического режима озера, поэтому его изучение и прогноз представляются актуальными и важными для сохранения уникальной экосистемы водоема.

Материалы и методы исследований. Озеро Бредно расположено в Россонском районе Витебской области, на территории заказника «Красный Бор». Его площадь равна 0,28 км². Озеро относится к мелководным водоемам с максимальной глубиной около 4,7 м. Географическое положение водоема, а также его батиметрическую схему отражает рис. 1.

Исходными материалами для проведения данного исследования послужили фондовые материалы научно-исследовательской лаборатории озераведения БГУ, а также результаты полевого исследования озера

Бредно, проведенного авторами в 2022 г. Определение химического состава воды ранее осуществлялось стандартными лабораторными методами, в настоящее время для этого используется фотометрический метод.

Результаты и их обсуждение. За период исследований (с 1978 г.) минерализация воды в озере менялась от 5,4 мг/дм³ в 2001 г. до 31,72 мг/дм³ в 2022 г., как показано на рис. 2.

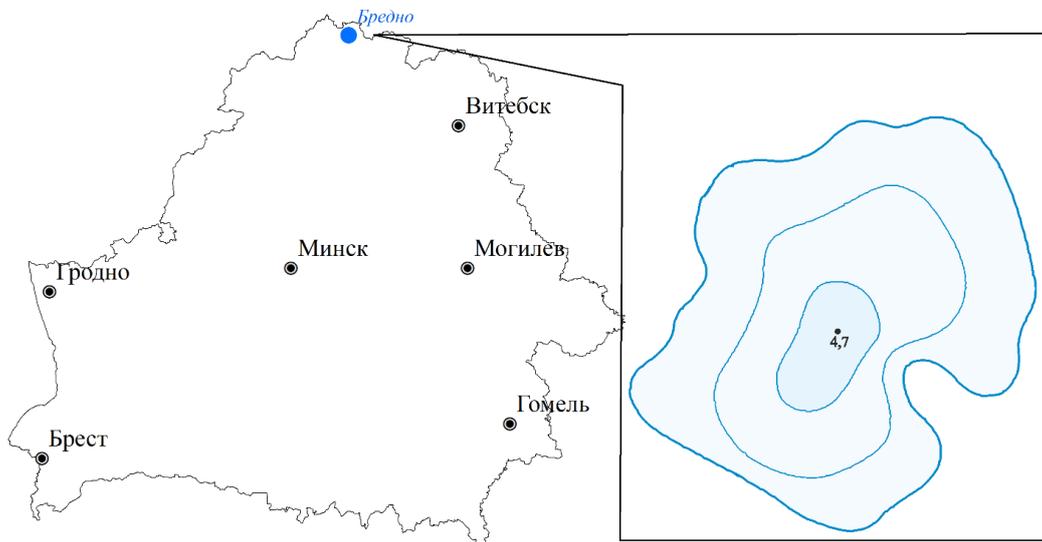


Рис. 1. Географическое положение и батиметрическая схема оз. Бредно

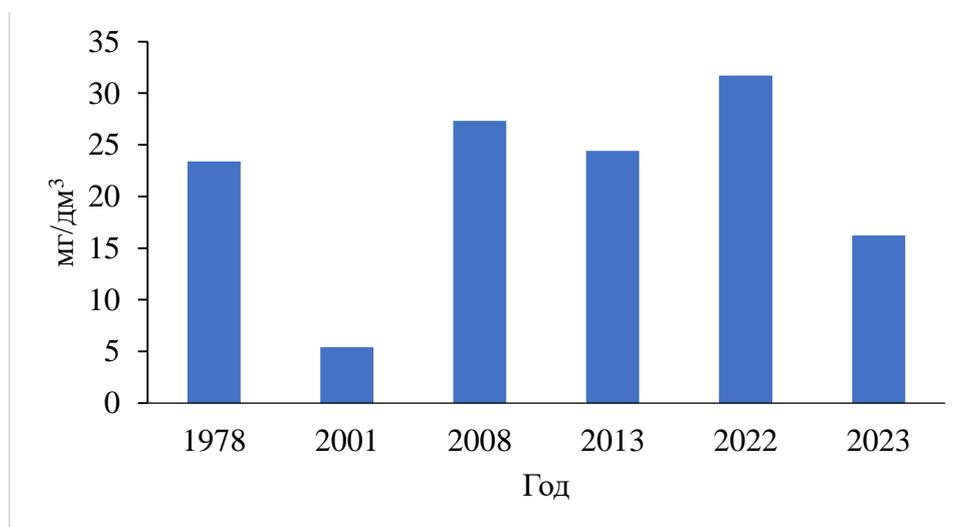


Рис. 2. Динамика общей минерализации в оз. Бредно в 1978 – 2023 гг.

Активный рост минерализации воды может быть объяснен увеличением рекреационной нагрузки на водоем, а также частично погодными условиями (повторяемостью летних засух с повышением минерализации вследствие интенсификации испарения с водной поверхностью).

Рост минерализации произошел в основном за счет роста содержания гидрокарбонат-иона. Его концентрация увеличивалась с 2001 года (с 0,7 мг/дм³ в 2001 г. до 24,4 мг/дм³ в 2022 г.).

На рис. 3 отражена динамика относительного содержания главных ионов в оз. Бредно. Из рисунка видно, что за последние 45 лет состав воды в озере изменился. В 2001 и 2013 гг. вода относилась к сульфатному классу кальциевой группы, в 1978, 2008, 2022–2023 г. – к зональному гидрокарбонатному классу кальциевой группы. При отборе проб в 2022 г., доля гидрокарбоната увеличилась.

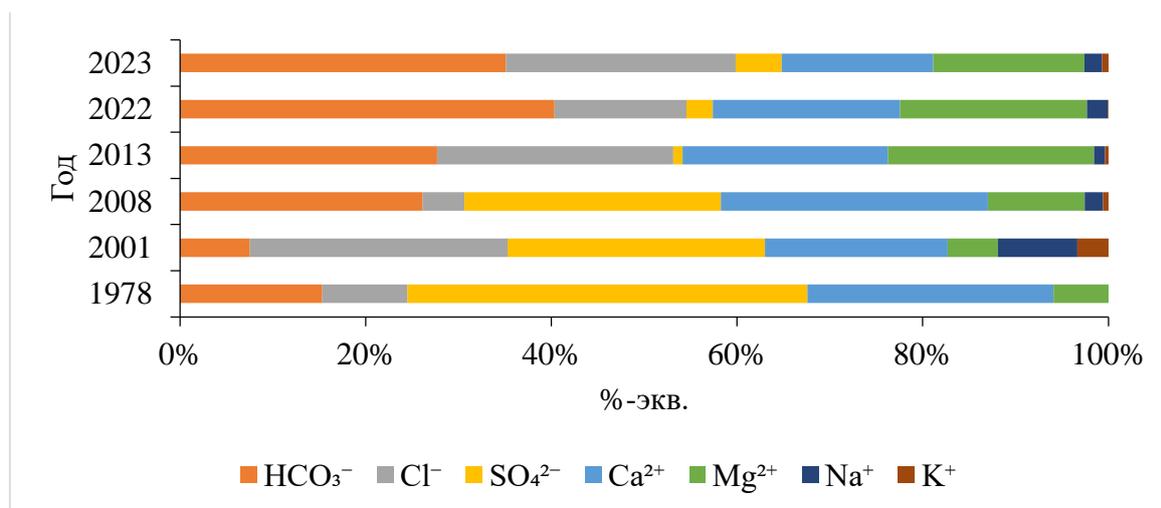


Рис. 3. Динамика соотношения между главными ионами в воде оз. Бредно в 1978 – 2023 гг.

Такие колебания гидрокарбонат-иона могут являться признаком неустойчивого карбонатного равновесия в водоеме. В настоящее время состав воды близок к гидрокарбонатному классу магниевой группы, т.к. доли ионов кальция и магния примерно равны. Высокая доля хлоридов является признаком рекреационной нагрузки, т.к. иные источники хлорид-ионов (дороги, посыпаемые песчано-солевыми смесями, промышленные предприятия и др.) вблизи озера отсутствуют.

В озере Бредно основными формами минерального азота являются нитратная, нитритная и аммонийная. Нитриты в водоеме были отмечены в 2001 г., в концентрации 0,12 мг/дм³ и в 2013 г. в концентрации 0,02 мг/дм³. Содержание нитратов на протяжении всего периода исследования озера постоянно возрастало и в 2023 г. достигло 0,5 мг/дм³. Концентрация ионов аммония с 1978 по 2023 гг. падала с 0,33 до 0,14 мг/дм³ со скачком до 0,25 мг/дм³ в 2013 г. На рис. 4 представлены графики многолетней динамики нитрат-, -нитрит и аммоний-ионов в оз. Бредно.

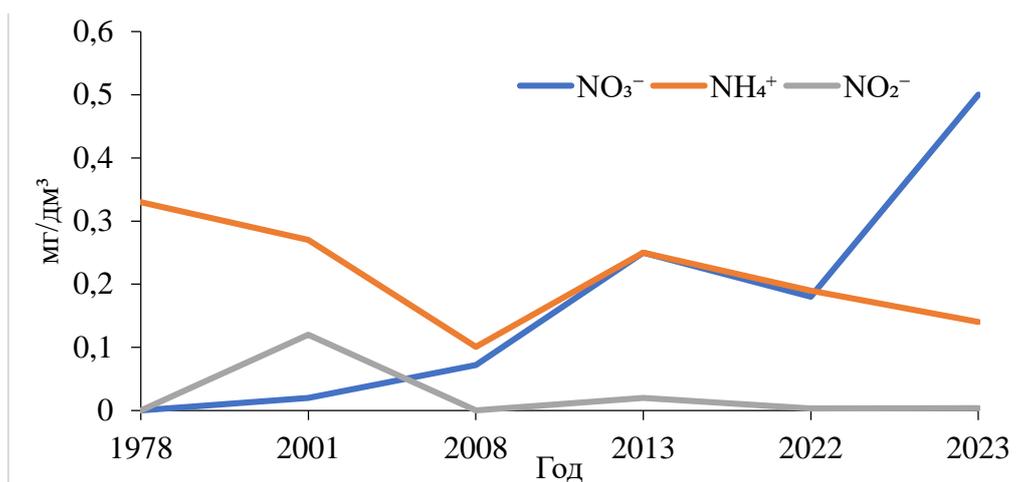


Рис. 4. Изменение концентрации нитрат- и аммоний-ионов в оз. Бредно в летний период в 1978 – 2023 гг.

Из-за небольшой глубины озера вертикальная дифференциация содержания минеральных форм азота незначительная.

Рис. 5 отражает многолетнюю динамику содержания фосфат-ионов в оз. Бредно.

До 2001 г. в озере отмечалось снижение концентрации фосфатов с 0,014 мг/дм³ до нуля, с 2008 по 2013 гг. наблюдался ее рост, в 2022-2023 гг. концентрация фосфат-иона снова была на уровне ниже чувствительности метода.

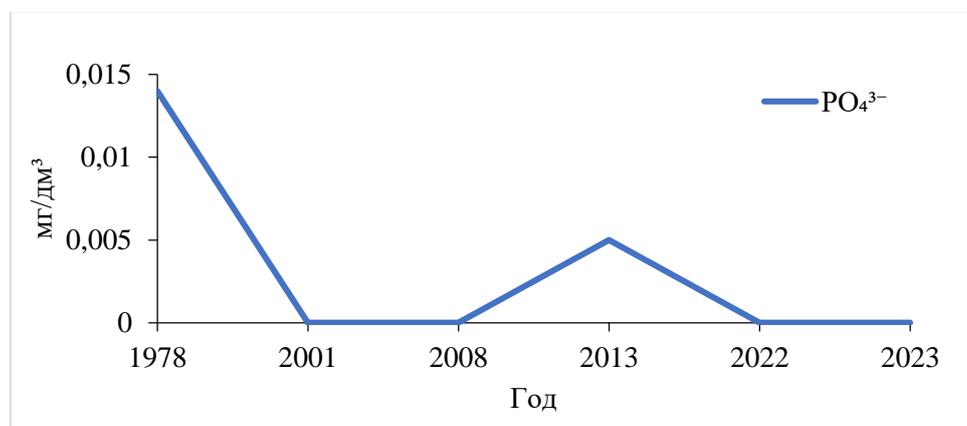


Рис. 5. Изменение концентрации фосфат-ионов в оз. Бредно в летний период в 1978 – 2023 гг.

Водородный показатель в поверхностном слое воды колеблется в пределах 4,8-5,9 с разовым его повышением в 2008 г. до 8,6, как показано на рис. 6. Увеличение цветности воды с 10° в 1978 г. до 43° в 2022 г., а также снижение прозрачности за тот же период с 4,7 до 2,0 м, проиллюстрированное на рис. 7, свидетельствуют об ухудшении качества воды и эвтрофировании уникальной озерной экосистемы.

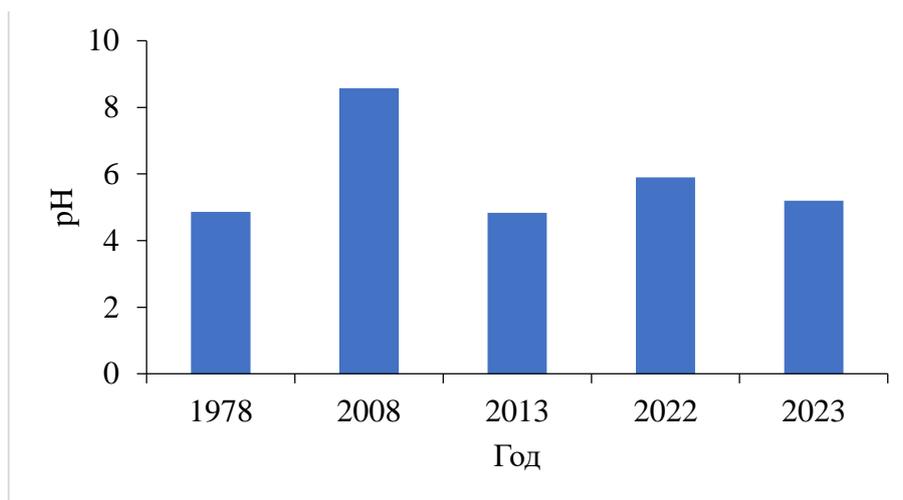


Рис. 6. Динамика водородного показателя в оз. Бредно за период 1978 – 2023 гг.

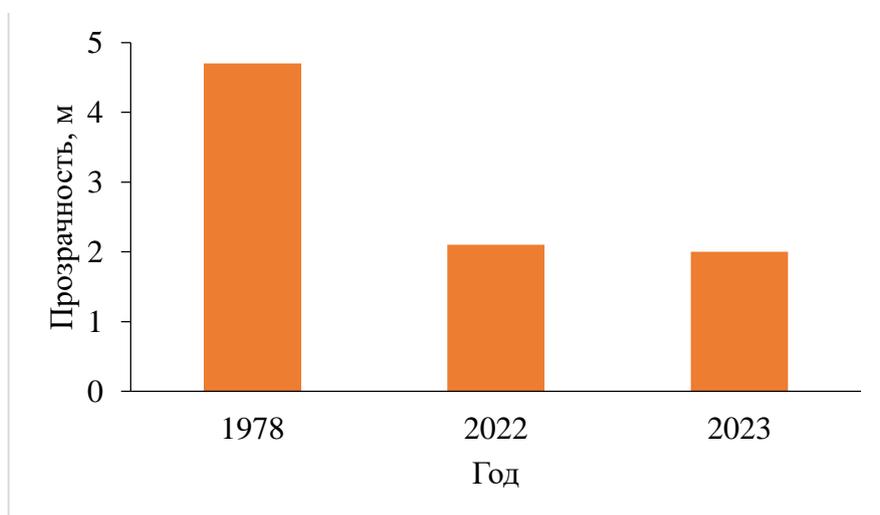


Рис. 7. Изменение прозрачности в оз. Бредно в летний период в 1978 – 2023 гг.

Заключение. Для восстановления гидрохимического режима озера Бредно необходимо регулирование потока отдыхающих, их информирование о недопустимости мытья посуды и стирки непосредственно в озере с использованием моющих средств.

Исследования были выполнены при финансовой поддержке БРФФИ (проект X22M-069)

Библиографические ссылки

1. Озера Беларуси: Справочник. / Б. П. Власов [и др.]. Минск : БГУ, 2004. 284 с.

ПОВТОРЯЕМОСТЬ И ПОСЛЕДСТВИЯ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ

И. В. Тарасевич¹⁾, И. С. Данилович^{1,2)}, Ю. А. Гледко¹⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,

²⁾ Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь
ira5582831@yandex.ru, DanilovichIS@bsu.by, Hledko@bsu.by

Приводится количественная характеристика и сведения об ущербе в результате возникновения опасных гидрологических явлений на территории Беларуси за последнее десятилетие. Проведенный анализ показал, что наиболее частыми являются такие явления, как низкие уровни воды (при которых нарушается судоходство, водоснабжение городов и водохозяйственных объектов).

Ключевые слова: реки; опасные явления; половодье; паводок; затопление; низкие уровни; ущерб.

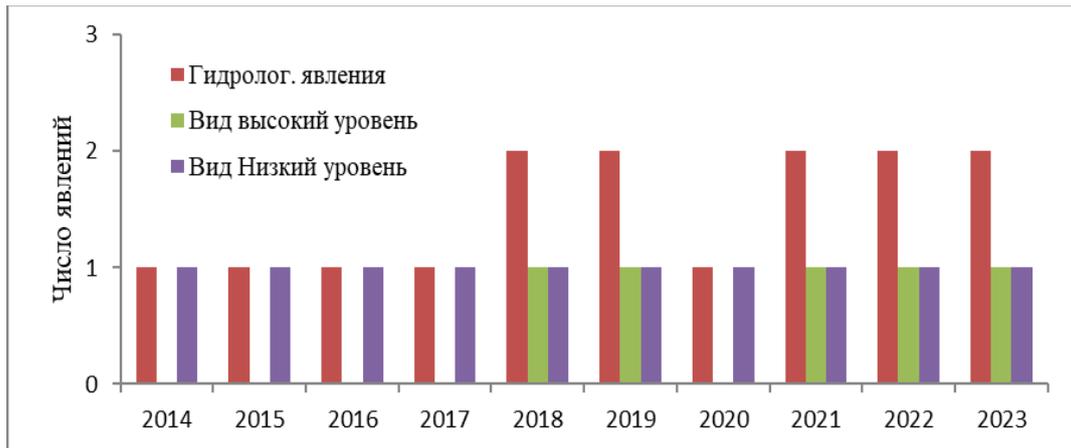
Введение. В связи с глобальными процессами трансформации климата, увеличивается повторяемость опасных и неблагоприятных явлений, в том числе на водных объектах. Для территории Беларуси опасными гидрологическими явлениями считаются: 1) высокие уровни воды, обусловленные прохождением половодья или дождевых паводков, подпоры уровней в результате заторов/зажоров, вызывающие значительный подъем воды в реках; 2) низкие уровни воды, опускающиеся ниже навигационных отметок; 3) ранний ледостав и появление льда на судоходных реках и водоемах.

На территории страны наиболее часто встречаются явления, связанные с высокими и низкими уровнями воды. Высокие уровни воды – значения уровней в реках, при которых происходит затопление населенных пунктов, посевов сельскохозяйственных культур, автомобильных и железных дорог или повреждение крупных промышленных и транспортных объектов. Под низкими уровнями воды понимаются значения уровней воды в реках ниже отметок, при которых нарушается судоходство, водоснабжение городов и водохозяйственных объектов.

Материалы и методы исследований. В работе использованы количественные характеристики Государственного водного кадастра Республики Беларусь, который находится в ведении Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [1]. Данные о количестве и виде опасных гидрологических явлений представлены в опубликованных и открытых источниках Министерства по чрезвычайным

ситуациям Республики Беларусь [3] и экологических бюллетенях [4] за период с 2014 по 2023 гг.

Результаты и их обсуждение. В течение последних 10 лет (2014-2023 гг.) на реках страны ежегодно отмечались опасные гидрологические явления: высокие уровни воды зафиксированы в 5 годах, низкие уровни в 10 годах, т.е. ежегодно. На рисунке представлено распределение количества опасных гидрологических явлений за рассматриваемый период.



Динамика опасных гидрологических явлений на реках Беларуси

В последние десятилетия в связи с изменением климата на территории страны, отмечается снижение повторяемости высоких уровней воды на реках. Это связано с преобладанием оттепельной погоды в зимний сезон, когда происходит накопление снеготазпасов на водосборах. С 1970-ых гг. отмечается постепенное снижение максимальных запасов воды в снеге перед началом весеннего половодья, и как следствие формируются невыраженные весенние половодья. Однако в последнее десятилетие в отдельные годы снеготазпасы на водосборах были близкими к средним многолетним значениям. В таблице 1 представлены сведения об опасных явлениях, связанных с резким повышением уровня воды и затоплением прилегающей территории.

Согласно сведений из табл. 1, формирование опасных высоких уровней, связанное с накоплением снеготазпасов отмечено в 2 годах, связанное с наложением дождевых паводков на половодье – в 2 годах, связанное с прохождением сильных осадков и формированием дождевого паводка – в 1 году из 5 лет с опасными высокими уровнями. Павловодье на реках страны формируется в результате поступления талой воды в русла рек, и годовые максимумы уровней воды формируется чаще всего в период павловодья. Несмотря на продолжающийся период потепления климата, сохраняется вероятность формирования значительных снеготазпасов на во-

досборах. В отдельные годы это усугубляется выпадением осадков в период весеннего половодья. Т. е. усиливается роль жидких осадков в формировании максимальных уровней воды на реках.

Таблица 1

Высокие уровни воды

Год	Река	Превышение опасных отметок, см	Ущерб
2018	Неман, Друть, Проня, Случь	9-83	Затопления участков грунтовых дорог, низководных автомобильных мостов, подворий и хозпостроек в отдельных районах Витебской и Минской областей, большинстве районов Могилевской и Гомельской областей.
2019	Реки басс. Западного Буга и Припяти	8-10	В результате дождевого паводка в мае произошел выход воды на пойму, подтопление прилегающей территории. Максимум дождевого паводка на реке Горынь превысил максимум весеннего половодья.
2021	Припять, Проня	4-6	Затопления низководных автомобильных мостов, участков грунтовых дорог, подворий и хозяйственных построек в отдельных районах Витебской, Могилевской и Гомельской областях.
2022	Сож, Проня, Ипуть, Неман	4-77	Дождевой паводок наложился на формирование максимумов весеннего половодья. Затопления жилых домов, подворий, хозяйственных построек, участков автодорог, низкоуровневных мостов в Гомельской, Минской, Могилевской и Гродненской областях.
2023	Западная Двина, Днепр, Цна, Друть, Березина, Сож, Проня, Припять, Птичь, Случь, Уборть	10-198	Дождевой паводок наложился на формирование максимумов весеннего половодья. От разлива рек наблюдались затопления жилых домов, подворий, хозяйственных построек, участков автодорог, низкоуровневных мостов в Брестской, Витебской, Минской, Могилевской и Гомельской областях.

За рассматриваемый период низкие уровни воды, как опасное гидрологическое явление, наблюдалось каждый год. На фоне потепления климата, годовые суммы осадков мало изменились, но отмечается их внутригодовое перераспределение. В летний период отмечается снижение продолжительности выпадения осадков и одновременно рост их суточных максимумов. Это свидетельствует о нарастании экстремальности климата и усилении его засушливости [2]. В табл. 2 представлены сведения о формировании очень низких уровнях воды или гидрологических засухах.

Низкие уровни воды обычно формируются к концу летнего сезона (август-сентябрь), постепенно снижаясь после прохождения весеннего половодья. Осенью водность рек повышается в результате возрастания циклогенеза и выпадения стокоформирующих осадков.

Тенденции последних лет заключаются в снижении высоты весеннего половодья и низкой водности рек уже вначале летнего периода. В дополнение отмечается возрастание засушливых условий в результате недобора осадков летом. Это приводит к более частому формированию очень низких уровней и как следствие затруднениям в водопользовании.

Таблица 2

Низкие уровни воды

Год	Река	Превышение опасных отметок, см	Продолжительность ОЯ, дни	Ущерб
2014	Западная Двина, Неман, Днепр, Припять	11–123	68-183	Сложившаяся гидрологическая обстановка на реках способствовала ухудшению экологического состояния рек и условий навигации по рекам.
2015	Большинство рек страны	19–147	50-183	Пересыхание озера Червоного, ухудшение экологического состояния, затруднения водопользования. На 22 гидрологических постах из 64 уровни воды опустились ниже исторических минимумов.
2016	Западный Буг, Березина, Сож, Припять	19-129	21-183	Снижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на реках оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2017	Бассейн р. Сож	22-72	76-160	Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2018	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож	15-87	80-227	Водность Западной Двины и Припяти - на 40-50 % меньше обычного. Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.

Окончание табл. 2

Год	Река	Превышение опасных отметок, см	Продолжительность ОЯ, дни	Ущерб
2019	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож	28-95	133-302	Осенью водность Западного Буга и Припяти оказалась значительно (на 50 %) меньше обычной для этого времени года. Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2020	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож	27-106	37-354	В конце лета в басс. Западной Двины, Немана, Вилии, Западного Буга и Припяти водность была в два раза меньше обычной для этого времени года. Понижение уровня воды ниже проектных отметок навигационного уровня оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2021	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож	25-95	67-298	В конце лета меньше нормы на 30-40 % оказалась водность Днепра, Березины и Сожа, а на 50-60 % водность Западной Двины, Западного Буга и Припяти. Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2022	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож, Припять	6-92	26-234	В конце лета водность Западной Двины и Припяти была в два раза меньше обычной для этого времени года. Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2023	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож	17-86	99-219	Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.

Заключение. Приведенный обзор опасных гидрологических явлений за последние 10 лет показывает, что наиболее частое ОГЯ связано с низко стоящими уровнями воды и понижением водности. Представлены количественные показатели ОГЯ. Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказывает негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность. Что говорит о необходимости комплексной оценки влияния опасных гидрологических явлений в отношении погодозависимых отраслей экономики, в первую очередь сельского хозяйства и водного транспорта, с целью минимизации ущерба.

Библиографические ссылки

1. Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://rad.org.by/articles/voda/> (дата обращения: 01.09.2024).

2. Данилович И. С., Пискунович Н. Г. Экстремальные проявления в режиме увлажнения на территории Беларуси в условиях трансформации климата // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2021. № 2. С. 32-44.

3. Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://mchs.gov.by/> (дата обращения: 01.09.2024).

4. Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://www.minpriroda.gov.by/ru/bulleten-ru/> (дата обращения: 01.09.2024).

ИСТИННЫЕ СБЕРЕЖЕНИЯ КАК МЕТОД ТИПОЛОГИИ РЕГИОНОВ ПО ЭКСТЕРНАЛИЯМ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

С. А. Туркина

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия,
sofia.turkina@mail.ru*

Приводится краткая характеристика метода расчета истинных сбережений в целях типологии территорий по экстерналиям экономического развития, анализируются ключевые преимущества и недостатки данного метода в сравнении с методом расчета индексов устойчивого развития. Производится апробация метода на примере регионов России за 2021 г.

Ключевые слова: истинные сбережения; экстерналии экономического развития; регионы России; типология регионов; устойчивое развитие.

Введение. В последние несколько десятилетий все большее внимание мирового сообщества уделяется вопросам достижения экономического развития, совместимого с минимизацией его экологических последствий и, напротив, с максимизацией его социальных эффектов. В контексте обозначенной проблематики особое место занимают вопросы неравенства экстерналий экономического развития между отдельными территориями и слоями населения.

Подходы в области оценки экономического развития стран и регионов эволюционировали в направлении от количественного измерения к качественному, а оценки качества этого развития в направлении – от социальной составляющей (развитие с учетом социального расслоения, расширения социальных возможностей, достижения равенства возможностей) к экологической (развитие с учетом снижения воздействий на компоненты окружающей среды и здоровье населения).

В текущий момент в большинстве уже выполненных российскими исследователями работ оценка экстерналий экономического развития регионов России производится посредством расчета либо для отдельно взятых регионов показателя истинных сбережений, представляющего собой скорректированный на величины экологического ущерба и инвестиций в человеческий капитал валовой региональный продукт (далее – ВРП), либо для всех регионов страны – интегральных индексов устойчивого развития, агрегирующих воедино разнообразные экологические, социальные и экономические компоненты. При этом методики расчетов как показателя

«истинные сбережения», так и интегральных индексов устойчивого развития существенно разнятся, что затрудняет сравнение итогов работ за разные годы и по разным регионам.

По числу работ, посвященных оценке экологических последствий и социальных эффектов экономического роста в регионах России, господствует подход, заключающийся в построении интегральных индексов. В последние годы особенно популярными стали индексы устойчивого развития городов и регионов России, базирующиеся на интеграции множества самых разных показателей [2]. При этом в случаях агрегирования большого числа весьма «спорных» показателей результаты работ становятся труднообъяснимыми и малозначимыми в практическом плане. Кроме того, методики расчетов данных индексов зачастую претерпевают изменения и несопоставимы между собой, что затрудняет анализ и сопоставление получаемых результатов. Преимуществом же данного метода выступает возможность выстраивания объектов исследований в единый и понятный широкому кругу заинтересованных сторон рейтинг.

В настоящей работе используется подход, предполагающий корректировку показателей экономического роста на величины экологического ущерба и вложений в социальную сферу. Расчет по единой методике и в единых (стоимостных) единицах измерения, относящегося к данному подходу показателя истинных сбережений позволяет сопоставлять получаемые результаты за разные годы и для разных по масштабам регионов. Кроме того, использование истинных сбережений предполагает последовательную корректировку показателей экономического развития на величины его ресурсных, экологических и социальных экстерналий, а не объединение в единый показатель разнонаправленных экологических и социально-экономических показателей, что определяет получение более соответствующих действительности и доступных для объяснения результатов. В то же время использование универсальной для всех регионов России методики расчета истинных сбережений ограничено малым набором показателей (в силу возможностей статистических баз), т. е. не учитывает специфические и в то же время зачастую наиболее важные для отдельных регионов компоненты.

Материалы и методы исследований. В настоящей работе была разработана и апробирована авторская методика по расчету истинных сбережений, применимая для работы одновременно с регионами России разной экономической специализации.

За основу при разработке методики была взята теоретическая идея показателя истинных сбережений: необходимо, чтобы интегральный показатель социально-экономического развития региона страны был

скорректирован на потребление основного капитала – амортизацию, стоимостные оценки истощения природных ресурсов (далее – ИПР) и ущерб от загрязнения окружающей среды (далее – УЗОС), а также на стоимостную оценку развития человеческого капитала (далее – ИЧК) [7, 8]. Таким образом, данный подход предполагает многокомпонентный расчет в стоимостных единицах и полностью соответствует международным методическим подходам в этой области и направлен на получение сбалансированного итогового результата.

Затем в каждую группу показателей (ИПР, УЗОС, ИЧК) был заложен набор из множества отдельных показателей, который был специально составлен для регионов России с опорой на применяемые в зарубежных и российских исследованиях метрики, а также с учетом ограниченных возможностей российских статистических баз данных.

Формирование набора показателей проводилось на основе принципа полноты и достаточности статистических данных для того, чтобы процесс оценки не был чересчур трудозатратным, но при этом была возможность отображения схожей с реальной ситуацией по каждой группе показателей. Кроме того, при формировании перечня показателей на уровне экспертной оценки также учитывался потенциал дифференциации их значений по регионам России, т.е. так называемая территориальная выраженность. Это необходимо для того, чтобы результаты расчета интегральных показателей имели шанс продемонстрировать различия между территориями, т.е. могли быть интерпретированы с географической точки зрения.

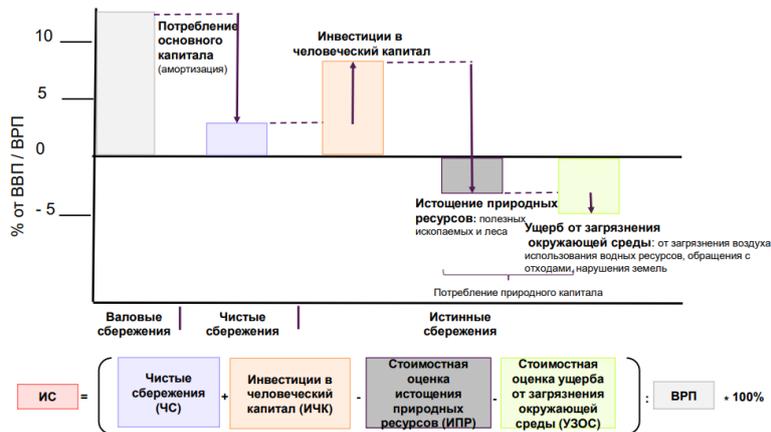


Рис. 1. Обобщенный алгоритм расчета истинных сбережений по регионам России

Основными источниками информации для выгрузки данных по заложенным в настоящую методику показателям выступили базы данных и статистические сборники Росстата [4, 5], ЕМИССа [3], Федеральной службы по надзору в сфере природопользования и иных ведомств РФ [6],

Государственные доклады Министерства природных ресурсов и экологии и иных ведомств РФ [1].

В результате были рассчитаны и проанализированы истинные сбережения 85 регионов России за 2021 г. (За исключением Донецкой Народной Республики (ДНР), Луганской Народной Республики (ЛНР), Луганской и Херсонской областей, по которым отсутствовали аналогичные остальным регионам России статистические данные по состоянию на 2021 г.).

По полученным значениям была проведена типология регионов России, в основу которой был заложен как итоговый показатель их истинных сбережений в % от ВРП, так и его покомпонентная структура (чистые сбережения (далее – ЧС) – ВРП за вычетом амортизации в % от ВРП; ИЧК в % от ВРП, стоимостная оценка УЗОС в % от ВРП; стоимостная оценка ИПР в % от ВРП). При этом при выделении групп регионов не учитывался абсолютный размер истинных сбережений, т.к. их объем находится в прямой зависимости от ВРП и несопоставим для регионов различного размера. Данные величины были использованы для анализа полученных результатов.

Результаты и их обсуждение. В первую группу был отнесен ряд регионов Сибири и Дальнего Востока, в которых истинные сбережения сильно отрицательны (менее -100 %), поскольку образование валовой добавленной стоимости (далее – ВДС) связано со значительными уровнями ресурсопотребления и загрязнения, которые не компенсируются инвестициями в человеческий капитал и основные фонды. Это объясняется низкой диверсифицированностью и экстенсивным характером хозяйственной деятельности, специализацией которой выступает добыча угля и цветных металлов.

Регионы второй группы с меньшими, но все еще отрицательными истинными сбережениями (от -100 % до 0 %), специализацией на отраслях, генерирующих высокий уровень ВДС и характеризующихся современными основными фондами, но сопровождающихся либо высоким истощением природных ресурсов, либо сильным воздействием на окружающую среду. Это регионы нефтегазодобычи, в которых воздействие на окружающую среду преимущественно на атмосферный воздух, добычи и производства черных, дорогих цветных и драгоценных металлов, которые сопровождаются воздействием на все компоненты окружающей среды и истощение ресурсов.

Регионы третьей группы – условная середина, отличающиеся положительными, но все равно меньшими по сравнению с ВРП истинными сбережениями (от 0 до 100 %). Это мощные, сбалансированные в социально-экономическом плане регионы, с высокими долями в структуре ВДС обрабатывающей промышленности и сектора услуг (часто в силу

наличия городов-миллионников). В них также присутствуют добывающие предприятия, но их вклад к экономике регионов сравнительно не велик. В результате экологическое воздействие частично компенсируется инвестициями в основные фонды. В данную группу также попадают регионы, специализирующиеся как на добыче, так и на обработке ресурсов, сопутствующие отрицательные экстерналии которых в некоторой мере покрываются инвестициями в человеческий капитал.

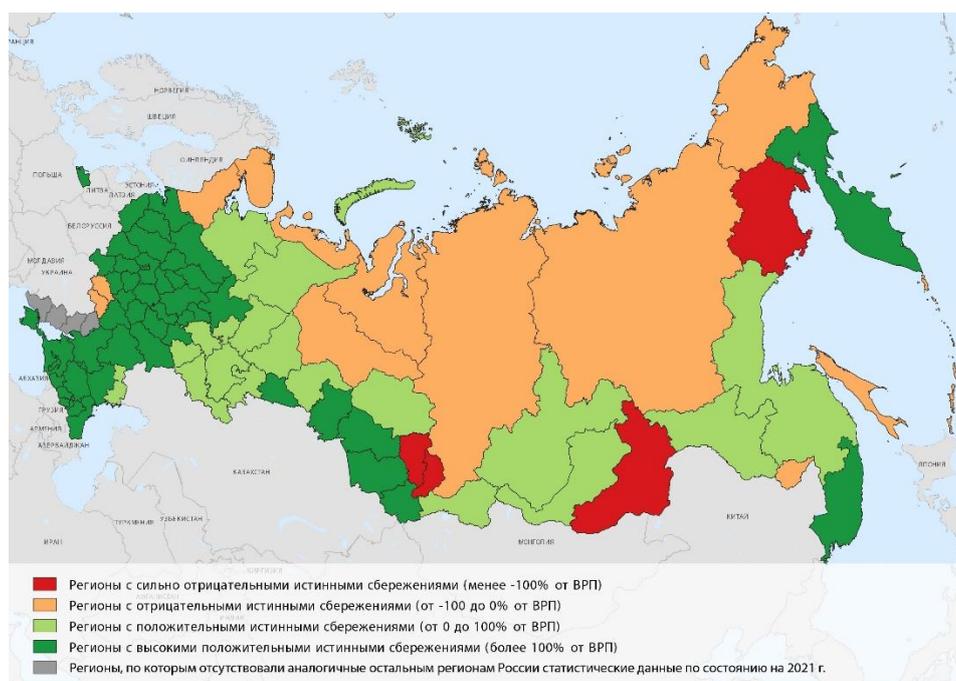


Рис. 2. Типы регионов РФ по истинным сбережениям и их компонентам, 2021 г.

Четвертая группа – регионы с высокими (более 100 %) истинными сбережениями, в них нет истощения природных ресурсов, слабое воздействие на окружающую среду, перекрываемое инвестициями в основные фонды и в человеческий капитал. Это самые передовые регионы страны, обладающие наиболее развитым сектором услуг и городами-миллионниками, с развитыми обрабатывающими производствами и основными фондами. Одновременно таким уровнем истинных сбережений характеризуются слаборазвитые или депрессивные регионы, в которых лишь условно (в процентном соотношении) высокие инвестиции в человеческий капитал, данные затраты скорее направлены на удовлетворение базовых потребностей населения, а не на глубинное раскрытие человеческого потенциала.

Таким образом, последовательная корректировка показателей экономического развития на величины его экстерналий позволила получить более соответствующие действительности и доступные для анализа результаты в сравнении с интеграцией в единый показатель разнонаправленных

экологических и социально-экономических показателей, свойственной для расчета индексов устойчивого развития.

Заключение. В последние годы наблюдается рост ожиданий разнообразных групп заинтересованных сторон (государственных органов, населения территорий, акционеров и инвесторов компаний и др.) в отношении изучения и анализа ресурсных, экологических и социально-экономических экстерналий экономического развития территорий. В данных целях актуальным является применение метода расчета истинных сбережений.

При этом анализ истинных сбережений в разрезе регионов страны необходим, поскольку сильно дифференцирован баланс их компонентов, а, следовательно, результаты расчетов должны приниматься во внимание при принятии мер региональной политики.

Библиографические ссылки

1. Государственные доклады // Министерство природных ресурсов и экологии: официальный сайт. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye_doklady/ (дата обращения: 04.09.2024).

2. Корчагина Е. В. Методы оценки устойчивого развития региональных социально-экономических систем // ПСЭ. 2012. №1. С. 67-71.

3. Официальные статистические показатели РФ // ЕМИСС: официальный сайт. URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 04.09.2024).

4. Сборники «Охрана окружающей среды в России» // Росстат: официальный сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13209> (дата обращения: 04.09.2024).

5. Сборники «Регионы России. Социально-экономические показатели» // Росстат: официальный сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 04.09.2024).

6. Статистическая отчетность // Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор): официальный сайт. URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/> (дата обращения: 04.09.2024).

7. *Cárdenas Rodríguez M., Hašič I. and Souchier M.* Environmentally Adjusted Multifactor Productivity: Methodology and Empirical Results for OECD and G20 Countries. OECD Green Growth Papers. Paris : OECD Publishing, 2018. 78 p.

8. *Harris J.M.* National Income and Environmental Accounting // Environmental and Resource Economics: A Contemporary Approach. New York : M.E. Sharpe, 2013. P. 168-202.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ РАЗГРУЗКИ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ХЛОРИДНО-НАТРИЕВЫХ ВОД НА ХИМИЗМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Е. С. Ушакова, Е. А. Меньшикова

*Естественнонаучный институт Пермского государственного национального
исследовательского университета, г. Пермь, Россия, ushakova.evgeniya@gmail.com*

Приводятся данные по самоизливу рассолов из старых рассолоподъемных скважин и родниковой разгрузке высокоминерализованных вод в бассейне р. Усолка (г. Соликамск, Пермский край), расположенных в границах Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. Рассмотрены особенности формирования макро- и микроэлементного состава вод р. Усолки в нижнем течении с выделением приоритетных загрязнителей.

Ключевые слова: рассолоподъемные скважины; подземные воды; р. Усолка, засоление; Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей.

Введение. Геоэкологические проблемы от разработки месторождения калийных солей детально рассмотрены на примере калийных производств не только в России (Верхнекамское месторождение), но в Беларуси (Старообинское месторождение), Германии и Франции, приуроченных к Среднеевропейскому калиеносному бассейну [4].

На территории Верхнекамья (в верхней части р. Камы) в результате использования вод соленых источников еще в XV веке зародился соляной промысел [2]. Ранее здесь существовало более 200 рассолоподъемных скважин, входящих в состав следующих промыслов – Усть-Боровской, Усть-Усольский, Березниковский, Соликамский, Ленвенский, Дедюхинский, Яйвенский и др., с глубиной скважин до 125 м, а отдельных до 267 м, приуроченных к контакту глинисто-мергелистых пород с покровной толщей или даже карналлитовой зоной Верхнекамского месторождения. Самоизлив из старых рассолоподъемных скважин на территории Верхнекамья зафиксирован в бассейнах рек Усолки, притоках р. Яйвы [5, 6].

Несмотря на гумидный климат с промывным режимом, отличительной чертой территории Верхнекамья, расположенной в границах Соликамской впадины, является наличие природного и техногенного галогенеза. В настоящее время в пределах таежной зоны Верхнекамья имеются аномальные локальные территории, связанные с природным и техногенными факторами поступления высокоминерализованных вод на дневную

поверхность, в результате чего выявлено засоление почв, галофильная растительность, трансформация химического состава поверхностных вод с преобладанием Cl-Na фации [7]. На примере бассейна реки Усолки, где ранее были расположены Соликамские соляные промыслы, начиная с 1430 года, рассмотрены особенности формирования химического состава поверхностных вод.

Материалы и методы исследований. Эколого-гидрохимические исследования бассейна р. Усолки были выполнены с использованием бассейнового подхода (от верховья к устью). Химический анализ включал определение макро- и микрокомпонентного состава поверхностных вод с использованием современных высокочувствительных аналитических методов с выполнением анализов в аккредитованных лабораториях по аттестованным методикам.

Результаты и их обсуждение. Общая длина р. Усолки составляет 57 км, и только за 8,5 км от устья, в нижнем течении, зафиксирована трансформация химического состава вод. Воды характеризуются значительной вариацией минерализации от 0,12-1,9 г/л. Среднее значение (для 25 проб) составляет 0,5 г/л, что соответствует категории повышенной минерализацией, воды слабощелочные хлоридно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые.

Увеличение минерализации вод преимущественно Cl-Na состава на этом участке р. Усолки связано с самоизливами рассолов в виде ручьев из старых рассолоподъемных скважин, расположенных по обоим берегам, которые были заложены еще в 15 веке и позволяли получать насыщенные хлористым натрием рассолы с глубины 85-100 м. В настоящее время старые рассолоподъемные скважины в связи с отсутствием тампонажа и нарушения водоизоляции являются проводником слабоминерализованных вод в поверхностные воды. Устья многих таких скважин выходят по берегам реки Усолки в нижнем течении. По архивным данным известно о существовании 12 скважин и только Людмилинская скважина сохранилась до настоящего времени. Точное расположение других скважин в нижнем течении реки не известно. Это связано и с тем фактом, что в период с 16-18 веков частым явлением были пожары, в результате которых полностью исчезли деревянные конструкции соляных варниц [3].

В нижнем течении р. Усолки с увеличением минерализации (до 1,3 г/л) наблюдается и увеличение концентраций микроэлементов в водах. Ниже железнодорожного моста на правом берегу р. Усолки выявлена серия ручьев с расходом воды 1-15 л/с, связанных с родниковой разгрузкой и с самоизливом из рассолоподъемных скважин. Эти воды по величине минерализации солоноватые, с содержанием хлоридов-ионов до 4,4 г/л и

ионов натрия до 1,5 г/л, воды имеют и высокие концентрации талассофильных элементов (Sr до 15,2 мг/дм³, Rb до 18,4 мг/дм³, Cs до 0,01 мг/дм³, Li до 0,4 мг/дм³), что в целом сопоставимо с химическим анализом вод Людмилинской скважины и соотношением содержания макро-и микроэлементов в добываемых калийных рудах [5].

Так же в водах ручьях зафиксировано высокое содержание Ti до 0,8 мг/дм³, As до 11 мг/дм³, V до 15 мг/дм³, Zn до 1 мг/дм³, Cr до 0,6 мг/дм³, Cu до 0,4 мг/дм³, Ni до 0,35 мг/дм³, Pb до 0,05 мг/дм³, которые активно мигрируют с высоконцентрированными растворами на территории Верхнекамского месторождения и связаны с неглубоким залеганием соляной залежи на этом участке долины р. Усолки.

Анализ содержания микроэлементов в водах родников, расположенных на условной фоновой территории и в пределах влияния действующих калийных рудников, зон разгрузки рассолов из старых рассолоподъемных скважин (Людмилинская скважина, территория г. Соликамска) в бассейне р. Усолки, свидетельствует о значительных концентрациях в первую очередь Ni, As и Zn, находящихся на уровне или значительно выше, чем в поверхностных водах р. Усолки [1, 5].

Заключение. Солеваренные промыслы, функционировавшие в различное время в нижнем течении р. Усолки в месте поступления высокоминерализованных вод, связанных с Верхнекамским месторождением солей, определяют изменение химического состава поверхностных вод реки с увеличением доли хлорид-ионов и ионов натрия, ростом концентраций Ni, As и Zn. При этом в настоящее время не учтен вклад поступления рассолов от старых рассолоподъемных скважин в воды этого объекта, что требует дополнительного внимания к данной проблеме в условиях необходимости разделения влияния современной и прошлой исторической деятельности по добыче солей.

Библиографические ссылки

1. *Белкин П. А.* Трансформация химического состава подземных вод в зоне влияния объектов складирования разработки калийных солей (на примере Верхнекамского месторождения): дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 / Белкин Павел Андреевич. Москва, 2019. 117 с.
2. *Богданов М. В.* История солеварения Соликамска / М.В. Богданов // Соликамск : ООО «Типограф», 2014. 272 с.
3. *Максимович Г. А.* Влияние древних рассолоподъемных скважин на обводненность Верхнекамского месторождения калийных солей. Пермь, 1969. 175 с.
4. *Хайрулина Е. А., Хомич В. С., Лискова М. Ю.* Геоэкологические проблемы разработки месторождений калийных солей // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2018. № 2. С. 112-126.

5. Чайковский И. И., Коротченкова О. В., Федоров Т. В. Современное минералообразование в месте разгрузки рассолов Людмилинской скважины (г. Соликамск, Пермский край) // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18, № 4. С. 347-355.

6. Formation of solonchak in the area of the discharged ancient brine wells (Perm Krai, Russia) / E. Khayrulina [et al.] // *Frontiers Environmental Science*/ 2022. Vol. 10.

7. Environmental aspects of potash mining: A case study of the Verkhnekamskoe potash deposit / E. Ushakova [et al.] // *Mining*. 2023. Vol. 3. No. 2. P. 176-204.

8. Статистическая отчетность // Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор): сайт. URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/> (дата обращения: 04.09.2024).

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВЫХ ВОД
НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
В СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ ГОМЕЛЬСКОЙ
ОБЛАСТИ И ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАЧ ЦУР № 6
«ЧИСТАЯ ВОДА И САНИТАРИЯ»**

Т. Г. Флерко

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Беларусь,
tflerco@mail.ru*

Приводится оценка уровня химического загрязнения питьевых вод колодцев в сельских населенных пунктах административных районов Гомельской области. Установлена связь загрязнения с ландшафтными условиями территории, вносимыми минеральными и органическими удобрениями, сточными водами сельскохозяйственных предприятий.

Ключевые слова: сельские населенные пункты; нецентрализованные источники водоснабжения; нитраты; химическое загрязнение.

Введение. Цель устойчивого развития № 6 «Чистая вода и санитария» предполагает обеспечение населения безопасной питьевой водой, повышение ее качества, минимизацию выбросов опасных химических веществ и материалов в источники водоснабжения. Качество воды отражается на здоровье населения, процессах его естественного движения, продолжительности жизни.

Вопросы качества питьевых вод поднимаются в исследованиях А.В. Кудельского, В.И. Пашкевича [1, 2], М.П. Оношко [3], В.Ф. Логина, М.Ю. Калинина [4], В.Г. Жогло [5] и других. Разработана методология оценки загрязнения подземных вод, дана характеристика их состояния. В стране организован мониторинг качества вод колодцев, проводимый санитарной службой Министерства здравоохранения. Вместе с тем некоторые важные для оценки состояния вод колодцев вопросы требуют уточнения. Это относится, в частности, к проявлению региональной и местной специфики их загрязнения, зависимости его уровней от природно-ландшафтных и экологических условий размещения сельских поселений.

Материалы и методы исследований. Химическое (главным образом нитратное) и микробиологическое загрязнение вод колодцев сельских населенных пунктов фиксируется при проведении санитарного надзора за

хозяйственно-питьевым водоснабжением. Такой надзор проводится регулярно, однако обследование колодцев в его рамках осуществляется выборочно и не позволяет определить качество вод в каждом из них. В этом случае целесообразно оценивать потенциальную опасность загрязнения. Указанная опасность определяется, прежде всего, защищенностью грунтовых вод от поступления в них загрязняющих веществ, которая зависит от ландшафтных условий территории. Именно они оказывают решающее влияние на глубину залегания этих вод и литологический состав пород зоны аэрации. Поэтому ландшафтные условия исследуемых поселений могут выступать критерием оценки опасности загрязнения вод находящихся в их пределах колодцев.

Оценка химического загрязнения вод колодцев проведена по данным о доле проб питьевых вод колодцев с превышением допустимых концентраций по нитратам и прочим веществам в каждом районе.

Результаты и их обсуждение. Колодцы играют существенную роль в обеспечении населения питьевой водой. В Гомельской области в качестве источников нецентрализованного водоснабжения используется более 8 тыс. общественных и более 48 тыс. индивидуальных колодцев. Санитарные службы области контролируют 100 % колодцев в 278 сельских населенных пунктах, не обеспеченных централизованным водоснабжением [6, 7].

Состояние вод колодцев зависит от двух основных факторов – естественной защищенности грунтовых вод, формирующих водные ресурсы колодцев и наличия источников их загрязнения. Основными источниками загрязнения питьевых вод являются вносимые минеральные и органические удобрения, сточные воды промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий. Химический состав вод показывает одновременно уровень защищенности грунтовых вод и степень воздействия загрязняющих факторов. По официальным данным Гомельская область отличается более высокими показателями санитарно-химического загрязнения вод колодцев по сравнению с другими областями [8].

Для оценки химического загрязнения вод колодцев по районам Гомельской области рассчитаны средние показатели по данным наблюдений санитарных служб за 2007–2009, 2013, 2017–2018, 2022 гг. В целом по региону доля нестандартных проб составляет более 46 % в 2007-2018 гг. и 31 % в 2022 г. По отношению к населению это означает, что загрязненную воду потребляет шестая часть сельских жителей.

Между отдельными районами имеют место существенные различия по доле нестандартных проб. Наименьшей она является в Буда-Кошелевском (27,1%), наибольшей – в Ельском районе (86,5 %). Районы с более высоким загрязнением вод колодцев располагаются в южной части области на правом берегу р. Припять и в восточной на левобережье р. Днепр. Менее высоким оно является на территории между р. Днепр и Припять.

В течение года уровень загрязнения возрастает в период летней межени, сокращается в весенний период.

Однозначной зависимости степени загрязнения вод колодцев от ландшафтных условий размещения населенных пунктов не выявлено. Снижение коэффициента защищенности грунтовых вод, результаты вычисления которого были опубликованы ранее, не обязательно сопровождается увеличением доли нестандартных проб [9]. Например, в Мозырском районе ландшафтные условия размещения населенных пунктов наиболее благоприятные, а показатель загрязнения вод колодцев один из самых высоких. С помощью графического и математического методов установлено повышение доли загрязнения вод колодцев при снижении коэффициентов защищенности грунтовых вод, что свидетельствует о наличии зависимости между показателями.

Со временем химическое загрязнение вод колодцев снижается (таблица). Средний показатель доли нестандартных проб сократился за 2007–2022 гг. на 15,8 процентных пункта, с 46,3 до 30,9 %. Только в 4 административных районах динамика положительная.

Удельный вес нестандартных проб воды в колодцах на территории административных районов Гомельской области, 2007–2009, 2017–2018, 2022 гг.

	Удельный вес нестандартных проб воды, %			
	2007–2018 гг.	2007–2009 гг.	2017–2018 гг.	2022 г.
Брагинский	48,1	34,4	67,5	0
Буда-Кошелевский	27,1	22,0	29,2	23,7
Ветковский	33,2	48,9	19,3	35,0
Гомельский	62,6	57,8	59,5	48,0
Добрушский	31,6	29,1	40,3	9,4
Ельский	86,5	88,3	72,3	21,4
Жлобинский	37,3	22,9	36,5	19,0
Житковичский	56,5	63,9	40,2	42,3
Калинковичский	56,8	72,2	46,5	0
Кормянский	68,3	79,7	62,6	25,8
Лельчицкий	66,8	70,7	59,5	28,0
Лоевский	51,7	40,7	35,9	49,0
Мозырский	77,9	79,5	73,4	72,7
Наровлянский	65,3	59,0	100,0	100,0
Октябрьский	36,8	29,9	25,7	47,0
Петриковский	52,9	57,0	45,9	26,7
Речицкий	38,6	38,6	33,6	30,8
Рогачевский	44,9	49,5	39,5	42,0
Светлогорский	35,5	32,0	37,3	46,0
Хойникский	55,6	42,3	51,5	40,0
Чечерский	48,5	56,9	42,8	27,0
Всего	46,7	46,3	42,9	30,9

Снижение уровня загрязнения можно объяснить сокращением поголовья крупного рогатого скота в хозяйствах населения и объемов внесенных минеральных удобрений. За исследуемый период поголовье сократилось почти в 6 раз, а внесение минеральных удобрений – более чем в 1,5 раза.

В вещественном составе химического загрязнения вод колодцев преобладающую роль играют нитраты. Уровни нитратного загрязнения колодцев почти в 3/4 случаев составляют 1–2 ПДК, примерно в 1/4 случаев – 2–5 ПДК и в 1,5 % случаев – выше 5 ПДК. Наиболее часто случаи превышения ПДК более чем в 5 раз отмечались в Мозырском и Наровлянском районах. В Кормяном районе в 2013 г. в осенний сезон были отмечены 9 проб с превышением содержания в них нитратов более чем в 10 раз.

В 2022 г. в 8 районах области (Лоевский, Житковичский, Гомельский, Рогачевский, Ветковский, Мозырский, Хойникский и Речицкий) удельный вес нестандартных проб по нитратам превысил среднеобластной уровень. В Брагинском, Калинковичском и Наровлянском районах нитратное загрязнение вод колодцев не фиксировалось.

Оценка химического загрязнения вод колодцев проведена на основании данных о доле проб с превышением допустимых концентраций по нитратам и прочим веществам в каждом районе. Для учета различий в степени концентрации нитратов введен дополнительный множитель, который составил 1,0 при концентрации 1–2 ПДК, 1,1 – 2–5 ПДК, 1,2 – 5–10 ПДК и 1,3 – свыше 10 ПДК. Обобщающий балл получен как сумма частных баллов.

Индекс вычислен относительно среднего балла по области. Увеличение значения индекса показывает ухудшение качества питьевых вод. На основе полученных индексов принята следующая шкала степени химического загрязнения вод колодцев: низкая – 0,5–0,7; относительно низкая – 0,8–1,0; средняя – 1,1–1,3; высокая – 1,4 и более.

По результатам оценки выявлено, что районы с высокой и средней степенью загрязнения располагаются, преимущественно, в южной и западной частях области, где они образуют сплошной ареал из семи районов, простирающийся вдоль р. Припять. В восточной части имеется только 2 таких района – Кормянский и Гомельский. Относительно низкая степень химического загрязнения вод колодцев в Петриковском, Речицком, Лоевском, Брагинском Рогачевском и Чечерском районах. Низкая степень загрязнения фиксируется в шести районах Гомельской области (Октябрьском, Светлогорском, Жлобинском, Буда-Кошелевском, Ветковском и Добрушском районах).

Для достижения целевых показателей устойчивого развития к 2030 г. планируется достичь не более 10 % нестандартных проб по микробиологическим показателям и не более 20 % проб по содержанию нитратов в нецентрализованных источниках водоснабжения. На 2022 г. эти показатели составляют 18,7 и 24,8 % соответственно.

Для решения данной проблемы рекомендуется провести инвентаризацию и обследование источников нецентрализованного водоснабжения, разработать и реализовать мероприятия по улучшению их санитарного состояния. В крупных и больших сельских поселениях, которые, как правило, относятся к категории агрогородков, действующей подпрограммой «Чистая вода» предусмотрено создание централизованного водоснабжения. В остальных поселениях, где фиксируется повышенное загрязнение вод колодцев, возможно строительство групповых локальных водопроводов для нескольких дворов из одной сважины. Является целесообразной также установка для индивидуальных колодцев локальных систем очистки питьевых вод.

Заключение. Колодезную воду в питьевых целях использует шестая часть сельского населения Гомельской области. При этом санитарными службами области в ходе постоянного мониторинга качества питьевых вод фиксируются пробы с превышениями допустимых концентраций химических элементов (от 27 до 86 % в отдельных административных районах), чаще всего нитратов (3/4 нестандартных проб). При этом отмечается снижение уровня данного загрязнения вследствие сокращения объемов вносимых органических и минеральных удобрений на приусадебных участках, а также поголовья крупного рогатого скота. Оценка химического загрязнения вод колодцев показала увеличение опасности в южных районах региона, преимущественно занятых низинными ландшафтами.

Библиографические ссылки

1. О качестве питьевых подземных вод Беларуси / А. В. Кудельский [и др.] // Природные ресурсы. 2009. № 1. С. 53–61.
2. Кудельский А. В., Пашкевич В. И., Коваленко М. К. Питьевые воды Беларуси // Питание и обмен веществ : сб. науч. статей / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-произв. центр «Ин-т фармакологии и биохимии»; [науч. ред.: А. Г. Мойсеенок]. Минск : Белорусская наука, 2008. 306 с.
3. Оношко М. П. Азот и его минеральные формы в ландшафтах Белоруссии. Минск : Навука і тэхніка, 1990. 174 с.
4. Логинов В. Ф., Калинин М. Ю., Иконников В. Ф. Современное антропогенное воздействие на водные ресурсы Беларуси. Минск : ПолиБиг, 2000. 284 с.
5. Жогло В. Г. К оценке естественных пресных подземных вод междуречья Днепра, Припяти, Птичи и Березины // Природные ресурсы. 2000. № 2. С. 10–26.

6. Информационно-аналитический бюллетень «Здоровье населения и окружающая среда Гомельской области: мониторинг достижения Целей устойчивого развития» / Гомельский областной ЦГЭиОЗ. Гомель, 2022. 123 с.

7. Информационно-аналитический бюллетень «Здоровье населения и окружающая среда Гомельской области в 2017 году». Выпуск 23 / Под ред. А. А. Тарасенко. Гомель, 2018. 71 с.

8. Государственный водный кадастр (за 2000–2022 гг.) / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, М-во здравоохранения Республики Беларусь, Комгидромет Респ. Беларусь. Минск, 2001–2022.

9. *Струк М. И., Флерко Т. Г.* Оценка защищенности грунтовых вод ландшафтов сельских поселений Гомельской области // Географические аспекты устойчивого развития регионов [Электронный ресурс] : III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию геол.-геогр. фак. и каф. геол. и геогр. (Гомель, 23–25 мая 2019 г.) : сб. материалов / М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины, Гомельский обл. отдел обществ. об-ния «Белорусское геогр. о-во», Рос. центр науки и культуры в Гомеле ; редкол.: А. И. Павловский (гл. ред.) [и др.]. Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2019. С. 464–468.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ПОЙМЫ РЕКИ ПАВЛОВКА (В г. РЯЗАНЬ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ)

А. С. Чердакова, Т. А. Козюкова, С. В. Гальченко

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина»,
г. Рязань, Российская Федерация, *cerdakova@yandex.ru*

В статье приводится оценка экологического состояния и уровня загрязнения почв поймы реки Павловка в пределах г. Рязань. Критериями оценки выступали: рН солевой вытяжки, массовая концентрация валовой формы тяжелых металлов (цинка, кадмия, свинца, меди), суммарный показатель загрязнения (Z_c) и содержание нефтепродуктов.

Ключевые слова: городские почвы; пойменные почвы; загрязнение почв; тяжелые металлы; суммарный показатель загрязнения почв.

Введение. Актуальность изучения городских почв объясняется их значительной ролью в формировании благоприятной окружающей среды в условиях стремительной урбанизации. В современных городах почвы выполняют роль экологического буфера и балансира, нивелирующего чрезвычайно высокую антропогенную нагрузку на другие компоненты урбоэкосистем. При этом, сами городские почвы подвергаются мощному техногенному воздействию, что затрудняет выполнение ими ключевых экологических функций. В этой связи, возрастает значение исследований, направленных на изучение экологического состояния городских почв, являющихся одними из основных депонирующих загрязнители компонентов урбоэкосистемы. Особый интерес в данном аспекте представляют пойменные почвы в пределах городов, по причине поступления существенного объема загрязнителей не только атмотехногенным, но и гидрогенным путем. Подобные исследования имеют высокую значимость в крупных промышленных центрах, к которым относится и г. Рязань.

Цель исследования: оценить экологическое состояние и уровень загрязнения пойменных почв г. Рязань.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования выступали почвы поймы реки Павловка в пределах г. Рязань. По данным государственного водного реестра РФ Павловка относится к Окскому бассейновому округу, бассейну притоков Оки – главной водной артерии Рязанской области [3]. Пойменные экосистемы реки испытывают антропогенную нагрузку со стороны Юго-Западного промышленного узла, прилегающей жилой застройки и транспортной инфраструктуры.

Для оценки экологического состояния и уровня загрязнения почв исследуемой территории было заложено пять пробных площадок, схема расположения которых представлена на рисунке.



Схема расположения пробных площадок

Отбор проб почвы с пробных площадок осуществлялся методом конверта в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.4.02-2017 [1].

Одними из наиболее распространенных и опасных загрязнителей городских почв являются тяжелые металлы, приоритетными из которых в урбоэкосистемах выступают цинк, кадмий, свинец и медь. Их миграционная активность и биодоступность определяются реакцией среды почвенного раствора, что обуславливает необходимость исследования данных показателей при оценке экологического состояния городских почв. Уровень полиметаллического загрязнения в интегральной форме позволяет оценить суммарный показатель загрязнения (Z_c).

Помимо тяжелых металлов ключевыми загрязнителями городских почв являются нефть и продукты ее переработки, ввиду чего данные параметры также обязательны для рассмотрения в рамках экологической оценки урбопочв.

В этой связи, критериями оценки экологического состояния и уровня загрязнения анализируемых почв выступали: рН солевой вытяжки, массовая концентрация валовой формы тяжелых металлов (цинка, кадмия, свинца, меди), суммарный показатель загрязнения (Z_c) и содержание нефтепродуктов.

Валовое содержание тяжелых металлов пробах почвы определялось методом обратной вольтамперии (в соответствии ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.48-06) [6], содержание нефтепродуктов методом ИК-спектрометрии (в соответствии с ПНД Ф 16.1:2.2.22-98) [5], рН солевой вытяжки определялось

по методу ЦИНАО (в соответствии с ГОСТ 26483-85) [2]. Суммарный показатель загрязнения (Z_c) рассчитывался в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 [7]. Все исследования проводились на поверенном оборудовании в аккредитованной лаборатории.

Результаты и их обсуждение. Результаты проведенных исследований представлены в таблице.

Значение химических показателей экологического состояния почв поймы р. Павловка в пределах г. Рязань

Определяемый компонент	Пробная площадка					ПДК (ОДК)*	Региональный фон**
	Пробная площадка № 1	Пробная площадка № 2	Пробная площадка № 3	Пробная площадка № 4	Пробная площадка № 5		
рН солевой вытяжки, ед. рН	6,1±0,1	6,3±0,2	6,4±0,1	6,7±0,2	6,6±0,1	–	–
Массовая концентрация валовой формы цинка, мг/кг	9,3± 2,8	17,4±4,4	1,8±0,5	1,9±0,6	2,1±0,6	220,0	35,0±3
Массовая концентрация валовой формы кадмия, мг/кг	0,2±0,06	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,0	0,18±0,02
Массовая концентрация валовой формы свинца, мг/кг	4,2±1,3	6,6±2,0	0,8±0,2	1,3±0,4	2,4±0,7	130,0	12,0±0,8
Массовая концентрация валовой формы меди, мг/кг	5,0±1,5	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	132,0	27,0±4
Суммарный показатель загрязнения тяжелыми металлами (Z_c)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	–	–
Массовая доля нефтепродуктов, мг/кг	63,2±15,8	61,3±15,3	59,8±14,9	125,5±31,4	116,9±29,2	–	–

* Составлено по: [7] ** Составлено по: [4]

Значение рН солевой вытяжки исследованных почвенных образцов варьировала от 6,1 до 6,7 ед. рН, что не создает дополнительных рисков миграции загрязнителей и поступления их в грунтовые воды.

Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве поймы р. Павловка не превышает не только ОДК, но и региональных фоновых концентраций. Стоит отметить, что установленное содержание тяжелых металлов в среднем значительно ниже регионального фона. Расчет суммарного показателя загрязнения тяжелыми металлами (Z_c) показал, что все проанализированные почвенные образцы относятся к допустимой категории загрязнения ($Z_c < 16$).

Для оценки степени загрязненности территорий нефтепродуктами используются пороговые уровни концентрации нефтепродуктов, которые рекомендованы документом от 27 декабря 1993 года «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами». Согласно данному порядку, содержание нефтепродуктов менее 1000 мг/кг (менее 0,1 %) расценивается как допустимый уровень загрязнения. Установленное нами содержание нефтепродуктов в исследуемых пойменных почвах гораздо ниже данного уровня, что позволяет их отнести к допустимой категории загрязнения нефтепродуктами.

Заключение. Таким образом, экологическое состояние почв поймы р. Павловка в г. Рязань можно охарактеризовать как удовлетворительное, поскольку уровень ее загрязнения техногенными загрязнителями является допустимым. Однако учитывая возрастающий уровень антропогенного воздействия и интенсификации жилой застройки поймы р. Павловка следует осуществлять мониторинг экологического состояния ее почв.

Библиографические ссылки

1. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Межгосударственный стандарт. «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.consultant.ru/search/?q=ГОСТ+17.4.4.02-2017> (дата обращения: 24.06.2024).

2. ГОСТ 26483-85. Государственный стандарт Союза ССР. «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.consultant.ru/search?q=ГОСТ+26483-85> (дата обращения: 24.06.2024).

3. Государственный водный реестр Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://voda.gov.ru/activities/gosudarstvennyu-vodnyu-reestr/> (дата обращения: 24.06.2024).

4. Доклад о состоянии и охране окружающей среды в Рязанской области в 2022 году [Электронный ресурс]. URL: <https://minprirody.ryazan.gov.ru/activities/sfery-deyatelnosti/okhrana-okruzhayushchey-sredyДоклад%20о%20состоянии%20окружающей%20среды%20за%202022%20год.pdf> (дата обращения: 24.06.2024).

5. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 «Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии». [Электронный ресурс]. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/17f/4293831615.pdf?ysclid=ly02nys477319334733> (дата обращения: 24.06.2024).

6. ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.48-06 «Количественный химический анализ проб почв, тепличных грунтов, илов, донных отложений, сапропелей, твердых отходов. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка, ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА». [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/437206179> (дата обращения: 24.06.2024).

7. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 N 2 (ред. от 30.12.2022) «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 N 62296). [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/ (дата обращения: 24.06.2024).

РАЗДЕЛ III

ЛАНДШАФТНЫЕ И ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 631.4+581.526.426.2(470.311)

ДИНАМИКА ЛЕСОВ В БАССЕЙНЕ МАЛОЙ РЕКИ

М. В. Архипова

ИГЭ РАН, Москва, Россия, masha-a@yandex.ru

Бассейн р. Язвицы расположен на границе Московской и Калужской области в подзоне подтайги. В современном растительном покрове выделены 9 лесных эпиассоциаций, включающих как условно-коренные сообщества и их производные, так и лесные культуры ели. Историко-картографический анализ показал постоянное увеличение доли лесов в бассейне р. Язвицы за последние 250 лет. При этом до середины XX века леса подвергались в основном выборочным рубкам, а в 60-90 гг. XX века начались сплошные рубки с последующей посадкой ели, что привело к фрагментированности растительного покрова. В начале XXI века еловые леса подверглись массовому воздействию типографа. Анализ изменения эколого-ценотической структуры лесов бассейна р. Язвицы показывает увеличение доли неморальных видов при сокращении доли луговых и борových видов.

Ключевые слова: динамика лесов; эпиассоциация; сукцессии растительности; бассейн малой реки.

Введение. Данная работа отражает результаты повторных исследований растительности (разница 25 лет), проводившихся в бассейне ручья Язвицы (среднее течение р. Протвы). Бассейн рассматривается нами, как природная экосистема, объединенная потоком вещества и энергии, и как элементарная единица структуры растительного покрова топологического уровня в ранге мезокомбинации. Работы были поддержаны РНФ грант 24-17-00120. В ходе работ решались следующие задачи:

- изучение землепользования в бассейне р. Язвицы за последние 250 лет;
- изучение современного растительного покрова;
- сравнение современного растительного покрова и растительного покрова бассейна 25 лет назад;
- выявление изменения произошедших с растительными сообществами за 25 лет;
- определение основных тенденций изменения растительного покрова.

Бассейн ручья Язвицы расположен в пограничной полосе Московской и Калужской областей. Ручей Язвицы является притоком первого порядка реки Исьма (среднее течение реки Протвы). Площадь его бассейна составляет 6,5 км². Водоток привязан к кровле днепровской морены [7]. Междуречья представляют горизонтальные плоские или слабоволнистые равнины, средние уклоны равны 2 °. Это обуславливает слабый поверхностный сток, повышенное увлажнение и даже заболачивание отдельных понижений. С поверхности почти повсеместно залегают покровные суглинки (0,6-1,6 м), ниже залегает московская морена, местами слабо перемытая или слегка переработанная мерзлотными процессами. Междуречные равнины осложнены ложбинами стока талых ледниковых вод, к которым приурочены балки, овраги и заболоченные понижения. На водораздельных поверхностях в бассейне ручья Язвицы господствуют дерново-подзолистые почвы. Для бассейна ручья Язвицы характерны широкое развитие оглеенных почв, карбонатность аллювиальных почв, высокая интенсивность почвенно-эрозионных процессов и антропогенная измененность большей части почв. Возвышенные участки междуречий переувлажнены из-за малых уклонов склонов, наличия слабо проницаемого иллювиального горизонта и двучленности материнской породы. С ботанико-географической точки зрения район исследований расположен у северной границы южной полосы подзоны подтайги [4] и принадлежит к восточно-европейским (прибалтийско-ветлужским лесам). Зональным типом растительности следует считать широколиственно-еловые, так же в данной зоне довольно широко распространены широколиственно-сосновые и сосновые леса. Зональные типы леса распространены преимущественно в пределах вторичных моренных равнин и в зависимости от местных условий могут переходить в чистые еловые, дубовые, липовые леса или сложные ельники.

Материалы и методы исследований. Методика работа по изучению растительного покрова включала полевые исследования (маршрутные исследования с кратким описанием растительности, детальное описание на площадке 400 м² каждого контура, выделенного в результате маршрутных исследований). Методологической основой работы является картографический анализ. В работе использовались различные материалы (архивные материалы: карты генерального межевания 1766, 1849, 1867 годов; аэрофотоснимки 1950, 1970, 1986 годов; современные космические снимки и литературные данные [1, 2, 3, 8]). Для анализа динамики лесов использованы эколого-ценотические группы видов [5].

Результаты и их обсуждение. На основе анализа картографических архивных данных можно сказать площадь лесов в районе исследования возросла за последние 250 лет.

Выделяются следующие этапы изменения лесного покрова в бассейне ручья Язвицы:

- конец XVIII века – площадь лесов минимальна, леса активно используются человеком, прежде всего вырубаются дуб и ель. Довольно широко распространены в бассейне березовые и осиновые леса;

- середина XIX века - площадь лесов в бассейне увеличивается, и граница лесных массивов на территории бассейна приближается к современной. Леса подвергаются интенсивным рубкам, о чем говорит значительная доля березы, осины и кустарников в статистических сводках того времени для Боровского и Вере́йского уездов;

- конец XIX начало XX века – площадь лесов в Боровском и Вере́йском уездах увеличивается. Также увеличивается площадь старо и средневозрастных насаждений. Видимо нагрузка на леса несколько спадает;

- середина XX века – увеличение площади лесов бассейна за счет заращения открытых участков на границе леса и пашни, появление первых лесных культур в бассейне ручья Язвицы;

- 60-90 года XX века - активные рубки леса в бассейне ручья Язвицы и создание на их месте лесных культур, в основном ели;

- 90 года XX века – начало XXI века спад в сельском хозяйстве региона, зарастание полей, примыкающих к лесам, снижение темпа рубок, активное воздействие типографа на еловые леса региона.

В 1998-2000 годах на территорию бассейна была составлена подробная карта растительности. Для выявления природных закономерностей в распределении растительности в бассейне ручья Язвицы и для анализа динамики лесной растительности в связи с антропогенным воздействием на карте и в легенде принята концепция эколого-динамической классификации В.Б.Сочавы (1972) [6]. Построение региональной классификации лесной растительности исходит из понимания ассоциации как части динамической системы, объединяющей коренную структуру и ее переменные состояния, образующиеся в результате спонтанной и антропогенной динамики коренного материнского ядра. Данная динамическая структура (коренное ядро и все его переменные состояния) называются эпиассоциацией. Было выделено 9 лесных эпиассоциаций – липовые леса с дубом и кленом, еловые леса с кленом и дубом, еловые кислично-зеленчуковые леса, еловые кислично-зеленомошные леса, еловые мелкотравно-кустарничково-зеленомошные леса, сосново-еловые мелкотравно-зеленомошные леса, елово-сосновые леса ландышево-зеленомошные, ольховые звездчатково-таволговые, еловые папоротниковые.

Растительный покров бассейна ручья Язвицы характеризуется мозаичностью, мелкоконтурностью, частой сменой сообществ. Это связано с длительным многовековым антропогенным воздействием и положением

района исследований у границы северной и южной полос подзоны подтайги. Растительность бассейна ручья Язвицы представлена в основном лесами – около 79 % территории, доля лугов составила 0,8 %, болот 1,5 %, пашен 18 %. Вырубки и посадки занимают – 39 % от площади бассейна

В 2024 году в рамках работ по гранту РНФ проведены повторные исследования липовых лесов, еловых лесов с дубом и кленом, еловых кислотно-зеленчуковых лесов, еловых кислотно-зеленомошных лесов. Динамика лесов за 25 лет оценивалась на основе анализа эколого-ценотических групп видов в этих леса и их изменений:

В эписообщности липовых лесов заметно возрастает доленое участие неморальных видов, сокращают свое участие виды бореальные и почти исчезают луговые виды

Еловые леса с дубом и кленом подверглись нашествию типографа и доля ели заметно снизилась в древостое. На месте вывалов ели формируются лещиновые участки с мощными кустами лещины высотой до 6 метров. В целом в эписообщности несколько возрастает участие неморальных видов и бореальных видов, а снижается доля луговых и нитрофильных видов. Еловые кислотно-зеленчуковые леса, несмотря на распад ели вызванный типографом, сохраняют свою эколого-ценотическую структуру

В еловых кислотно-зеленомошных лесах выпадение ели приводит к формированию зарослей лещины с редким напочвенным покровом. В результате и здесь увеличивается доля неморальных видов, а исчезают луговые виды и виды, связанные с сосновыми лесами.

Заключение. В бассейне ручья Язвицы за последние 250 лет площадь покрытая лесом постоянно увеличивается. Леса при этом подвергаются постоянному антропогенному воздействию. До середины XX века это выборочные рубки, в 60-90-х годах XX века сплошные рубки с последующей посадкой ели, а в начале XXI века выборочные рубки, связанные с воздействием типографа.

Анализ изменения эколого-ценотической структуры лесов бассейна р.Язвицы за 25 лет показал, что во всех выделенных эписообщностях увеличивается доля неморальных видов.

Библиографические ссылки

1. Военно-статистическое описание Московского военного округа. М. : Типография Штаба Московского военного округа, 1908-1912.
2. Главнейшие данные поземельной статистики по обследованию 1887 года. СПб., 1892. (Статистика Российской империи).
3. Материалы для географии и статистики России, собранные офицерами Генерального штаба. СПб. : Глав. упр. Ген. Штаба, 1859-1868.

4. Карта «Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий» (1:8 000 000) в серии карт природы для высшей школы. / Под ред. Г.Н. Огуревой. М. : «Экор», 1999. 2 л. Пояснительный текст и легенда к карте. М. : ТОО ЭКОР, 1996. 64 с.

5. *Смирнова О. В., Ханина Л. Г., Смирнов В. Э.* Эколого-ценотические группы в растительном покрове лесного пояса Восточной Европы // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / Ред. О.В.Смирнова. Кн. 1. М. : Наука, 2004. С. 165-175.

6. *Сочава В. Б.* Классификация растительности как иерархия динамических систем // Геоботаническое картографирование. М. : Наука, 1972. С. 3-18.

7. Строение и история развития долины р. Протвы / С. И. Антонов [и др.]; Под ред. Г. И. Рычагова, С. И. Антонова. М : Изд-во Моск. ун-та, 1996. 127 с.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ БАССЕЙНА РЕКИ МЕДЯНА

А. Е. Асташин, О. Е. Ватина, А. А. Рязанова, В. М. Подковырина

*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина,
г. Нижний Новгород, Россия, astashinfizgeo@yandex.ru*

Представлен комплексный анализ устойчивости ландшафтов бассейна реки Медяна Нижегородской области. Исследование включает в себя комплексную физико-географическую характеристику водосборного бассейна р. Медяна и анализ современного состояния, а также оценку факторов, влияющих на устойчивость ландшафтов. Используемая в статье методология для оценки устойчивости ландшафтов учитывает, как природные, так и антропогенные факторы. Методика позволяет выделить наиболее устойчивые ландшафты и определить участки, требующие повышенного внимания для сохранения их устойчивости. Была проведена оценка целесообразности хозяйственного использования территории бассейна реки Медяна. Результаты исследования имеют важное прикладное значение для формирования и реализации комплексных мер, направленных на обеспечение рационального землепользования, сохранение природных экосистем и поддержание экологического равновесия в бассейне реки Медяна.

Ключевые слова: ландшафт; река; Медяна; устойчивость ландшафта.

Введение. Актуальность оценки устойчивости ландшафтов состоит в необходимости решения проблем взаимодействия общества и природы, проблем сохранения и улучшения качества жизненной среды, а также организации рационального использования природных ресурсов. Цель исследования: выполнить оценку устойчивости ландшафтов территории водосборного бассейна р. Медяна. Задачи:

1. Рассмотреть теоретические основы устойчивости ландшафтов выбранного бассейна;
2. Выполнить комплексную физико-географическую характеристику водосборного бассейна р. Медяна;
3. Проанализировать современное состояние и выполнить оценку устойчивости ландшафтов бассейна реки Медяна.

Материалы и методы. Методы: анализ литературы, картографический, экспедиционный, геоинформационный, математический, корреляции.

Теоретико-методологическую основу нашего исследования составили труды отечественных ученых в области физической географии, ландшафтоведения, почвоведения и геоэкологии: В.В. Докучаева [1], Л.С. Берга [2], В.А. Солнцева [3], А.Г. Исаченко [4], Е.Ю. Колбовского, Ф.Н. Милькова [5], Б.И. Фридмана. Геоэкологическая оценка каждого ландшафта была проведена по методике Б.И. Кочурова.

Результаты и их обсуждение. Водосборный бассейн р. Медяна расположен на северных отрогах Приволжской возвышенности, в юго-восточной части Нижегородской области в зоне лесостепи. Территория представляет собой волнистую равнину, поверхность которой значительно расчленена овражно-балочной сетью. Рельефообразующие процессы: делювиальный смыв, аккумуляция, карстообразование.

Гидрографическая сеть водосборного бассейна представлена главной рекой Медяной и ее притоками Мочалейка, Малая Медяна, Сум. В бассейне находится девять родников. В пределах изучаемой территории расположены Чембилеевские озера [6]. В бассейне реки Медяна развиты преимущественно черноземы выщелоченные среднемошнные среднегумусные и тучные в комплексе со смытыми; черноземы оподзоленные среднемошнные среднегумусные и тучные в комплексе со смытыми.

Суммарная площадь лесов составляет 31,6 км². Лесистость 3,1 %. Древесная растительность сохранилась в оврагах и балках, представлена широколиственными лесами (осинник лещиновый, дубняк с разреженным наземным покровом, дубняк снытевый волосистоосоковый, кленовник снытевый). Коренная растительность изучаемой территории была представлена степными сообществами, на поймах рек – пойменные леса [7]. В настоящее время выраженное доминирование в структуре растительных сообществ имеют культурценозы посевных и пропашных культур, реже – культурценозы садов.

На основе полевых исследований 2023 г. и данных тематических карт установлена ландшафтная структура территории водосборного бассейна (рис. 1) на уровне видов ландшафтов на основе структурно-генетического подхода [8], [9].

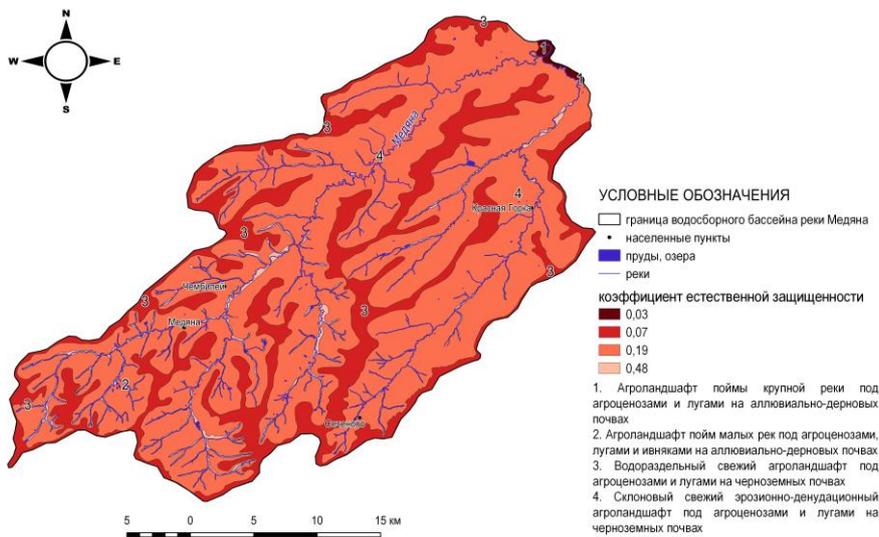


Рис. 1. Ландшафтная дифференциация территории водосборного бассейна р. Медяна

Для анализа естественной защищенности ландшафтов водосборного бассейна р. Медяна были посчитаны площади ландшафтов и, располагающихся в них стабилизирующих компонентов, к которым относятся леса и луга. По степени стабильности ландшафтов все четыре ландшафта являются нестабильными (табл.1).

Таблица 1

Анализ естественной защищенности ландшафтов территории бассейна реки Медяна

Ландшафт	Площадь ландшафта, км ²	Площадь стабилизирующих компонентов, км ²	Значение коэффициента естественной защищенности ландшафта (Кез)	Степень стабильности ландшафта
Агроландшафт водораздельной холмистой аллювиальной равнины под агроценозами и лугами на аллювиально-дерновых почвах	2,83	0,11	0,03	нестабильный
Агроландшафт пойм малых рек под агроценозами, лугами и ивняками на аллювиально-дерновых почвах	55,17	26,7	0,07	нестабильный
Водораздельный свежий агроландшафт под агроценозами и лугами на черноземных почвах	256,17	18,4	0,04	нестабильный
Склоновый свежий эрозионно-денудационный агроландшафт под агроценозами и лугами на черноземных почвах	670	128,5	0,02	нестабильный

Дополнительным фактором дестабилизации устойчивости ландшафтов является риск развития эрозионных процессов, результаты его реализации выражаются в показателе густоты овражно-балочной сети, имеющем выраженную ландшафтную обусловленность и характеризующем отрицательной обратной связью с показателем лесистости (табл.2).

Таблица 2

Показатели лесистости и густоты овражно-балочной сети ландшафтов бассейна р. Медяна

Название ландшафта	Площадь, км ²	Площадь лесов (км ²)	Коэффициент лесистости (%)	Длина тальвегов (км ²)	Густота овражно-балочной сети
L1	2,83	0,11	3,8	0,31	0,1
L2	55,17	3,9	7	74,5	1,3
L3	256,17	10,9	4,2	49	0,19
L4	670	17,6	2,6	582	0,86

В результате анализа, проведенного в процессе расчета коэффициентов лесистости и густоты овражно-балочной сети, мы можем сделать вывод о том, что эти два компонента имеют отрицательную обратную связь. В ландшафтах, имеющих низкий показатель лесистости, эрозионная сеть развита активнее. Ландшафты L1 и L2 имеют самый низкий процент лесистости и, соответственно, наиболее расчленены балками и оврагами. В ходе проведенного исследования было выявлено 2 ландшафта, на территории которых ведение хозяйственной деятельности выполняется нецелесообразно (рис. 2).

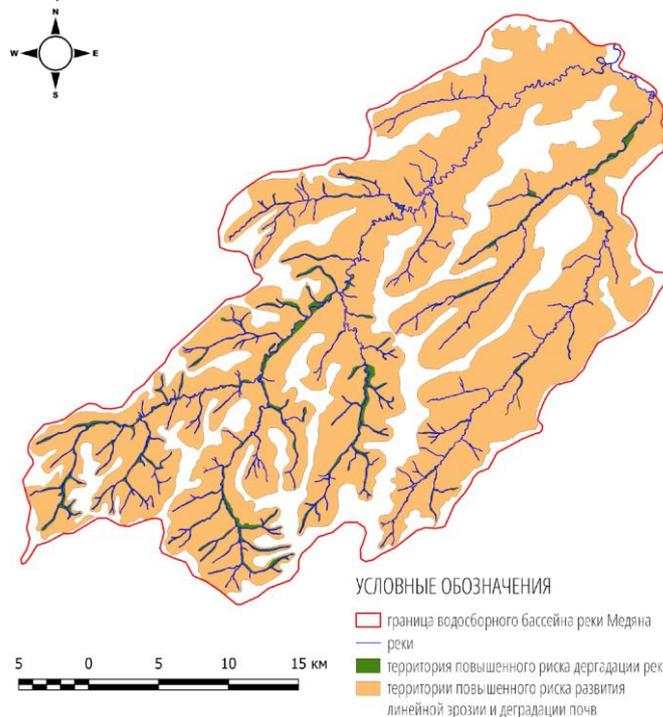


Рис. 2. Картограмма оценки целесообразности хозяйственного использования водосборного бассейна р. Медяна

На данной картосхеме оконтурены ареалы, характеризующиеся наибольшим риском развития линейной эрозии, разрушения почвенного покрова и деградации русловой сети при условии сохранения современного режима природопользования.

Заключение. В ходе исследования установлена структура современного землепользования, рассчитаны его площадные показатели, вычислены коэффициенты естественной защищенности каждого ландшафта; на основе схемы ландшафтного районирования и анализа пространственной структуры типов землепользования установлены ландшафты, характеризующиеся наибольшим риском развития линейной эрозии, разрушения почвенного покрова и деградации русловой сети при условии сохранения современного режима природопользования; проведена оценка целесообразности хозяйственного использования территории бассейна р. Медяна.

Статья подготовлена в рамках реализации проекта «Экокомпас: студенческая наука» (соглашение от 30.05.2024 г. № 075-15-2024-594). Мероприятие проводится в рамках реализации гранта в форме субсидий из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ.

Библиографические ссылки

1. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь // Почвоведение. 1892. №2. С. 2-32.
2. Берг Л. С. Ландшафтно-географические зоны СССР. Л. : Сельхозгиз, 1930. 399 с.
3. Солнцев В. Н. Природный географический ландшафт и некоторые его общие закономерности // Тез. 2-го Всесоюз. геогр. съезда. М. : ОГИЗ, 1948. Т. 1. С. 258-269.
4. Исаченко А. Г. Классификация ландшафтов СССР. (Применительно к целям обзорного ландшафтного картографирования) // Изв. ВГО. 1975. Т. 107, № 4. С. 302-315.
5. Мильков Ф. Н. Физическая география: учение о ландшафте и география зональности. Воронеж : Издательство Воронежского ун-та, 1986. 327 с.
6. Озера Кэркюле и Тюгярк кюль водосборного бассейна реки Медяна Нижегородской области: морфометрические и гидрологические характеристики. // А. Е. Асташин [и др.] // Проблемы экологии Волжского бассейна. Труды 6-й всероссийской научной конференции. Нижний Новгород, 2021. С. 1.
7. Карта восстановленного растительного покрова Горьковского края (теоретическая геоботаническая карта) /ред. В.В. Алехин. М. 1: 500000. Горький : ГГУ, 1935.
8. Асташин А. Е., Февралева Н. И. Ландшафтная структура территории как базовый критерий туристско-рекреационного районирования // Туризм – фактор устойчивого развития региона: сборник статей региональной научно-практической конференции. Вып. 2. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т / под ред. Н.Н. Гировка и др. Н.Новгород : ННГАСУ, 2011. С. 21-30.
9. Баканина Ф. М., Пожаров А. В., Юртаев А. А. Ландшафтное районирование Нижегородской области как основа рационального природопользования // Великие реки 2003: Генеральные доклады, тезисы докладов Международного конгресса. Н. Новгород : ЮНЕСКО, 2003. С. 288-290.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

О. С. Вологодина

Читинский политехнический колледж, г. Чита, Россия, ovologdina@yandex.ru

Приведен анализ таксономического состава и обилия мхов в лиственничных лесах Читинского района Забайкальского края. Видовой состав мхов лиственничных лесов бедный. Для каждого вида мхов приводится ценотическая характеристика, указывается распространение и встречаемость. В ряде случаев приводятся комментарии таксономического характера. В бриофлоре двух лесничеств Забайкальского края большинство мхов являются широко распространенными видами, произрастающими в нескольких растительных зонах Голарктики. Такие виды часто являются доминантами мохового покрова растительных сообществ.

Ключевые слова: Читинский район; Забайкальский край; листостебельные мхи; лиственничные леса; вид.

Введение. Моховый покров является одним из характерных компонентов бореальных лесных сообществ. Ландшафтная роль мохового покрова в лесных экосистемах определяется средообразующей способностью ценозов. Низкая теплопроводность и высокая влагоемкость мохового покрова оказывают непосредственное влияние на режим влажности и температуры, а также на химические процессы в верхних горизонтах почвы. Отмирающие части мхов играют роль в формировании биогенного горизонта лесных почв – лесной подстилки. Высота и плотность мохового покрова влияют на процессы семенного возобновления.

Целью работы является таксация мохового покрова в лесах Забайкальского края (в Оленгуйском и Беклемишевском лесничествах). Листостебельные мхи (настоящие мхи) – самый крупный класс моховидных. Включает около 14500 видов [1]. Широко распространены в холодных и умеренных зонах обоих полушарий – от полярных пустынь Арктики до участков среди антарктических льдов. Многие виды отличаются высокой жизнеспособностью.

Материалы и методы исследований. В ходе полевых исследований в Читинском районе Забайкальского края изучали разнообразие листостебельных мхов в лиственничных лесах. Материалы собирали в 2018-2022 гг. в Оленгуйском лесничестве и Беклемишевском лесничестве

на постоянном тренировочном полигоне в кварталах 24, 27 и 28 из двенадцати различных мест обитания. Мхи определяли в лаборатории традиционным анатомо-морфологическим методом [2]. Всего было собрано около 200 образцов мохообразных.

Площадь выявления мхов для разных типов сообществ различная и установлена эмпирическим путем: в лесничествах изучение мохового яруса проводили на учетных площадках 2×2 м. Для выявления состава закладывали ленточные учетные площади. Учитывали видовое разнообразие, проективное покрытие и высоту. При сборе коллекционного материала отмечались: тип сообщества, субстрат произрастания.

Названия и трактовка видов приводятся для мхов согласно последней сводке Ignatov et al. [3]. Роды и виды внутри семейств размещены в алфавитном порядке. Для каждого вида даются эколого-ценотическая характеристика и точки сбора.

При выполнении ботанических описаний максимально полно выявляли состав мхов, включая эпифиты, а также виды, произрастающие на гниющей древесине (эпиксилы) и прочие. Для этого изучали территорию всей пробной площади.

Это значительно облегчало определение видов при дальнейшей камеральной обработке и особенно важно для мхов, имеющих незначительное обилие на учетных площадках, т.к. исследование всей территории пробной площади увеличивает вероятность встретить этот вид со всеми признаками, необходимо для достоверного определения.

Результаты и их обсуждение. В Беклемишевском лесничестве изучали лес хвойный, лиственничный, состав 10 Лц, в подлеске *рододендрон даурский*. Полнота 0,6, но приходится встречать в этом типе леса и редину. Рост лиственницы хороший, что наглядно видно из представленных данных анализа хода роста по модельному дереву. Бонитет – 3. Запас 170 м³/га.

Сплошного мохового покрова не образуется. Мхи встречаются отдельными дернинками (1-8 см в диаметре) или образуют разреженные дернинки (до 15-20 см). Видовой состав мхов крайне беден. Произрастание этих видов в лесах связано, прежде всего, с отсутствием конкуренции со стороны лесных мхов, а также травянистого яруса. Встречаются отдельные дернины *Abietinella abietina*, *Polytrichum juniperinum*.

Переходим к описанию видов, обнаруженных нами:

Высота *Ceratodon purpureus* составляет 1-1,5 см, растения произрастают на основаниях стволов, валеже и почве в лиственничных лесах.

Bryum argenteum имеет высоту 0,5-1,0 см, растет на почве на открытых местах, на стволах деревьев.

Abietinella abietina высотой до 10 см. Стебли, восходящие до прямо-стоячих, однажды перистые, с многочисленными парафилиями. Обитает по опушкам леса очень маленькими, часто угнетенными дерновинками.

Pleurozium schreberi - двудомный листостебельный мох, образующий крупные рыхлые дерновинки, стебель прямостоячий или восходящий, красноватый, до 16 см длиной. Обычный мох в рододендроновых, разнотравных типах лесов.

Sanionia uncinata имеет дерновинки рыхлые, соломенно-, светло или буровато-зеленые, блестящие. Стебли 2–5 (10) см длиной, лежащие или восходящие, тонкие, обычно правильно перисто-ветвистые; концы главных и боковых ветвей крючковато изогнутые. Бореальный вид; в России встречается в тундровой и лесной зонах, где довольно обычен.

Dicranum flagellare приурочен преимущественно к южной тайге. Дерновинки плотные, яркие, темно-зеленые, 12 см высотой.

Polytrichum juniperinum. Крупный темно-сизо-зеленый с возрастом буреющий мох, растущий в рыхлых или густых дерновинках. Стебель 3–10 см высотой. Политрихум является одним из наиболее широко распространенных видов. В Беклемишевском лесничестве растет в открытых местообитаниях: на пустошах, вырубках, гарях, почвенных обнажениях, иногда на камнях и валежнике.

В виде отдельных дернин произрастает *Rhytidium rugosum* на почве или гнилой древесине.

В лиственничнике багульниковом моховый ярус иногда развит весьма значительно и занимает около половины поверхности почвы. Приурочен большей частью к понижениям и представлен *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum juniperinum*, *Hylocomium splendens*, *Ptilium crista-castrensis*, *Sphagnum* sp.

Итак, в Беклемишевском лесничестве мхи не образуют сплошного покрова, по проективному покрытию доминирует *Polytrichum juniperinum*. Суровый и сухой климат обуславливает иссушение песчаных и каменисто-щебнистых почв. Под пологом таких лесов нет условий для развития мохового покрова. Поэтому и видовой состав мхов бедный.

Моховый покров с в Оленгуйском лесничестве изучали в апреле-мае 2018 г. Характеристика леса: хвойный лес. Верхний (первый ярус) представлен лиственницей даурской, к которой примешивается береза плосколистная, реже встречается единичная осина, состав 10Лц. Полнота 0,6. В лесу произрастают многочисленные особи *Rhododendron dauricum*. Травяной покров средней густоты 45-55 %. В целом травяной покров беден и представлен небольшим числом видов. Наиболее обильно брусника.

Моховой покров, сплошного ковра не образует, занимает не более 12-16 % поверхности почвы. Встречаются на почве иногда небольшие дернинки мхов диаметром 3-5 см. Сплошной моховой ярус выявлен только около ручья, проективное покрытие до 90 %. Здесь высота яруса достигает 20 см. Список, выявленных нами листостебельных мхов включает следующие виды:

Climacium dendroides имеет восходящий стебель до 7-10 см длиной. Вид имеет широкое распространение в Голарктике. В лесничестве растет на сырых лугах, на почве, валеже, иногда поднимается по стволам осины до двух метров над землей. Нормально развитые, древовидные побеги *Climacium dendroides* не вызывают проблем с определением, поскольку такой характер роста на большей части территории России присущ только этому виду.

Hylocomium splendens. Этот бореальный вид, имеет в лесничестве мощные дерновинки, рыхлые, желто- или оливково-зеленые по цвету, блестящие. Стебли 5-10 см, лежачие, перисто-ветвистые, боковые ветви плоско простерты и дуговидно изогнуты. Лесной вид произрастает на почве и подстилке в хвойных лесах, где составляет основу напочвенного покрова в сосняках и лиственничниках зеленомошных.

Растения *Plagiomnium cuspidatum* - в рыхлых дерновинках или обширных рыхлых покровах, или нередко растущие среди других мхов, зеленые, желто- или темно-зеленые. Генеративные побеги прямостоячие, 1-4 см длиной, густо облиственные, с розетковидными скученными к верхушке листьями. Широко распространенный голарктический вид, он произрастает на почве, в основании стволов, на валежнике, камнях, среди трав на лугах.

Rhytidium rugosum представлен растениями крупными, мощными, в густых или рыхлых дерновинках, от желто-зеленых до ярко-золотисто-бурых, слабо блестящих. Стебель до 10 см, более или менее правильно-ветвистый, веточки до 15 мм длиной, прямые или дуговидные, всесторонне густооблиственные. Двудомный петрофитно-лесной вид, жизненная форма сплетения. Спорогонов в условиях не образует. Собран по берегу лесного ручья. В пределах ареала растет на камнях, скальных выходах, крутых склонах.

На нарушенных участках (кострищах, тропах, на месте вывороченных ветром деревьев) обычны *Pohlia nutans*, *Funaris hydrometrica*, *Ceratodon purpurens*.

В лиственничных лесах наибольшее проективное покрытие мохового яруса – в лиственничниках зеленомошных 80-100 %, а в травяных – колеблется до 20-30 %. Моховой покров образован *Polytrichum juniperinum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* и в меньшей степени *Ptilium*

crista-castrensis. Напочвенные виды есть на основаниях и выступающих корнях деревьев.

На стволах деревьев в лесном поясе эпифиты растут во всех типах леса, но степени развития и обилия их разные. Наилучшего развития и наибольшего видового разнообразия они достигают во влажных лиственных лесах, расположенных в долинах рек. Наибольшее число видов зарегистрировано на основаниях (0-0,5 м) и нижних (0,5-3 м) частях деревьев. Многие эпифиты имеют широкую экологическую амплитуду и растут не только на стволах, но и почве, камнях и скалах, на гнилой древесине. Строгой приуроченности к древесным породам среди эпифитов не наблюдается. На сильно разложившейся древесине, смешивающейся с почвой, встречаются напочвенные виды: *Dicranum flagellare*, *Pleurozium scherberi* и другие.

Заключение. Определение мохового яруса в лесах двух лесничествах Забайкальского края показало, что сплошного ковра он не образует, только около ручья в Оленгуйском лесничестве происходит увеличение проективного покрытия и высоты яруса за счет произрастания мезофитных растений. Мхи встречаются отдельными дернинками.

В бриофлоре лесничеств Забайкальского края большинство мхов являются широко распространенными видами, произрастающими в нескольких растительных зонах Голарктики. Такие виды часто являются доминантами мохового покрова растительных сообществ.

Библиографические ссылки

1. Бардунов Л. В., Васильев А. Н. Мхи и печеночники лесов Сибири. Новосибирск : Издательство Гео, 2010. 174 с.
2. Методы изучения лесных сообществ / Отв. ред. В. Т. Ярмишко. СПб. : СПбГУ, 2002. 240 с.
3. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // M. S. Ignatov [et al] // Arctoa. 2006. Vol. 15. P. 1-130.

ОПЫТ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ АККУМУЛЯЦИИ НАНОСОВ НА БЕРЕГАХ РЕКИ ОКИ

А. Ю. Воробьев, А. С. Кадыров, А. В. Водорезов

*Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, г. Рязань, Россия,
a.vorobyov90@mail.ru*

Полустационарные геоморфологические наблюдения за скоростью аллювиального осадконакопления проведены в днище долины реки Оки на участке от устья Белоомутского гидроузла (Московская область) до пгт Елатьма (Рязанская область). Более 100 седиментационных ловушек устанавливалось ежегодно на центральной и прирусловой пойме. Многолетняя динамика осадочных показателей наилка свидетельствует о выраженной реакции развития рельефа окской поймы на неустойчивый водный режим р. Оки в 2010-2020-е гг.

Ключевые слова: река Ока; пойма; аккумуляция аллювия; седиментационная ловушка; половодье.

Введение. В последние десятилетия для пойм и речных русел Волжского бассейна отмечается [1, 2] ухудшение экологической обстановки, обусловленное внутригодовым перераспределением речного стока. Пойменно-русловые геокомплексы в средней части долины реки Оки (крупного притока р. Волги) в полной мере испытали последствия отмеченной тенденции. Водность весенних половодий сократилась, при этом снизился их потенциал транспорта наносов, самоочищения пойменных водоемов и увеличились риски деградации последних. В отличие от региональной динамики водных ресурсов, эрозионно-аккумулятивные процессы на средней Оке изучены слабо. Вариации стока как активного фактора осадконакопления отражаются на вещественном составе и объеме отлагаемых в пойме наносов. Литолого-геоморфологические исследования скорости их накопления и состава начались в 2014 году, продолжаются в настоящее время и охватывают район в 770-306 км от устья р. Оки. Основным методом регистрации аккумулятивного процесса было использование седиментационных ловушек [6] различной конструкции, закрепляемых на формах пойменного рельефа. За 8 лет непрерывных наблюдений удалось выявить ряд закономерностей его ежегодного развития, управляемых такими параметрами паводковой волны, как мутность (W), максимальная водность (Q_{\max}), длительность затопления ловушек (поемность – T).

Материалы и методы исследований. Осенью или весной, непосредственно перед началом половодья, в прирусловой (низкой) пойме и в пределах ее центральных массивов, приподнятых над меженным руслом Оки

более чем на 2,5 м, устанавливались седиментационные ловушки. Использовались ловушки-маты из кокосового волокна, искусственной травы, площадки из насыпного материала и резиновые коврики. Размер учетных площадок колебался от 0,24 м² до 2 м². После прохождения половодья производилось снятие ловушек и отложившихся на них осадков. В камеральных условиях аллювий просушивался при температуре 105 °С, определялись масса и объем пробы. Гранулометрический анализ каждой из них осуществлялся пипеточным (по ГОСТ 12536-2014) и ситовым методами. Измерение объема осадков на ловушках позволило перейти к следующим параметрам осадконакопления: мощность слоя наносов (h), медианный диаметр частиц (D₅₀), другие стандартные осадочные показатели (D₁₆, D₈₄). Для части наиболее показательных случаев аккумуляции определялось также содержание органического вещества (C_{общ}) в седиментах.

На некоторых близких к руслу участках поймы предполагалась интенсивная литодинамика, поэтому плановое и вертикальное положение сборников аллювия в таких условиях дополнительно фиксировалось GNSS-приемниками. Все позиции на пойменно-руслевом рельефе, сопровождавшиеся регулярным мониторингом осадконакопления, были дифференцированы нами в соответствии с седиментационными обстановками. Среди них в границах прирусловой поймы выделяются отмели меандрирующего и прямолинейного русла, прирусловые валы, бечевники, затоны и приустьевые участки окских притоков. Топография центральной поймы осложнена гривами, межгривными понижениями, котловинами старичных озер (существующих или бывших) и притеррасными болотами. Приведенный перечень обстановок осадконакопления репрезентативен не только для крупных рек Волжского бассейна, но и для днищ долин большинства водотоков гумидной зоны умеренного пояса [5]. Это дает возможность составления топологически устойчивых оценок отклика рельефа окской поймы на глобальные и континентальные [1, 2] гидроклиматические процессы.

Результаты и их обсуждение. Скорость аккумуляции аллювия на прирусловой пойме, в целом, обнаруживает прямую положительную связь с водностью весеннего половодья. В годы (2014-2015 гг., 2019-2020 гг.) с пониженным стоком в данный сезон (Q_{max}=676-1420 м³/с) средняя скорость аккумуляции аллювия составляла 4,8 мм/год, заметные размывы отмелей не наблюдались даже в непосредственной близости от границы русла. В 2020 году из-за исключительно теплой зимы [2] в окском бассейне впервые за историю инструментальных наблюдений (с 1878 года) максимальные расходы наблюдались в июне и были обусловлены ливневыми осадками. Средние значения h слоя наносов, переотложенных во время данного аномального гидрологического события, составляли 18,9 мм. Поток наполнил русло почти до бровок, но не выходил на центральную пойму в 2016-2017 гг. Слой свежего аллювия в эти годы увеличился

до 10,3 мм. В 2018 и 2021 годах наблюдались наиболее высокие половодья ($Q_{\max}=2390-2640 \text{ м}^3/\text{с}$) за период нашего мониторинга.

Частично поверхность низкой поймы была несколько размывта, но интенсивный массообмен структур потока и субстрата был характерен на более близком к границе русла расстоянии, вне мест закрепления ловушек. Максимальный прирост поймы в высоту в эти годы достигал 100-120 мм, в среднем – 54 мм.

Сегментно- и параллельно-гивистые генерации центральной поймы, равно как и ее выровненные участки покрывались гребнем паводковой волны, главным образом, в 2018 и 2021 годах. Обычные значения h достигали порядка 0,5-1,3 мм, увеличиваясь по понижениям до 1,5-3,0 мм. Как правило, с удалением от руслового ложа объем наносов на ловушках уменьшается, а на ряде сборников аллювия, закрепленных на притеррасных участках, вообще не обнаруживалось свежего аллювия, несмотря на затопление. Гранулометрический состав наносов, аккумуляровавшихся в пределах центральной поймы – алевриты и глины, песчаные зерна в пробах почти не встречаются. Спектр фракций твердофазного материала на прирусловых отмелях и валах существенно шире, D_{50} здесь чаще всего соответствует мелкому или среднему песку. Годы с повышенным весенним стоком оставляют не только более мощные литологические записи, но и представленные, преимущественно, легкосуглинистыми, песчаными и супесчаными наносами. Напротив, в 2014-2017 гг. и в 2019 году преобладало накопление алевритов, илистых алевритов с примесью тонкого и мелкого песка. Исключением являются невысокие паводки 2015 и 2020 годов – малое насыщение потока взвесью обеспечило реализацию транспортирующей способности, в основном, за счет влекомых наносов и на прирусловой пойме накапливались пески и супеси.

Обновление поверхности рельефа на берегах затонов, а также на литодинамически тесно связанных с водосборами поймах притоков р. Оки, по осадочным показателям весьма устойчиво из года в год. При затоплении таких позиций отлагаются илисто-алевритовые наносы (D_{50} в интервале 0,005-0,06 мм), включения песка отмечались только в отдельные годы. В местных седиментах также выше доля органической составляющей – содержание $C_{\text{общ}}$ может достигать 10-15 %. В среднем же, прирусловой аллювий представляет минеральные грунты ($C_{\text{общ}} < 3,0 \%$), реже – органоминеральные ($C_{\text{общ}}=3,0-10,0 \%$). Применение фотометрического метода определения этого показателя (по ГОСТ 26213-2021) свидетельствует об увеличении обогащения органикой прируслового аллювия соразмерно доле частиц $< 0,06 \text{ мм}$. О приуроченности органических компонентов к тонкодисперсным наносам в речной взвеси известно по многочисленным источникам [3, 4], определение зон преимущественной аккумуляции таких осадков с повышенной поглотительной способностью позволит разделить берега низкой поймы на относительно «чистые» и

«грязные». Последние при этом особенно подвержены аккумуляции разнообразных экотоксикантов – нефтепродуктов, соединений тяжелых металлов, радионуклидов (например, ^{137}Cs). На центральной пойме аллювиальный процесс, наоборот, оказывает положительное влияние на функционирование супераквальных геосистем, приводя к поступлению биофильных элементов в почвенный поглощающий комплекс и создавая запасы влаги в почвах и подстилающих их геологических телах.

Заключение. Внутригодовое перераспределение стока р. Оки в 2014-2021 гг. привело к увеличению роли алевритовых и глинистых наносов в составе прируслового аллювия. Установлено, что прирусловые отмели на вершинах окских излучин наиболее устойчивы к заилению и даже в годы пониженного весеннего стока на них, в той или иной мере, осуществляется накопление песчаных частиц. Заиление, в том числе, органоминеральными наносами, гораздо в большей степени характерно для окских затонов, заводей и приустьевых пойм рр. Вожи, Гуся, Прони, Сынтулки и Унжи. Наносы центральной поймы практически повсеместно представлены алевритами с примесью ила, скорость осадконакопления на таких приподнятых участках в десятки раз ниже, чем на прирусловых участках. Сосредоточение аккумулятивного процесса на низких берегах Оки выделяет их как наиболее сенсорную к динамике метеорологических и гидрологических элементов часть днища долины. Дальнейший мониторинг этой ландшафтной связи, возможно, с применением методов геохимии, предоставит возможности для идентификации зон наиболее вероятного загрязнения берегов.

Библиографические ссылки

1. О соотношении климатических и антропогенных факторов в изменении стока Волги // Н. И. Коронкевич [и др] // Известия Российской академии наук. Серия Географическая. 2023. Т. 87, № 6. С. 825-834.
2. *Мохов И. И.* Аномальные зимы в регионах Северной Евразии в разных фазах явлений Эль-Ниньо // Доклады Российской Академии наук. Науки о Земле, 2020. Т. 493, № 2. С. 93-98.
3. *Янин Е. П.* Геохимия речной эпифитовзвеси в зоне влияния промышленного города. М. : НП «АРСО», 2020. 139 с.
4. *Allan J. D., Callisto M. M.* Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters, 2nd Edition. Chapman and Hall, New York, 2007. 450 p.
5. *Miall A.* Fluvial Depositional Systems. Springer Geology, 2014. 316 p.
6. Field monitoring of alluvium accumulation in the riverine floodplain of the Oka River, European Russia // A. Y. Vorobyov [et al.] // International Journal of Sediment Research, 2024. Vol. 5. P. 720-736.

К ВОПРОСУ О ТИПОЛОГИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ КУЛЬТУРНО-ЛАНДШАФТНЫХ РАЙОНОВ БЕЛАРУСИ

Н. В. Гагина, Л. Н. Гертман, Е. Ю. Лутохина, А. Н. Полюхович

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, hahina@bsu.by

Выполнен анализ насыщенности объектами охраняемого материального природного и историко-культурного наследия в границах культурно-ландшафтных районов Беларуси. Рассмотрено пространственное распределение и разнообразие охраняемых объектов материального наследия. Дана характеристика выделенных типов культурно-ландшафтных районов.

Ключевые слова: природные ландшафты; природное наследие; историко-культурное наследие; культурные ландшафты.

Введение. Культурный ландшафт рассматривается как многокомпонентное пространственное образование, сформированное в результате взаимодействия и эволюции общества под влиянием условий природной среды, экономических, социальных и культурных процессов. Различные аспекты исследования культурных ландшафтов широко представлены в зарубежной и отечественной научной литературе [1–3].

Особую ценность культурным ландшафтам придают объекты природного и историко-культурного наследия, сохранение которых в их естественном окружении является одной из задач устойчивого природопользования. Сочетание объектов охраняемого природного и историко-культурного наследия в границах природных ландшафтов Беларуси рассмотрено как фактор, определяющий типологическое разнообразие культурно-ландшафтных районов.

Материалы и методы исследований. Территориальными единицами исследования приняты 53 ландшафтных района, каждый из которых имеет индивидуальную структуру видов природных ландшафтов, согласно уточненной схемы ландшафтного районирования Беларуси, выполненного на основе ландшафтной карты масштаба 1: 500 000 [4]. В границах ландшафтных районов была подсчитана насыщенность и определена структура объектов охраняемого материального природного и историко-культурного наследия. Объекты охраняемого наследия были разделены по их генезису на 2 класса: материального природного наследия, материального историко-культурного наследия. В проведенном исследовании объекты материального природного наследия включали заповедники, национальные парки, заказники республиканского значения, памятники

природы. Объекты охраняемого материального историко-культурного наследия рассматривались в разрезе памятников археологии, истории, архитектуры, градостроительных комплексов. Для определения насыщенности объектами природного и историко-культурного наследия рассчитывалась плотность объектов – их количество на 1 тыс. га. площади, а для особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – их доля в площади района. Полученные значения по каждому показателю переводились в нормированные баллы по формуле:

$$p = \frac{p_i - p_{\min}}{p_{\max} - p_{\min}},$$

где p – нормированное значение показателя в диапазоне 0,0 ... 1,0; p_i – значение i -го элемента в выборке; p_{\min} , – наихудшее значение элемента в выборке; p_{\max} – наилучшее значение элемента в выборке.

По степени насыщенности ландшафтных районов объектами охраняемого материального природного и историко-культурного наследия были выделены культурно-ландшафтные районы: с преобладанием охраняемого природного наследия; с преобладанием охраняемого историко-культурного наследия; с сочетанием охраняемого природного и историко-культурного наследия; а также районы с низкой насыщенностью такими объектами. К средней степени насыщенности отнесены значения нормированных баллов плотности или площади объектов охраняемого наследия в диапазоне от 0,26 – 0,45, к высокой, очень высокой и максимальной – от 0,46 и более.

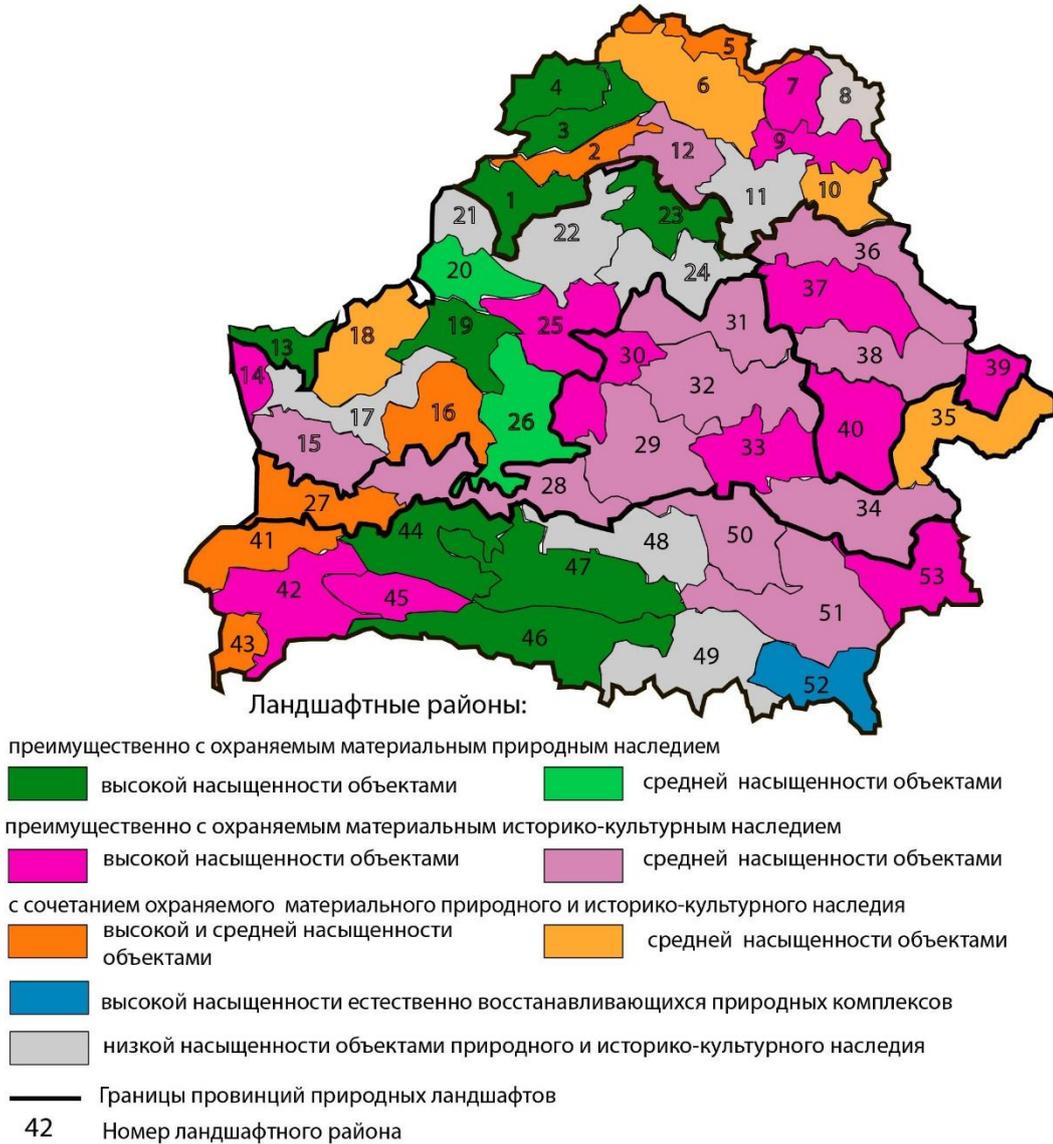
Результаты и их обсуждение. На основе анализа распределения объектов охраняемого материального наследия выявлены типы культурно-ландшафтных районов. Среди них выделено 10 типов районов с сочетанием объектов природного и историко-культурного наследия высокой и средней насыщенности, 8 типов районов с преобладанием охраняемых объектов материального историко-культурного наследия, 3 типа районов с преобладанием охраняемых объектов природного наследия. В отдельный тип отнесен район естественно восстанавливающихся природных комплексов. Все районы с низкой насыщенностью охраняемыми объектами наследия также выделены в отдельный тип.

Преобладающая высокая насыщенность объектами историко-культурного наследия характерна для 43 % ландшафтных районов, природного – для 21 % районов, сочетание охраняемых объектов и природного, и историко-культурного наследия средней и высокой насыщенности прослеживается в 19 % всех ландшафтных районов.

Среди районов с высокой и средней насыщенностью объектами природного и историко-культурного наследия выделяются 13 районов

значительного типологического разнообразия (с тремя и более типами объектов охраняемого материального наследия), что составляет 25 % от всех ландшафтных районов.

Пространственное распределение охраняемых объектов материального природного и историко-культурного наследия в границах ландшафтных районов отражено на рисунке.



Насыщенность и разнообразие объектов охраняемого материального наследия в границах ландшафтных районов Беларуси

В районах с высокой насыщенностью объектами охраняемого природного наследия доля охраняемых природных комплексов составляет более 20 % от площади ландшафтного района. К ним относятся районы:

Котринский бугристо-волнистых водно-ледниковых ландшафтов (№ 13), где площадь ООПТ составляет 41 % площади района; Пинско-Туровский район волнистых и плосковолнистых аллювиальных террасированных ландшафтов (№ 46), с долей ООПТ 40 %, Свенцяно-Нарочанский мелкохолмистых и средне-холмисто-рядовых холмисто-моренно-озерных ландшафтов (№ 1), в котором доля ООПТ 39 %; Верхненеманский район плосковолнистых моренно-зандровых ландшафтов (№ 19) и Верхнеберезинский район плоских и плосковолнистых озерно-болотных, холмисто-волнистых водно-ледниковых ландшафтов (№ 23), где площади ООПТ равны и составляют 29 %; Лунинецко-Житковичский плоских озерно-аллювиальных ландшафтов (№ 47), с долей ООПТ 22 %; Ясельдско-Щарский плосковолнистых водно-ледниковых и озерно-аллювиальных, плоских озерно-болотных ландшафтов (№ 44), с долей ООПТ 21 %.

Среди районов с высокой насыщенностью памятниками природы республиканского значения следует выделить два района: Браславский волнистых и пологоволнистых моренно-озерных, мелко-холмисто-рядовых холмисто-моренно-озерных ландшафтов (№ 4), где расположены 44 памятника, а также Свенцяно-Нарочанский мелкохолмистых и средне-холмисто-рядовых холмисто-моренно-озерных ландшафтов (№ 1), где охраняется 40 памятников.

Брагинско-Наровлянский район (№ 52), на территории которого организован Полесский радиационно-экологический заповедник, рассматривается как особая территория формирования естественно восстанавливающихся природных комплексов после прекращения хозяйственной деятельности на загрязненных радионуклидами землями, и в категории «объекты природного наследия» в исследовании не учитывалась, доля охраняемых природных комплексов в этом районе составляет 54,9 %.

Ландшафты, для которых прослеживается сочетание охраняемых объектов и природного, и историко-культурного наследия, составляют 19 % от всех ландшафтных районов. Среди них отдельную группу образуют районы с высокой насыщенностью объектов природного наследия в сочетании со средней насыщенностью объектами историко-культурного наследия.

В качестве примера можно привести Освейско-Езерищенский район мелкохолмистых камово-моренных, холмисто-волнистых водно-ледниковых ландшафтов (№ 5), в котором доля ООПТ составляет 43,7 % площади и расположены 25 памятников археологии (средняя насыщенность).

Еще для одной группы характерна высокая насыщенность объектами историко-культурного наследия и средняя – природного.

Примером может служить Высоковско-Пружанский район холмисто-волнистых вторично-моренных и моренно-зандровых ландшафтов (№ 41), где расположены 47 памятников охраняемого историко-культурного наследия, а доля охраняемых природных территорий 18,8 %.

Высокая насыщенность объектами архитектуры, истории фиксируется для районов, в границах которых расположены города с богатым историко-культурным наследием. В Гродненском (№ 14), Минском (№ 25), Могилевском (№ 38) культурно-ландшафтных районах значительно распространены все типы объектов историко-культурного наследия – памятники археологии, истории, архитектуры и градостроительные комплексы. При этом Гродненский и Минский районы имеют наиболее высокую насыщенность такими объектами в разрезе страны.

Ряд районов выделяется высокой насыщенностью памятниками археологии: Климовичский (№ 39), Шкловский (№ 37), Днепровский (№ 39).

В районах также наблюдается сочетание охраняемого градостроительного комплекса с другими типами объектов историко-культурного наследия: истории и архитектуры в Витебском (№ 9), Мухавецком (№ 42), Загородском (№ 45) районах; истории и археологии – в Бобруйско-Рогачевском (№ 33). В Новогрудском районе (№ 16) охраняемый градостроительный комплекс сочетается с памятниками архитектуры и природы, в Полоцком районе (№ 6) – с памятниками истории и охраняемыми природными комплексами. В Высоковско-Пружанском районе (№ 41) типологическое разнообразие определяет сочетание объектов исторического и архитектурного наследия и охраняемыми природными комплексами, в том числе имеющими статус всемирного природного наследия ЮНЕСКО.

В границах 8 ландшафтных районов (15 %) насыщенность охраняемыми объектами материального наследия низкая. Например, в Оресском районе плосковолнистых озерно-аллювиальных ландшафтов (№ 48), площадь которого равна 445,2 тыс. га, доля охраняемых природных территорий составляет 1,7 %, здесь охраняется 11 памятников природы и 11 памятников археологии, 5 памятников истории и 5 памятников архитектуры.

Заключение. Проведенные исследования выявили особенности распределения объектов охраняемого природного и историко-культурного наследия в границах культурно-ландшафтных районов Беларуси. На основе анализа распределения объектов наследия выявлены 8 типов культурно-ландшафтных районов с преобладанием охраняемых объектов историко-культурного наследия, 3 типа районов с преобладанием объектов природного наследия, 10 типов районов с сочетанием объектов природного и историко-культурного наследия высокой и средней насыщенности,

1 тип районов – с низкой насыщенностью охраняемыми объектами наследия, 1 район естественно восстанавливающихся природных комплексов.

Подтверждено, что пространственное распределение охраняемых объектов материального наследия обусловлено сочетанием природных, культурно-исторических, социально-экономических факторов. Среди районов с высокой насыщенностью объектами историко-культурного наследия прослеживается влияние столичного фактора (современного и исторического), и городов – региональных историко-культурных центров. Районы с высокой насыщенностью объектами природного наследия приурочены к распространению холмисто-моренно-озерных, водно-ледниковых, озерно-ледниковых, моренно-зандровых, аллювиальных террасированных, озерно-болотных ландшафтов. Полученные результаты имеют значимость для дальнейшего исследования и районирования культурных ландшафтов Беларуси.

Библиографические ссылки

1. Историко-культурные ландшафты Беларуси / А. И. Локотко. Минск : Беларус.наука, 2006. 470 с.

2. Культурный ландшафт как объект наследия / Под ред. Ю. А. Веденина, М. Е. Кулешовой. М. : Институт наследия; СПб. : Дмитрий Буланин, 2004. 620 с.

3. Манаков А. Г., Теренина Н. К., Красильникова И. Н. Концептуальные основы создания этнокультурно-ландшафтного атласа Псковской области // Известия русского географического общества. 2020. Т. 152, № 4. С. 31–45.

4. Счастливая И. И., Воробьев Д. С. Структура природных ландшафтов и ее роль в создании схемы ландшафтного районирования // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2022. № 2. С. 45–62.

ПРОБЛЕМЫ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ОЗЕР НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ БЕЛАРУСИ

Н. Д. Грищенкова

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь, nhrysh@gmail.com*

Представлены результаты мониторинга водной растительности в озерах заказников республиканского значения «Красный Бор» (Белое (Доброплесы), Бредно) и «Святязянский» (Свитязь). Оцениваются изменения характера и степени зарастания водоемов за многолетний период наблюдений. Выявлены основные угрозы уникальным водным экосистемам и местам обитания охраняемых видов водных растений на территории данных ООПТ и предложены меры по их охране.

Ключевые слова: озеро; особо охраняемые природные территории; высшие водные растения; охраняемые виды; мониторинг; деградация.

Введение. Важная роль в предотвращении загрязнения, сохранении ландшафтного и биологического разнообразия водных экосистем Беларуси принадлежит особо охраняемым природным территориям (ООПТ). Наиболее репрезентативно в составе ООПТ наряду с лесными экосистемами представлены также экосистемы внутренних вод – долины рек и озерные водоемы. В настоящее время в структуре ООПТ около 5 % составляют водные экосистемы.

В озерном фонде республики известно более 60 озер (не включая старицы), являющихся местами произрастания редких охраняемых видов водной флоры, включенных в Красную книгу Республики Беларусь (всего 19 видов; и 20 видов, нуждающихся в профилактической охране) [4]. Из общего числа озер, в которых произрастают охраняемые виды, 36 водоемов находятся в пределах ООПТ. Однако охранный статус таких территорий не всегда означает безусловное сохранение окружающей среды. Существующие меры охраны на ООПТ зачастую нарушаются и таким образом не гарантируют устойчивое сохранение уникальных водных экосистем и редких видов водных растений.

Материалы и методы исследований. Представленные в статье результаты получены в рамках мониторинга водной растительности Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь на озерах Белое (Доброплесы) и Бредно в заказнике «Красный Бор»,

Свитязь в заказнике «Свитязянский». Данные озера – уникальные для территории Беларуси водоемы кислотного типа, отличающиеся гидрологической замкнутостью, наличием верховых болот на водосборе, низкой продуктивностью, небольшими показателями минерализации и активной реакции воды [11]. Озера Белое (Доброплесы) и Бредно еще до недавнего времени являлись водоемами полушниково-го подтипа зарастания, озеро Свитязь – рдестового [2]. Регулярный мониторинг на этих объектах осуществляется с 2000 года.

Пунктами наблюдений мониторинга водной растительности являются ключевые участки (КУ). КУ представляют собой репрезентативные, однородные или разнородные по составу растительности участки акватории произвольных размеров и формы, закрепленные на планово-картографической основе, с расположенными на них объектами мониторинга водной растительности, в отношении которых по специальной программе [5] на регулярной основе проводится комплекс мониторинговых наблюдений. Анализируют видовой состав, количественное развитие и состояние водной растительности, а также среды ее произрастания. Исследования проводили по общепринятым методикам [3, 5].

Сроки проведения наблюдений и отбор проб на КУ соответствовал максимальному развитию биомассы и приходился на период цветения (июль – август). Отбор проб и анализы физико-химических свойств воды проводили по общепринятым методикам [1, 6, 9]. В водной массе определяли pH, прозрачность, цветность, содержание основных ионов минерального состава и биогенных веществ.

Результаты и их обсуждение. Озеро Белое (Доброплесы) расположено в Россонском районе Витебской области, в границах республиканского ландшафтного заказника «Красный Бор». Исключительно малая площадь водосбора (0,70 км²) и отсутствие притока поверхностных вод определяют замедленный водообмен и его повышенную уязвимость.

В 2001 г. в озере насчитывалось 18 видов растений, из них 2 (лобелия Дортманна и полушник озерный) занесены в Красную книгу Республики Беларусь [4]. Максимальная глубина произрастания макрофитов составляла 2,8 м. Растительные формации распространялись по всему периметру озера. Почти повсеместно на глубинах 0,5–1,5 м отмечался подводный ковер из зарослей лобелии Дортманна, полушника озерного и харовых водорослей. Глубже произрастали рдесты, уруть и режа элодея.

В целом степень зарастания водоема (включая надводную растительность) составляла 40 %.

В 2013 г. пояс погруженной растительности находился на стадии деградации: растения отмечались единичными экземплярами на глубинах

0,2–0,8 м среди зарослей надводной растительности. Озеро из гидрофитного (доминирует погруженная растительность) типа водоема перешло в гелофитный (доминирует воздушно-водная растительность) [7].

Площади распространения, биомасса и число видов высших водных растений за годы исследований постепенно снижались вплоть до полного исчезновения сначала погруженных растений, а в 2023 г. в связи со сплошным выкашиванием тростниковых зарослей по всему периметру озера – и надводной растительности. Таким образом, на акватории озера в настоящее время полностью отсутствуют макрофиты.

Угрозы. Озеро используется расположенным на его побережье туристическим комплексом «Красный Бор» для предоставления услуг рыбной ловли [8]. При этом проводится периодическое зарыбление водоема и осуществляется подкормка рыбы, что приводит к увеличению нагрузки на экосистему от дополнительно поступающих органических веществ.

До сдачи озера в аренду в нем обитали аборигенные виды рыб, свойственные данному типу озер. Зарыбление озера растительноядными и всеядными интродуцированными видами – карпом, белым амуром, серебряным карасем и толстолобиком, составляющими конкуренцию коренным обитателям и отличающимися очень активным ростом, – привело к полному исчезновению погруженной растительности в водоеме (в том числе охраняемых видов). Кроме того, всеядная рыба активно потребляет зоопланктон, особенно крупный, который контролирует развитие фитопланктона [10], что может привести к «цветению» воды, снижению прозрачности и, как итог, к нарушению природного баланса. Данные виды рыб приносят наиболее быструю экономическую отдачу арендаторам, однако наносят непоправимый ущерб таким уязвимым, в силу своей природной специфики, озерам, как Белое.

В 2023 г. отмечено сплошное выкашивание тростниковых зарослей по периметру озера. Наблюдения позволяют считать, что наиболее благоприятным фактором для формирования хорошего качества воды при достаточном водообмене является зарастание акватории до 30–40 % [2]. Как раз такая степень зарастания и отмечалась для озера Белое до передачи его в аренду. Сплошное и регулярное выкашивание водной растительности в озере резко снижает ее продуктивность, а, следовательно, и ее функцию «биофильтра» на пути загрязняющих веществ, что непосредственно скажется на качестве воды и может повлечь за собой непредвиденные и катастрофические последствия для всей водной экосистемы.

Пути решения. Соблюдение специального режима охраны мест обитания растений, внесенных в Красную книгу, включая запрет на интродукцию в озера заказника любых чужеродных видов животных и растений,

в соответствии с действующим законодательством. Передача в аренду подобных уникальных и крайне уязвимых озер, расположенных на территории ООПТ, и любые действия арендатора, затрагивающие экосистему озера, должны согласовываться с учеными соответствующего профиля для определения их возможности и необходимости проведения компенсационных мероприятий.

Для снижения нарастающих угроз для озера предлагается создание зоны особой охраны аналогично «заповедной» на определенное время, восстановление аборигенной ихтиофауны, предотвращение дальнейшего уничтожения водной растительности, восстановление места произрастания редких видов путем реинтродукции в рамках специальных программ.

Озеро Бредно расположено в Россонском районе Витебской области, в границах республиканского ландшафтного заказника «Красный Бор». Озеро являлось одним из самых низкоминерализованных водоемов Беларуси (до 10 мг/дм³). За 20 лет наблюдений минерализация возросла в 6 раз; прозрачность более чем в 2 раза уменьшилась (с 4,7 м в 2001 г. до 2,0 м в 2023 г.). Активная реакция воды ранее была кислая (рН = 4,86–5,23), в настоящее время за счет повышенной биогенной нагрузки на озеро стала нейтральной (6,6).

В 2013 г. погруженные растения занимали 35 % площади водоема и были распространены до глубины 1,5–1,7 м. Заросли охраняемых видов – лобелии Дортманна и полушника озерного – занимали 2/3 доступной площади литорали на глубинах 0,3–1,5 м. Растения обильно цвели и плодоносили [7].

При обследовании в 2023 г. отмечено увеличение площади зарослей тростника, сокращение площади и глубины распространения полушника озерного и лобелии Дортманна за счет уменьшения прозрачности воды. Указанные выше охраняемые виды растений отличаются низкой жизненностью. Распространены на глубинах до 0,4–0,5 м. По периметру озера данные виды больше не формируют сплошной полосы зарастания, а встречаются фрагментарно. Появились водные мхи, массово развивается перифитон.

Угрозы. Озеро ранее было слабо подвержено антропогенному воздействию и являлось примером наиболее благоприятных условий произрастания охраняемых видов растений. Причиной негативных изменений в экосистеме озера очевидно является поступление биогенных и загрязняющих веществ с туристических стоянок, оборудованных в недавнее время на берегу озера. Недостаточная информированность населения приводит к тому, что мытье посуды и выполнение гигиенических процедур с использованием синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ)

часто осуществляются многочисленными отдыхающими непосредственно в озере.

Пути решения. Необходимо соблюдать режим охраны с ограничением использования водоема в рекреационных целях путем создания зоны особой охраны аналогично «заповедной» на определенное время, а затем регулирования численности отдыхающих, экологического информирования и воспитания населения. Проведение ежегодного мониторинга и слежение за динамикой параметров водной среды и популяций охраняемых видов растений.

Озеро Свитязь расположено в Новогрудском районе Гродненской области. Водоем, имеющий огромное природоохранное и рекреационное значение для республики и региона, является природным ядром республиканского ландшафтного заказника «Свитязьский». Гидрологические особенности озера, строение котловины и связь с водосбором проявились в характере питания и водообмене. Озеро следует отнести к числу слабопроточных, полный водообмен в нем происходит более чем за 10 лет.

Свитязь – до настоящего времени единственное достоверно известное место произрастания на территории Беларуси исключительно редкого исчезающего вида – прибрежницы одноцветковой [4].

За период с 2000 г. сократилась глубина максимального произрастания подводных растений с 7,0 до 2,5 м, что связано со снижением прозрачности озера. Из подводного растительного покрова исчезли водяной мох, элодея канадская и рдесты, не подтверждено произрастание охраняемых видов – каулинии гибкой и гидриллы мутовчатой, сократился ареал редкого охраняемого вида полушника озерного, а полоса зарастания прибрежницы одноцветковой подверглась фрагментации. В условиях значительного эвтрофирования и загрязнения происходит зарастание литорали тростником. Наблюдается массовое развитие фитопланктона в местах, примыкающих к турстоянкам.

Угрозы. В качестве основной причины негативных тенденций рассматриваются чрезмерные рекреационные нагрузки. Отмечено двукратное увеличение мест заходов в воду вдоль всей береговой линии: в настоящее время их общая протяженность составляет 1166 м, что соответствует 26 % от общей протяженности береговой линии. Помимо непосредственного поступления биогенных веществ от купающихся, недостаточная информированность населения приводит к тому, что мытье посуды и выполнение гигиенических процедур с использованием СПАВ часто осуществляются непосредственно в озере. Снижение уровня воды и изменения ее химических показателей проявились в двукратном увеличении площади

тростниковых зарослей, которые теперь занимают 55 % общей протяженности береговой линии, а также в появлении цветения воды (с преобладанием зеленых водорослей) в местах, примыкающих к турстоянкам, которое ранее не наблюдалось. При текущей инвентаризации в наиболее плотных зарослях тростника на протяжении 400 м единично или небольшими скоплениями встречается пластиковая посуда. Вдоль 200-метрового участка литоральной зоны озера проход затруднен из-за массового валежа деревьев, вызванного деятельностью бобров, что также оказывает фрагментарное влияние на экосистему прибрежной зоны.

Пути решения. Среди прямых действий рассматриваются: установление лимита по допуску неорганизованных отдыхающих в соответствии с расчетной допустимой фосфорной нагрузкой на озеро; установка достаточного количества биотуалетов и мусорных урн в местах скопления отдыхающих; перенос расположения кемпинга на 50 м от озера вглубь лесного массива к месту функционирования стационарного туалета и душа; установка аншлагов в местах скопления отдыхающих с информацией о недопустимости поступления органических и других отходов в озеро и на прилегающую к нему территорию, мытья посуды, использования шампуней и др. моющих средств, с установлением штрафных санкций за нарушение; предотвращение завалов литорали озера упавшими деревьями в результате деятельности бобров путем их переселения; мероприятия по частичному выкашиванию тростниковых зарослей в целях изъятия биогенных веществ, накопленных в растениях.

Кроме того, целесообразно проведение ежегодного мониторинга состояния водной среды и популяций охраняемых видов растений в озере, а также разработка восстановительных мероприятий в рамках специальных программ по оздоровлению озера Свитязь.

Заключение. В результате проведенных наблюдений зафиксированы существенные изменения в экологическом состоянии ряда озер на территории заказников «Красный Бор» и «Свитязянский», связанные с антропогенным влиянием, выявлены угрозы уникальным водным экосистемам и местам обитания охраняемых видов водных растений. Установлено, что основную угрозу представляют изменения физико-химических показателей водной массы и трофического статуса озер в результате интенсивного рекреационного использования акваторий и побережий. Угрозы видам представляют также зарыбление растительноядными и всеядными видами рыб, выкашивание. Для снижения нарастающих угроз и восстановления нарушенных озерных экосистем, необходимо принятие срочных мер.

Библиографические ссылки

1. *Винокуров В. В.* Методика инструментальных исследований прозрачности внутренних водоемов // Итоги гидробиологических исследований водных экосистем Белоруссии. Минск, 1988. С. 29–40.
2. *Гигевич Г. С., Власов Б. П., Вынаев Г. В.* Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана. Минск : БГУ, 2001. 231 с.
3. *Катанская В. М.* Методика исследования высшей водной растительности // Жизнь пресных вод СССР. М. : Л., 1956. Т. 4. Ч. 1. С. 160–182.
4. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол.: И. М. Качановский, М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.]. 4-е изд. Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. 448 с.
5. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / под ред. А. В. Пугачевского. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск : Право и экономика, 2011. 165 с.
6. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. Л. : Гидрометеиздат, 1984. 39 с.
7. Мониторинг растительного мира в Республике Беларусь: результаты и перспективы / И. В. Бордок [и др.]; науч. ред. А. В. Пугачевский, А. В. Судник. Минск : Беларуская навука, 2019. 491 с.
8. Официальный сайт туристического комплекса «Красный Бор» [Электронный ресурс]. URL: <https://krasniybor.by/rybalka/arendovannyye-vodoemy/ozero-beloe-dobroples> (дата обращения: 08.01.2024).
9. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А. Д. Семенова. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 292 с.
10. Особенности видовой и размерной структуры фитопланктона при разных уровнях контроля «снизу» и «сверху» в эксперименте / Е. Г. Сахарова [и др.] // Сибирский экологический журнал. 2019. № 3. С. 303–313.
11. Гидрохимический режим кислототрофных озер Беларуси в условиях климатических изменений и антропогенной нагрузки / Н. Ю. Суховило [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2023. №. 2. С. 58–69.

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ТУРИСТИЧЕСКОЙ БАЗЫ ОТДЫХА НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. И. Гурьева, Г. М. Величко, Е. Е. Сушкова

*Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия,
gurjeva_el@mail.ru*

В статье рассматривается актуальность ландшафтно-экологического исследования при проектировании спортивно-оздоровительной туристической базы. Пути сохранения биоразнообразия и устойчивого природопользования при развитии туризма Воронежской области с выявлением изменений в природных комплексах и определением оптимальных стратегий устойчивого природопользования. Важным аспектом является также учет потребностей туристов и создание инфраструктуры, способствующей активному отдыху на природе с разработкой мер по минимизации негативного воздействия на природу.

Ключевые слова: ландшафт; градостроительство; озеленение населенных мест; спортивно-оздоровительная туристическая база.

Введение. В последнее время отдых на территории России становится все более популярным и востребованным. Это объясняется политической ситуацией в стране, актуальностью темы патриотизма, а также доступностью для всего населения.

Туризм можно разделить на два основных вида деятельности: активный и пассивный. К первому виду относятся познавательный туризм и спортивный их главные составляющие – это путешествия, посещение достопримечательностей, исторических и архитектурных объектов, природных памятников, музеев. Маршруты разрабатывают на разные группы туристов в зависимости от уровня их физической готовности: пешие, конные, водные, велосипедные и т.д.

Второй вид включает стационарный и оздоровительный туризм на территориях баз отдыха, санаториев, детских лагерей, курортов. В данной статье уделим внимание именно последнему виду туризма на территории Воронежской области. Рассмотрим этапы проектирования спортивно-оздоровительной базы отдыха. Для начала нужно определить цели отдыха на туристической базе (рис. 1).

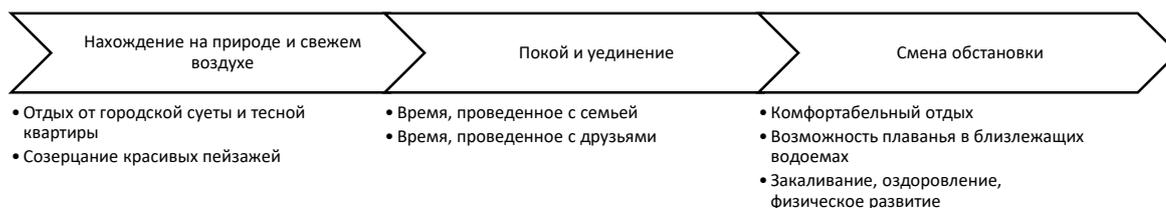


Рис. 1. Цели рекреантов

Задачи организации туристической базы: популяризация здорового образа жизни; обеспечение комфортного отдыха с высоким качеством услуг; возможность организовать новые рабочие места; строгое соблюдение российского законодательства.

Материалы и методы исследований. Ландшафтные и ландшафтно-экологические исследования играют важную роль в понимании состояния природы на различных территориях – как природных, так и урбанизированных. Они помогают выявить уязвимые экосистемы, определить факторы, влияющие на их состояние, и разработать меры по сохранению и восстановлению природной среды. Проектируемый участок располагается в Семилукском районе на левобережье реки Дон. Проектируемый участок имеет довольно спокойный ландшафт, не имеет сильных перепадов высот, что создает благоприятные условия для строительства. Природные условия и природные ресурсы, которыми обладает территория туристической базы, благоприятны для градостроительного освоения. Экономико-географическое положение выгодное: территория расположена вблизи от г. Воронежа, что обеспечивает высокий уровень основных инфраструктур: автомагистраль федерального значения, сети электро- и теплоэнергии, водоснабжение. По территории проходит автотрасса федерального значения автодороги «Обход г. Воронеж».

Результаты и их обсуждение. Первый этап. В первую очередь необходимо пределить структурные линии рельефа. Одной из главных проблем современности является утрата биоразнообразия из-за антропогенного воздействия. Ландшафтные исследования помогают выявить участки с высоким уровнем биоразнообразия и разработать меры по его сохранению. Особое внимание уделяется охраняемым природным территориям, где концентрация уникальных видов и экосистем высока. Исходя из этой схемы можно примерно представить, какая именно территория может подойти для проектирования, и нанести предварительные границы территории. Существует множество методов исследования ландшафтов: от дистанционного зондирования и геоинформационных систем до территориального анализа и мониторинга. Все они направлены на выявление изменений в природных комплексах и определение оптимальных стратегий устойчивого природопользования.

Второй этап. Определение уклонов поверхности территории. Расчет. Алгоритм выполнения расчетов: нанесение линий сечения для расчета крутизны склонов на топографический план в области большого количества перепадов высот; измерение расстояния между крайними точками сечения (l, м); измерение превышения одной точки над другой (h, м); расчет уклона поверхности по формуле (i, %): $i=h/l$. Построение профиля сечения: нанесение линий сечения; нанесение отметок в месте пересечения сечения с горизонталями; перенос на профиль линии сечения, отметок пересечения с горизонталями (по оси X), отметок разности высот (по оси Y); соединение отметок с высотными отметками; нанесение линии уклона и значения уклона.

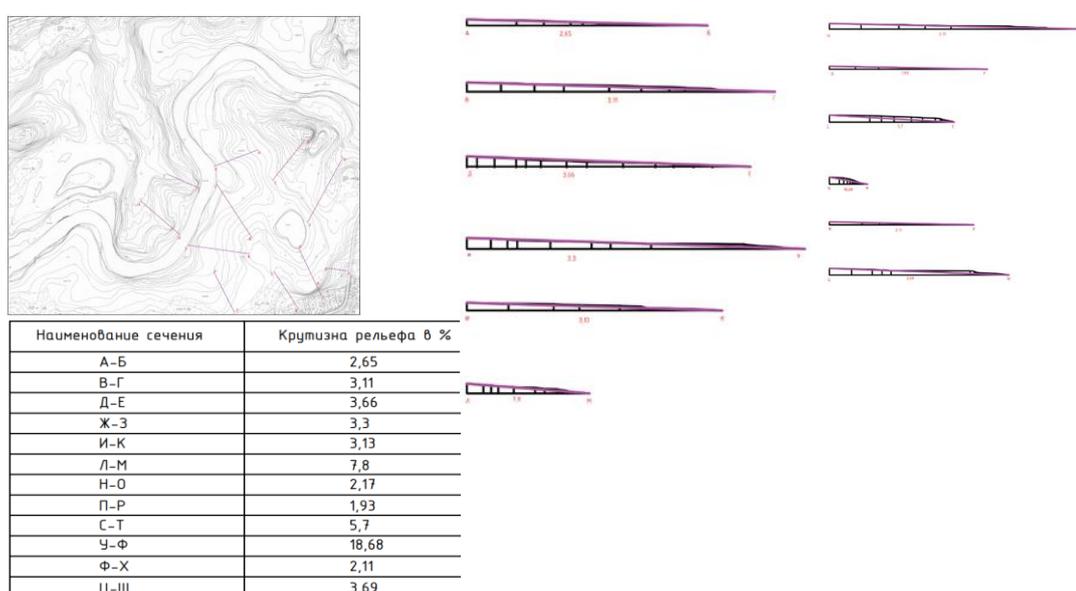


Рис. 2. Определение уклонов поверхности территории

Теперь проанализируем пригодность территории для строительства в соответствие с нашими расчетами. Опираясь на рекомендованные значения получается большая часть территории подходит для размещения корпусов, спортивно-оздоровительного и досугового центров.

Схема оценки крутизны рельефа. Так как крутизна рельефа выбранного участка варьируется от 1,93 % до 18,68 %, можно сделать вывод, что в основном рельеф довольно спокойный и несложный, а значит, территория отлично подходит для проектирования.

Третий этап. Далее необходимо выполнить схему ориентации склонов по сторонам света. Ориентация склонов по отношению к солнцу оказывает глубокое влияние на климат. В северном полушарии склоны, обращенные к югу, более солнечные и поддерживают совершенно другие экологические сообщества, чем склоны, обращенные к северу. На южной

стороне горы весенние условия могут наступить на недели или даже месяцы раньше, чем на северной. Там, где круглый год лежит снег или ледники, они находятся в тени, которую обеспечивают склоны, обращенные на север и запад. Микроклиматические условия на склонах зависят от крутизны уклона. Менее заметны они становятся в теплый летний период, так как распределение солнечной радиации более сбалансировано. Склоны восточные и западные практически в равных долях получают солнечное тепло, но восточные склоны быстрее его теряют из-за утренней росы.

Четвертый этап. В рамках ландшафтно-экологических исследований проводятся проекты развития территорий с учетом сохранения естественных ландшафтов. Один из таких проектов – создание спортивно-оздоровительной туристической базы отдыха на территории Воронежской области.

Теперь нужно сделать схему планировочных ограничений с указанием участков: с крутым рельефом; участки болотистые; овраги; лесной массив; линии электропередач; полоса отвода от железной дороги, автодороги, в курсовой работе принимается согласно нормативам; территории заповедников; остальная территория пригодна для строительства.

Пятый этап. Выявление тектоники рельефа. Как показывает практика, в первый раз очень сложно сразу выявить линии рельефа, которые в дальнейшем зададут основные композиционные направления. Важно помнить, что рельеф – это ритм, своего рода музыка, которую нужно почувствовать.

В качестве тренировки можно попробовать определить ритм и почувствовать ритм линий на линиях, нарисованных от руки в произвольном порядке (рис.3).

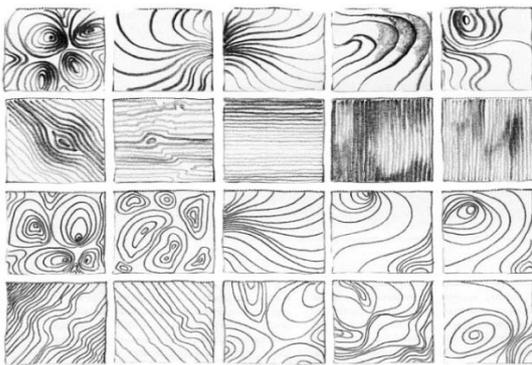


Рис. 3. Узоры для тренировки

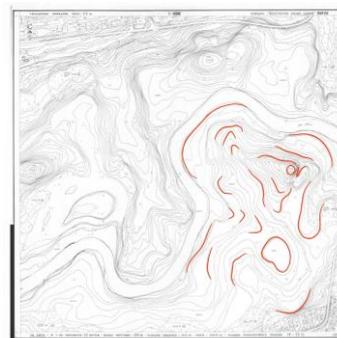


Рис. 4. Тектоника

После этого можно приступить к своему ландшафту. Элементы, бросающиеся в глаза и задающие основной ритм, нужно выделить (рис. 4.).

Шестой этап. Теперь определим структурные элементы рельефа (рис.5.). На данной схеме выделяются доминанты, акценты, композиционные оси, фоновые элементы, границы сектора обзора.

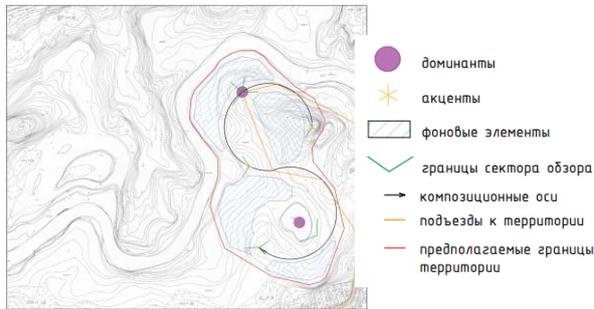


Рис.5. Элементы рельефа

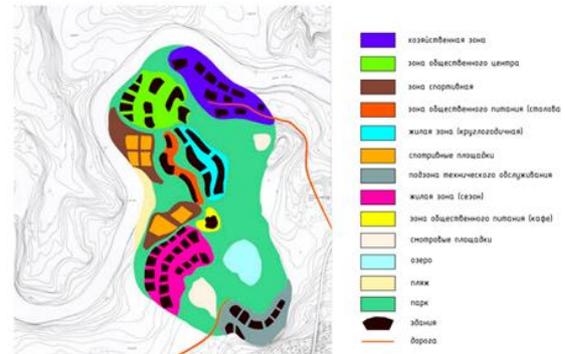


Рис. 6. Архитектурная организация территории

Седьмой этап. После определения структурных линий рельефа можно определиться с архитектурной организацией объекта на основе тектонических закономерностей. Для успешной реализации проекта необходимо провести комплексное исследование ландшафтов данной территории, определить возможные риски и угрозы для окружающей среды, а также разработать меры по минимизации негативного воздействия на природу. Важным аспектом является также учет потребностей туристов и создание инфраструктуры, способствующей активному отдыху на природе. Не нужно стремиться к реалистичным формам и привычным прямоугольным зданиям. На этом этапе важно прочувствовать ритм тектоники и на ее основе разместить здания, при этом примерно прикидывать, как размещать функциональные зоны (рис.6).

Позже можно будет отойти от изначального плана в зависимости от подобранных архитектуры и композиции.

Восьмой этап. Функциональное зонирование (рис. 7). Один из важнейших этапов проектирования. Здесь важно не только соблюдение СНиПов и рекомендаций, но и логика и личный опыт. Необходимо прежде всего думать об удобстве людей, как отдыхающих, так и персонала.

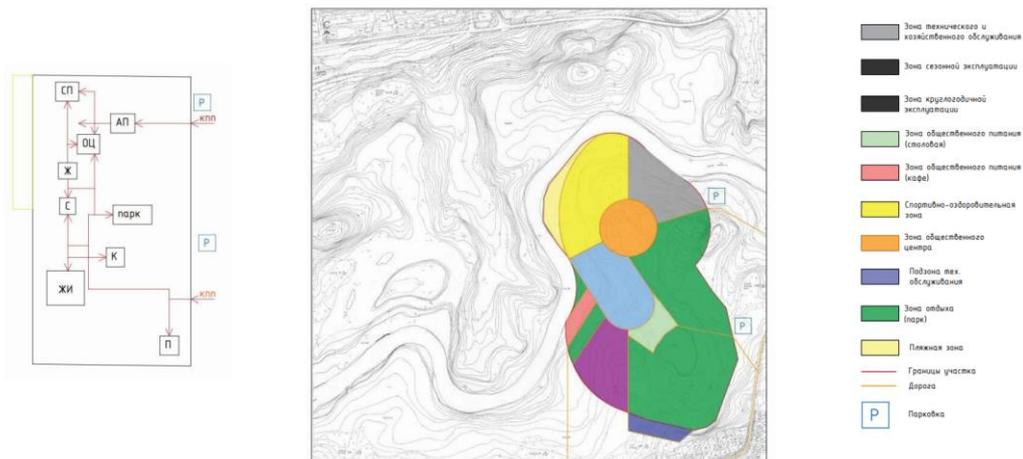


Рис. 7. Зоны функциональные

Рекомендации по размещению функциональных зон: 1. На территорию базы необходимо иметь два рассредоточенных въезда. Въезды обязательно привязываются к внешней транспортной сети, связывающей базу с населенным пунктом. Два въезда: главный и второстепенный. Расстояние между ними минимум 500 м. это обеспечивает безопасность в случае пожара и дает возможность эвакуировать людей. 2. Парковая зона соединяет все зоны между собой. 3. Хозяйственную зону размещаем в деликатной зоне, спрятав ее от посещаемых мест, но обеспечив доступ. 4. Подзона технического обслуживания. Размещается на периферии у второго въезда на турбазу. 5. Центр досуга и творчества. 6. Зона общественного питания располагается рядом с зоной проживания (максимум 50м от спальных корпусов). 7. Спортивную зону необходимо размещать максимально близко от спальных корпусов данной возрастной группы.

Девятый этап. Поиск концепции. Концепция - идея проекта, цветок лотоса – символизирует умиротворенность, чистоту, символизирует возрождение духовных сил (рис. 8). Она необходима на этапе проектирования для создания образа ТБ, вложить идею, рассчитать окупаемость и инвестиционную привлекательность. В эскизе продумывается кол-во домов, гостиниц, коттеджей, места для отдыха разных возрастных групп, центров культурного досуга и мест приема пищи. Ниже представлен поиск концепции на основе курсового проекта туристической базы «Лотос». *Поиск названия.* Название туристической базы должно отражать концепцию туристической базы. Быть звучным и коротким. Оно должно привлекать к себе внимание клиента при поиске и выборе туристической базы. *Инвестиционная привлекательность.* На территории туристической базы располагаются: озеро с лотосами (фотозона, красивые виды), детский лагерь (гарантированная заполненность турбазы в летний период), территория для пейнтбола (развлечение), детский автогородок (детское развлечение), спортивный комплекс и разнообразные спортивные

площадки (спортивно-оздоровительное времяпрепровождение), СПА комплекс с разнообразной программой (оздоровительное, расслабляющее времяпрепровождение), контактный зоопарк (развлечение, воспитание детей в игровой форме), досуговый центр (мастер-классы, выставки, творчество), водный транспорт (развлечение, спорт), амфитеатр (развлечение, творчество).



Рис. 8. Концепция базы отдыха

Десятый этап. Транспортно-пешеходное движение на территории туристической базы. Проезды. Пешеходные пути с возможностью проезда. Пешеходные пути. Главная аллея, как правило, становится главной композиционной осью территории. При этом их может быть две. Она соединяет между собой самые отдаленные друг от друга точки и обеспечивает кратчайший путь между ними. Дороги и тропинки должны не только подчеркивать композицию планировки, но и обеспечивать посетителям и персоналу кратчайшие прямые пути до необходимых зон, зданий и сооружений. Необходимо предусматривать проезды к зданиям для пожарной машины, а также пути эвакуации. Пример схемы транспортно-пешеходные (рис. 9).



Рис. 9. Транспортно-пешеходные связи

Одиннадцатый этап. Завершающим этапом является итоговая схема организации генерального плана, на которой показываются все здания и сооружения, пешеходные и транспортные пути, линии рельефа, границы территории, реки, озера, парковая зона и т. д. (рис. 10.).



Рис. 10. План туристической базы:

Схема организации генерального плана на основе курсового проекта туристической базы «Лотос»: 1. Парковка 2. Администрация 3. СПА комплекс 4. Пруд с лотосами 5. Барбекю 6. Гостевые домики 7. Развлекательный центр 8. Спортивные площадки 9. Авто городок 10. Досуговый общественный центр 11. Причал 12. Спортивно-оздоровительный комплекс 13. Тир 14. Плац 15. Спальные корпуса 16. Пляжный навес 17. Контактный зоопарк 18. Амфитеатр 19. Хозяйственная зона 20. Общежития для персонала 21. Пейнтбол 22. Кафе 23. Столовая 24. Главный въезд 25. Второстепенный въезд.

Заключение. Ландшафтные и ландшафтно-экологические исследования играют ключевую роль в сохранении биоразнообразия и развитии устойчивого природопользования. Понимание особенностей природных и урбанизированных территорий позволяет разрабатывать эффективные стратегии сохранения окружающей среды и создания гармоничного взаимодействия человека с природой. Успешные проекты, такие как спортивно-оздоровительная туристическая база отдыха, демонстрируют, как путем комплексного подхода можно достигнуть баланса между развитием инфраструктуры и охраной природы. Спортивно-оздоровительные туристические базы являются востребованным видом отдыха по всей России, поэтому их проектирование весьма выгодно и прибыльно. При создании проекта базы отдыха важно отразить концепцию и идею, при этом учитывая природные факторы территории.

Библиографические ссылки

1. *Бородина П. В., Гурьева Е. И.* Экореконструкция - дополнительный инструмент реорганизации и экологизации городского пространства города Воронежа // Научная опора Воронежской области : сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий, Воронеж, 03–28 апреля 2023 года. Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2023. С. 309-312.

2. *Дьяконова А. А., Гурьева Е. И.* Пространственная организация туристско-рекреационной инфраструктуры Липецкой области // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития : Материалы международной научно-практической конференции и научно-образовательной студенческой конференции по архитектуре и дизайну. В 2-х томах, Тюмень, 26–27 апреля 2023 года / Отв. редактор М.Ю. Гайдук. Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. Т 1. С. 170-174.

3. *Гурьева Е. И., Романенко Е. В.* Природный каркас агломерации и ландшафтный потенциал развития Советского района Республики Крым г. Кристальные воды // Современная биология и биотехнология: проблемы, тенденции, перспективы : Сборник докладов и тезисов Всероссийской научно-практической конференции, Волгоград, 23–25 ноября 2021 года / Редколлегия: Е.А. Иванцова (председатель) [и др.]. Волгоград: Волгоградский государственный университет, 2022. С. 68-74.

4. *Прокофьева Н. В., Коростелев А. Г., Гурьева Е. И.* Учение о природных ландшафтах // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития : Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Тюмень, 22–23 апреля 2022 года / Отв. редактор А.Б. Храмцов. Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2022. Т 2. С. 200-203.

ПОДБОР КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ГЕОСИСТЕМ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Ю. С. Давидович

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, seg98001@gmail.com

В работе рассматриваются методические вопросы выделения ключевых (тестовых) участков, предназначенных для оценки текущего состояния и динамики развития различных геосистем (типов земель) физико-географического региона Белорусское Полесье. Выделенные ключевые участки предназначены не только для наземных наблюдений, но также и для визуального и автоматизированного дешифрирования почвенно-растительного покрова физико-географического региона.

Ключевые слова: ключевой участок; геосистема; Белорусское Полесье.

Введение. Существование в природе взаимосвязей между определенными компонентами ландшафта (рельеф, почва, растительность и др.) дает основание полагать, что каждый отдельный участок, отражающий ту или иную особенность данного ландшафта, представляет в то же время собственное сочетание отдельных элементов, которые почти без изменения могут повторяться в пределах однородного ландшафта, отражающего основное разнообразие и закономерности формирования почвенно-растительного покрова определенного ландшафта или почвенного района. Для повышения эффективности работ по составлению тематических карт с применением аэрокосмических снимков используется метод ключевых участков и маршрутных исследований [7]. Под ключевым участком следует понимать ограниченный по размерам участок территории, отражающий основное разнообразие и закономерности формирования почвенно-растительного покрова в пределах определенного ландшафта или района исследования [6].

Материалы и методы исследований. Исходными данными для выделения ключевых участков на территорию Белорусского Полесья для инвентаризационных и оценочных работ геосистемного анализа являются материалы локальных земельно-информационных систем, в частности тематические слои о почвенном покрове, а также разномасштабные планово-картографические сведения о физико-географических условиях региона [2, 4].

В числе прочих в структуре базы данных в программной среде ГИС с использованием специализированного программного обеспечения

(ArcGIS 10.8, ENVI 5.6, SNAP) для типологии геосистем учитывались следующие данные [1, 5]:

- информация почвенных карт (1:50 000 и 1:10 000) районов и сельскохозяйственных организаций;
- материалы схем землеустройства районов, схем внутрихозяйственного и межхозяйственного землеустройства сельскохозяйственных организаций (1:50 000; 1:10 000);
- материалы кадастровой оценки земель сельскохозяйственных организаций;
- данные дистанционного зондирования Земли оптического, теплового и радиолокационного диапазона длин волн различного пространственного разрешения.

Результаты и их обсуждение. Для формирования мозаики индексных мультиспектральных изображений на территорию Белорусского Полесья был сформирован предварительный набор данных снимков с космических летательных аппаратов Landsat 8/9 OLI TIRS и Sentinel 2A/2B на территорию тестовых полигонов в соответствии с оптимальными сроками аэрокосмических съемок растительного и почвенного покрова.

Для формирования индексных изображений мозаики использовались данные коллекции Landsat 8/9 2 уровня обработки, которая включает в себя как спутники Landsat 8, так и новейшие спутники Landsat 9, оснащенные оперативным датчиком изображения территории (OLI) и инфракрасным тепловым датчиком (TIRS). Тепловой инфракрасный канал регистрируется с разрешением 100 метров, но в данном исследовании передискретизируется до 30 метров, что удовлетворяет пространственной точности инвентаризации геосистем.

Также в формировании индексных изображений мозаики использовались данные спутниковой системы Sentinel-2A/2B с 11 спектральными каналами. Пространственное разрешение 4 основных каналов (Blue, Green, Red, NIR) составляет 10 м, тепловых каналов, ближнего инфракрасного и «красного края» – 20 м. Для полученных мультиспектральных снимков были выполнены процедуры радиометрической и атмосферной коррекции. Временное разрешение спутников Sentinel 2 составляет 5 дней. Это достигается за счет двух спутников, работающих вместе, при этом временное разрешение одного спутника Sentinel 2 составляет 10 дней.

Ниже описаны два ключевых участка Белорусского Полесья, существенно различающиеся по рельефу, составу и неоднородности почвенно-растительного покрова (пойменный и глубокой заторфованной депрессии типы почв) [3].

Один из них – участок «Мелиорация» – был заложен в Брагинском районе Гомельской области и имеет площадь 32 120 га. Для его исследования использовались мультиспектральный космический снимки системы Sentinel-2A/2B, почвенная карта масштаба 1:50 000 и космоэталоны почвенных комбинаций.

Территория этого ключевого участка простирается в направлении с юго-востока на северо-запад, как показано на рис. 1. Его центральную часть занимает глубокое долинообразное понижение, которое с севера граничит с землями водораздела, покрытыми сосновым лесом, а с юга – с неглубоким долинообразным понижением с лиственной растительностью, преимущественно состоящей из ольхи черной и в меньшей степени из осины и кустарника ивы.

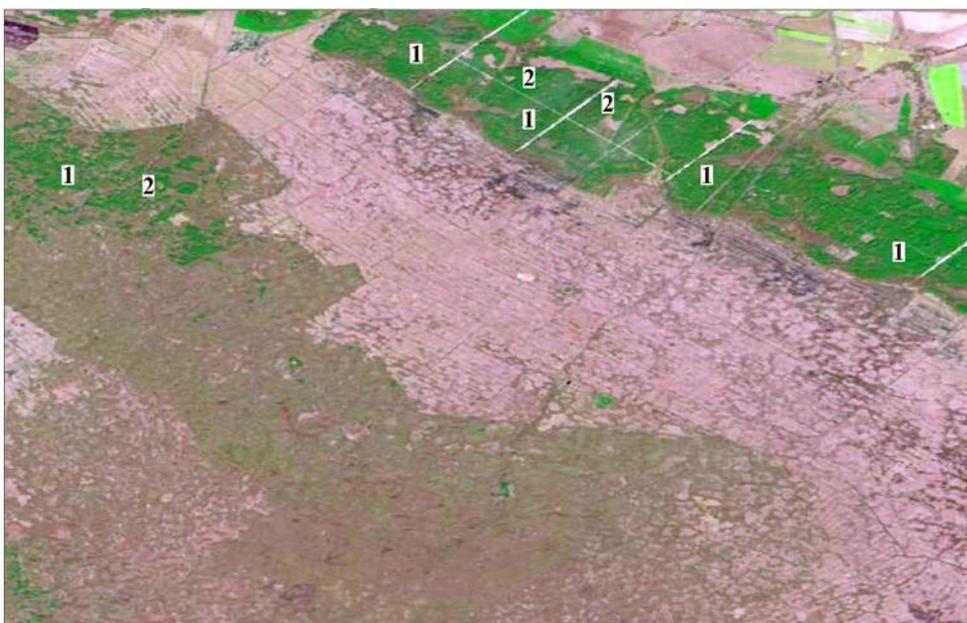


Рис. 1. Мультиспектральный снимок ключевого участка «Мелиорация»: 1 – сосняки мшистые, произрастающие на дерново-подзолистых песчаных оглеенных внизу почвах; 2 – сосняки-черничники, произрастающие на дерново-подзолисто-глееватых почвах

На мультиспектральном космическом снимке долинообразное понижение контрастно выделяется среди окружающей территории по пятнистому рисунку изображения. Он достаточно распространен среди мелиорированных неглубоких и глубоких озеровидных и долинообразных депрессий Белорусского Полесья

Проведенная на данных территориях в 1950-х гг. широкомасштабная мелиорация и их последующее интенсивное сельскохозяйственное использование привело к изменению почвообразовательного процесса и

уменьшению запасов органического вещества. В результате на месте торфяно-болотных почв сформировались торфяно-минеральные, минеральные остаточно-торфяные и минеральные постторфяные, которые в сочетании с дерново-глееватыми, реже с дерново-подзолисто временно-избыточно увлажненными и оглееными внизу почвами изображаются на снимках в виде островов, формируя пятнистый рисунок изображения. Анализ динамики показал существенные изменения в неоднородности почвенного покрова в связи с увеличением контуров деградированных почв, что значительно затрудняет их картографирование без использования материалов дистанционных съемок.

Еще один ключевой участок – «Припятский» – был заложен в среднем течении р. Припять на территории Петриковского и Мозырского районов Гомельской области и занимает площадь 40 129 га (рис. 2).



Рис. 2. Мультиспектральный снимок ключевого участка «Припятский»

Типы пойм выделены по характеру преобладающих форм рельефа, особенностям почвенно-растительного покрова, а также по рисунку изображения на аэрокосмических снимках. Подтипы пойменных земель – высокий, средний, низкий – определяются по распространению фоновых почвенных разновидностей, характеризующихся определенной степенью увлажнения. Для высокого уровня характерно преобладание пойменных оглеенных внизу и временно избыточно увлажненных почв, среднего – пойменных дерново-глееватых и глеевых почв, низкого – пойменных дерново-перегнойно-иловато глеевых и торфяно-болотных почв. Почвенный покров данного ключевого участка представлен преимущественно песчаными почвообразующими породами и покрыт пойменной луговой растительностью.

Заключение. При выборе ключевых участков с использованием материалов дистанционных съемок необходимо учитывать не только погодные условия, масштаб составляемой карты, пространственное разрешение, но и физическое состояние изучаемого природного объекта.

Библиографические ссылки

1. *Давидович Ю. С., Червань А. Н.* Типология и идентификация геосистем Белорусского Полесья с использованием данных дистанционных съемок // Природнае асяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання: зборнік навуковых прац XI Міжнароднай навуковай канферэнцыі (11 – 13 верасня 2024, г. Брэст, Рэспубліка Беларусь) / Нацыянальная акадэмія навук Беларусі; Палескі аграрна-экалагічны інстытут; рэдкал.: М.В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. Брэст : Альтэрнатыва, 2024. С. 17–19.
2. Нацыянальны атлас Беларусі / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. Мінск : Белкартаграфія, 2002. 292 с.
3. Особенности дешифрирования почвенно-растительного покрова типов земель Белорусского Полесья по материалам радиолокационной съемки / Ф. Е. Шалькевич [и др.] // Земля Беларуси. 2023. № 4. С. 47–57.
4. *Счастливая И. И., Воробьев Д. С.* Структура природных ландшафтов и ее роль в создании схемы ландшафтного районирования Беларуси // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2022. № 1. С. 28–41.
5. *Червань А. Н., Давидович Ю. С.* Методика и принципы типологии геосистем Белорусского Полесья // Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. [Электронный ресурс]. В 7 ч. Ч. 4. Почвенные и геохимические исследования. Геоинформационные технологии / Белорус. гос. ун-т; редкол.: Е.Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2024. С. 265–270.
6. *Шалькевич Ф. Е., Жмойдяк Р. А., Топаз А. А.* Составление тематических карт на основе дешифрирования аэрокосмических снимков. Минск : БГУ, 2000. 41 с.
7. *Шалькевич Ф. Е., Курьянович М. Ф.* Тематическое дешифрирование: пособие. Минск : БГУ, 2022. 131 с.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

П. В. Жумарь¹⁾, А. В. Третьяк²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск; pawloszhoomar@gmail.com

²⁾ РДАУП «БелПСХАГИ», а/г. Прилуки Минского района Минской области,
tosha.tretyak@mail.ru

Рассмотрены наиболее часто используемые вегетационные индексы, основанные на спектральной отражательной способности природных объектов и проанализирована их эффективность для картографирования лесной растительности по данным дистанционного зондирования Земли. Раскрыты преимущества и недостатки каждого из данных индексов.

Ключевые слова: спектральная отражательная способность; вегетационный индекс; лесная растительность; почва; спектральный диапазон.

Введение. Значение спектральной отражательной способности для изучения природных объектов, в том числе и растительного покрова, давно известно. Опираясь на нее, мы можем выполнять диагностику структуры и состояния растительности по аэрокосмическим снимкам, используя различия в степени отражения тканями растений электромагнитных волн разной длины. Отраженное излучение на снимке формирует пиксели различной яркости, причем как интегральной, так и спектральной. На основании коэффициентов спектральной яркости рассчитываются вегетационные индексы (ВИ).

Материалы и методы исследования. Под ВИ понимается показатель, характеризующий состояние растительного покрова по спектральным параметрам в единичном пикселе снимка. Для большинства ВИ используются две области спектра зеленой растительности: видимая красная и ближняя инфракрасная. В красной области спектра находится максимум поглощения солнечного излучения хлорофиллом растений, а в ближнем ИК диапазоне – область максимального отражения клеточных структур листа. Таким образом, здоровая, фотосинтезирующая растительность характеризуется меньшим отражением в видимой красной зоне и большим в ближней ИК. На сегодняшний день количество ВИ превышает 500 [1]. Мы проанализировали наиболее используемые на примере земель Негорельского лесхоза Минской области.

Исходными материалами послужили снимки мультиспектральной камеры Geoscan Pollux и АФА RM1 и RM2, установленных на борту БЛА фюзеляжного типа Geoscan 201. Эти данные содержали необходимую информацию о местности в красной и ближней инфракрасной зонах спектра. Это позволило нам рассчитать нижеприведенные индексы по стандартным алгоритмам, а также получить их индексные и цветокодированные изображения. Для их создания, а также для выполнения расчетов использовались программы Metashape и ArcMap.

Результаты и их обсуждение. Наиболее простой вегетационный индекс – *разностный вегетационный индекс (DVI)*. Позволяет идентифицировать растительность среди иных классов поверхности Земли. Точность значений индекса невелика из-за значительного влияния на его значения условий освещенности местности, наличия теней, облачности, вследствие чего в индивидуальном спектральном канале идентичные растительные сообщества по всему изображению могут иметь различные значения яркости.

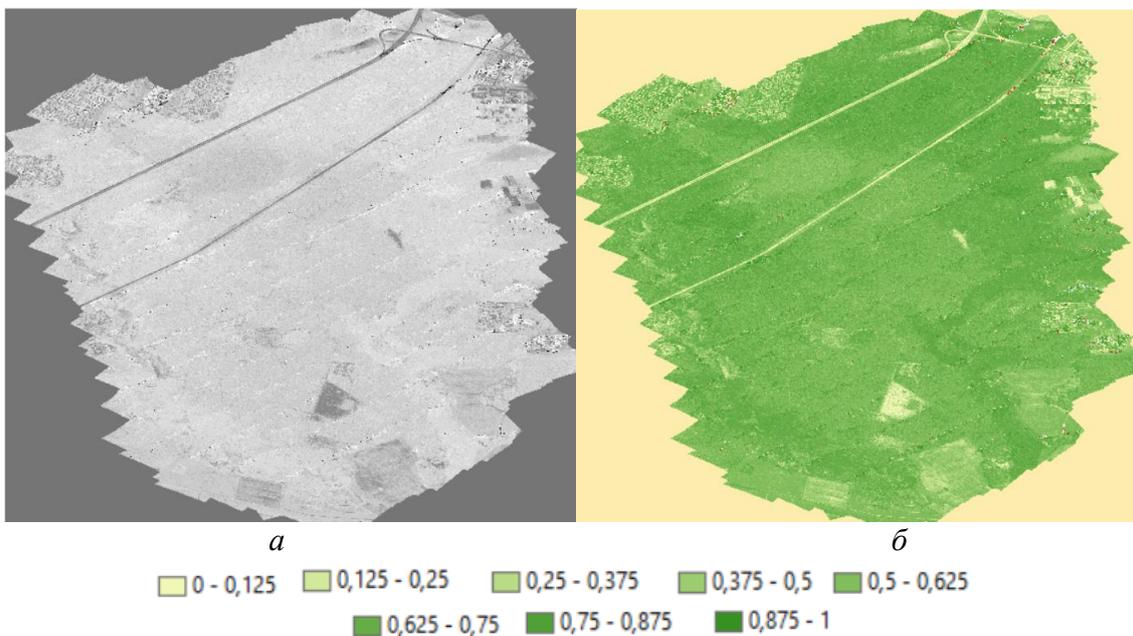
Влияние указанных факторов практически исключается при использовании отношения значений яркости пикселей в спектральных каналах, поскольку в каждом пикселе изображения относительный вклад освещения, атмосферы и затенения приблизительно постоянны для всех спектральных каналов. По этому принципу рассчитывается *относительный вегетационный индекс*. Он может иметь значения от 0 до бесконечности. Чаще всего принимает значения в диапазоне от 0 до 30. Низкие значения (0 – 1) соответствуют водным объектам и обнаженным почвам. Значения индекса от 1 до 2 идентифицируют растительность в состоянии стресса, а также разряженный растительный покров. Высокие значения (2 – 8) соответствуют зеленой растительности в здоровом состоянии.

Из недостатков следует отметить усиление шума сенсора. Сам индекс не подчиняется нормальному закону распределения, следовательно, это вызывает сложности в интерпретации и визуализации результатов.

Преобразованный относительный вегетационный индекс (TSR) базируется на предыдущем индексе и сглаживает его недостатки. Интерпретируемость индекса возрастает за счет исключения отрицательных значений. Диапазон возможных значений от 0 до бесконечности, но чаще всего максимальные значения не превышают 6. Лесная растительность хорошо разделяется на хвойную и лиственную, но достоверность интерпретации пород невысока. Особенно эффективно с его помощью идентифицируется растительность в состоянии стресса.

Самым распространенным ВИ является *нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI)*. Использование нормализованной разности увеличивает точность значений, еще больше уменьшая влияние освещенности, теней, атмосферы, шума сенсора.

Благодаря особенности отражения в красной и ближней ИК-областях спектра, классы поверхности Земли, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение индекса, что позволяет использовать этот индекс для их идентификации. Диапазон значений NDVI меняется от -1 до +1. Обнаженная почва в красной и ближней ИК-областях спектра имеет значение этого ВИ около 0 – 0,1. Для зеленой растительности его значение находится в диапазоне от 0,2 до 0,6. Максимальные значения NDVI принимает для вегетирующей растительности и промежуточные для разных состояний растительного покрова. Так его значения возрастают с развитием зеленой биомассы и уменьшаются с ее усыханием, как показано на рисунке.



Пример вычисленного индекса NDVI:
a – индексное изображение; *b* – цветокодированное изображение

По индексному изображению NDVI возможно различение видов растительности. Лесная растительности на снимке соответствует значениям в диапазоне от 0,3 до 0,7. Сосновые леса имеют значения NDVI в диапазоне от 0,4 до 0,5, березовые – от 0,5 до 0,6, черноольховые – от 0,6 до 0,7.

На полученном цветокодированном изображении хвойный лес отображается светло-зеленым оттенком, чуть темнее – березовые леса, самые

темные – черноольховые. Самые низкие значения ВИ имеет водная поверхность и непродуктивные земли, в свою очередь, растительность имеет наибольшие значения.

Главным преимуществом NDVI является легкость вычисления. ВИ может быть рассчитан на основе любых снимков, имеющих спектральные каналы в видимом красном и ближнем ИК диапазонах. Алгоритм расчета NDVI встроен практически во все распространенные программные пакеты по обработке данных ДЗЗ.

Инфракрасный вегетационный индекс (IPVI) является модификацией NDVI. Этот ВИ предложен для упрощения вычисления индекса NDVI. Индекс принимает значения от 0 до 1. Одним из его преимуществ над NDVI считается отсутствие отрицательных значений оставаясь при этом ему идентичным.

Несмотря на большое разнообразие ВИ в случае со скудной растительностью они работают хуже. Спектр снимков территорий с разреженным растительным покровом сильно зависит от почвы. Поэтому, рекомендуется производить расчет ВИ, если растительный покров занимает на снимке не менее 30 % площади.

В настоящее время разработан ряд индексов, которые стремятся уменьшить почвенный шум. Их использование возможно при покрытии снимка растительностью от 15 %. Это достигается за счет использования в расчетах индексов параметров так называемой почвенной линии. Она представляет собой гипотетическую прямую в спектральном пространстве, которая имеет один наклон в пространстве RED-NIR, и соответствует яркости открытых почв. Подраумевается, что почвенная линия означает отсутствие растительности [2, 3]. Использование почвенной линии оправдано при разреженной растительности. Рассмотрим подобные индексы далее.

Наиболее простой индекс сглаживающий почвенные шумы – перпендикулярный вегетационный индекс (PVI). Данный индекс является вариацией DVI, учитывающей наклон почвенной линии. Стоит учитывать довольно сильное влияние на результирующее изображение атмосферных эффектов. В связи с этим, рекомендуется сделать атмосферную коррекцию несколько раз для его правильной интерпретации. Диапазон возможных значений от -1 до +1.

Математически более простым вариантом PVI является *взвешенный разностный вегетационный индекс (WDVI)*. Этот ВИ, равно как и PVI, очень чувствителен к влиянию атмосферы. Он может принимать любые числовые значения, что можно является его недостатком.

Библиографические ссылки

1. Index DataBase [Электронный ресурс]. URL: <https://www.indexdatabase.de/db/i.php> (дата обращения: 23.02.2024).

2. Украинский П. А., Землякова А. В. Определение параметров почвенной линии для автоматизированного распознавания открытой поверхности почвы на космических снимках // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-1. С. 140-144.

3. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / пер. с англ. Москва : Техносфера, 2010. 560 с.

РЕДКИЕ И ТИПИЧНЫЕ ПОЧВЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»

А. А. Карпиченко¹⁾, Е. А. Кухлевский¹⁾, Я. О. Лебедев²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
karpi@bsu.by, kuhlevskiegor@gmail.com

²⁾ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы»,
г. Москва, Россия

Приводится краткая характеристика редких и типичных почв национального парка «Нарочанский». Установлено местоположение достаточно редких для Беларуси дерново-карбонатных почв, рассмотрены морфологическое строение почвенного профиля для каждого разреза, определена кислотность для каждого горизонта. Были выявлены признаки антропогенной преобразованности некоторых почв.

Ключевые слова: дерново-карбонатные почвы; нарушенные почвы; постагрогенные почвы; верховые торфяно-болотные почвы.

Введение. С 16 по 23 июля 2024 г. в Государственном природоохранном учреждении «Национальный парк «Нарочанский» прошел Слет юных экологов Беларуси и России «Экология без границ», в ходе которого была организована работа полевой лаборатории по почвоведению. В ходе работы лаборатории было проведено знакомство участников слета с редкими и типичными почвами национального парка путем выборочного обследования почвенного покрова, отличающегося достаточной пестротой и заметной антропогенной трансформацией на ряде участков. Особый интерес представляли морфологические изменения в верхних, ранее распахиваемых горизонтах почв на территории лесопосадок, которые произошли за последние 30–40 лет.

Материалы и методы исследования. Полевое обследование на территории национального парка проводилось по методическим указаниям [1], всего было заложено 6 разрезов, наиболее характерные рассматриваются в статье. Для данных разрезов было произведено изучение морфологического строения по [2], после которого был произведен отбор проб для дальнейшего изучения гранулометрического состава с помощью типового набора сит и определения обменной кислотности (рН в KCl). Лабораторный анализы проводились на кафедре почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики БГУ на рН-метре рН-150М по стандартной методике [3].

Результаты и их обсуждение. Первый разрез был заложен к северу от оз. Нарочь между д. Черевки и Нарочь в мертвопокровном смешанном лесу (лесопосадка возрастом около 35 лет) на вершине гривистого повышения, координаты: 54°53'06" с. ш., 26°47'40" в. д. Верхний ярус: береза повислая

(*Betula pendula*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), ель европейская (*Picea abies*). Подлесок относительно разрежен представлен теми же видами с примесью рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) и дуба черешчатого (*Quercus robur*). Напочвенный покров практически отсутствует, с небольшими участками зеленых мхов и лесного разнотравья.

Описание разреза 1 (рис. 1).

A_0 0–3 см – лесная подстилка, буровато-темно-серая с белесой присыпкой аморфного кремнезема, влажная, состоит из слаборазложившейся листвы с хвоей.

$A_{1к}$ 3–26 см – гумусовый карбонатный, буровато-серый, свежий, сложение рыхлое, структура мелкоореховато-крупнозернистая, непрочная, частые включения гравия, щебня, мелких валунчиков, ходы землероев, много корней, рыхлая супесь, переход ясный, граница слабоволнистая, рН = 8,12.

B_k – 26–40 см – иллювиальный карбонатный, светло-желтый с белесоватыми и буроватыми пятнами, свежий, рыхлый, бесструктурный, частые включения гравия, щебня, валунчиков диаметром до 15 см, редкие корни, рыхлый песок, переход заметный, граница волнистая, рН = 8,65.

C_k – 40–80 см – карбонатная материнская порода, белесый, свежий, рассыпчатый, бесструктурный, нет корней, частые включения гравия, щебня, валунчиков диаметром до 15 см, часто покрытых пленками карбонатов, рыхлый песок, рН = 9,15.

Название почвенной разновидности: дерново-карбонатная типичная, развивающаяся на рыхлой супеси, подстилаемая с 26 см гравийно-хрящеватым рыхлым песком.



a

б

Рис 1. Почвенные разрезы:
a – разрез 1; *б* – разрез 2

Второй разрез был заложен в 15 метрах от первого с целью проверить микропестроту почвенного покрова, порой характерную для ландшафтов с пересеченным рельефом и признаками антропогенного нарушения почв, растительный покров аналогичен первому, разрез заложен между хорошо выраженных борозд, оставшихся от посадки леса, координаты: 54°53'06,45" с. ш., 26°47'40,76" в. д.

Описание разреза 2 (рис. 1).

A₀ 0–2 см – лесная подстилка, буровато-темно-серая с белесой присыпкой аморфного кремнезема, влажная, состоит из слаборазложившейся листвы с хвоей.

A_{1к} 3–36 см – гумусовый карбонатный, буровато-темно-серый, свежий, сложение рыхлое, структура мелкоореховато-крупнозернистая, непрочная, частые включения гравия, щебня, мелких валунчиков, ходы землероев, много корней, рыхлая супесь, переход ясный, граница карманная, рН = 7,2.

B_к – 36–49 см – иллювиальный карбонатный, светло-желтый с белесоватыми и буроватыми пятнами, свежий, рыхлый, бесструктурный, частые включения гравия, щебня, валунчиков диаметром до 15 см, редкие корни, рыхлый песок, переход заметный, граница волнистая, рН = 9,17.

C_к – 49–87 см – карбонатная материнская порода, белесый, свежий, рассыпчатый, бесструктурный, нет корней, частые включения гравия, щебня, валунчиков диаметром до 15 см, часто покрытых пленками карбонатов, рыхлый песок, рН = 9,24.

Название почвенной разновидности: Дерново-карбонатная типичная нарушенная, развивающаяся на рыхлой супеси, подстилаемая с 36 см гравийно-хрящеватым рыхлым песком.

Дерново-карбонатные почвы являются достаточно редкими для Беларуси, однако их проявления отмечены в различных местах национального парка «Нарочанский», обычно отличаются мелкоконтурностью. В целом почвы разрезов 1 и 2 аналогичны, но имеются и отличия, связанные с неоднородностью почвообразующей породы, так, в первом разрезе нижние горизонты более насыщены обломочным материалом и более рыхлые, из-за чего стенка разреза внизу осыпается. На фото разреза 2 заметно нарушение гумусового горизонта при посадке леса, причем за более чем 30 лет граница с нижележащим горизонтом не размывалась, а сохраняет резкие очертания. Наблюдается некоторое подкисление верхнего горизонта за счет разложения хвои и выщелачивания карбонатов уже заметно, особенно для разреза 2. Почвообразующие породы отличаются высоким накоплением карбонатов, несортированностью материала, окатанностью валунчиков, наибольшая доля приходится на крупный песок (0,5–1 мм) – 38,5 %. Почвы являются щелочными, значение рН варьируется от 7,2 до 9,2.

Третий разрез заложен на северной периферии верхового болота, окружающего оз. Кратер (между оз. Нарочь и оз. Белое), координаты:

54°50'38" с. ш., 26°51'16" в. д. Растительность представлена в основном сосной обыкновенной (*P. sylvestris*), сфагновыми мхами (*Sphagnum*), черникой обыкновенной (*Vaccinium myrtillus*), голубикой обыкновенной (*Vaccinium uliginosum*) и багульником болотным (*Rhododendron tomentosum*).

Описание разреза 3 (рис. 2).

A_{от} 0–7 – оторфованный моховый очес, светло-бурый, мокрая, состоит из живого и отофованного мха и корней, рН = 2,72.

T 7–25 см – торфяной, коричневато-темно-серый, мокрый, слабо уплотненный, густые корни, средняя степень разложения, торф в основном сфагновый, переход постепенный, граница слабоволнистая, рН = 3,29.

G_{hf} 25–65 см – глеевый гумусированно-ожелезненный, темно-коричневый, мокрый, слабо уплотненный, новообразования железа, связный песок, рН = 3,65.

Уровень грунтовых вод: 49 см.

Название почвенной разновидности: верховая торфянисто-глеевая, развивающейся на сфагновом мхе, подстилаемая с 55 см железистым песком.

Торфяно-болотные почвы развивающейся на сфагновом мхе имеют сильнокислую реакцию среды, что является следствием почвообразовательных процессов под влиянием сфагновых мхов, это отличает данный тип почв от остальных в национальном парке.



Рис 2. Почвенные разрезы:
а – разрез 3; б – разрез 4

Четвертый разрез заложен в 30 метрах севернее от третьего в мшистом сосновом лесу (лесопосадка возрастом около 35 лет) на периферии плоской водно-ледниковой равнины. Верхний ярус: сосна обыкновенная (*P. sylvestris*). Подлесок сильно разреженный из сосны обыкновенной (*P. sylvestris*) и рябины обыкновенной (*S. aucuparia*). Напочвенный покров сплошной с преобладанием плевроциума Шребера (*Pleurozium schreberi*) с редкой примесью вереска обыкновенного (*Calluna vulgaris*), земляники лесной (*Fragaria vesca*) и других лесных видов.

Описание разреза 4 (рис. 2).

A_{0T} 0–3 см – слабооторфованный моховый очес, коричневый с серым, свежий, состоит из живого и оторфованного мха, слаборазложившейся иглицы и опавших листьев, переход ясный, граница волнистая, рН = 3,62.

A_1 3–21 см – гумусовый, неоднородной окраски, от светло-серой до темно-серой в верхней части горизонта, свежий, рыхлый, непрочная мелкоореховато-зернистая структура, много корней, темно-серые новообразования гумуса, белая присыпка новообразований кремнезема, ходы землероев, рыхлая супесь, ясный переход, слабоволнистая чуть изъеденная граница, рН = 4,28.

A_2B_1 – 21–42 см – подзолисто-иллювиальный, темно-желтый с буроватыми и темно-серыми пятнами, свежий, рыхлый, бесструктурный, редкие корни, ходы землероев, темно-серые новообразования гумуса, буроватые пятна новообразований железа, рыхлая супесь, переход постепенный, рН = 4,59.

B_2 – 42–65 см – иллювиальный горизонт, желтый с небольшой рыжеватостью, свежий, бесструктурный, рыхлый, рыхлая супесь, единичные корни, редкие новообразования железа и гумуса, переход заметный, граница волнистая, рН = 4,91.

$C_{(g)}$ – 65–106 см – материнская порода оглеенная внизу, белесовато-желтая с сизоватым оттенком и отдельными осветленными пятнами, влажная, рыхлая с некоторым уплотнением в нижней части, бесструктурная, редкие новообразования железа и гумуса единичные корни, рыхлая супесь, рН = 5,06.

Название почвенной разновидности: дерново-подзолистая слабоглееватая, развивающаяся на водно-ледниковой рыхлой супеси.

Данная почва является достаточно типичной для территории Беларуси, представляет особый интерес тем, что находится в процессе трансформации под влиянием лесопосадки. Это проявляется в дифференциации гумусового горизонта (ранее – пахотного) по цвету под влиянием процессов почвообразования, в частности, идет интенсивное оподзоливание данного горизонта, проявляющееся в осветлении средней части, появлении

белесой присыпки кремнезема в подстилочной части, а также его заметном подкислении. Граница между гумусовым и нижележащим горизонтом становится менее выраженной.

Выводы. Почвенный покров территории национального парка «Нарочанский» продолжает трансформироваться под влиянием ряда факторов, например, из-за лесопосадок и изменения уровня грунтовых вод. На бывших пахотных почвах под влиянием лесной растительности идет трансформация верхних горизонтов, наблюдается существенное подкисление (особенно выраженное на бескарбонатных почвообразующих породах). Представляют интерес для наблюдения трансформация дерново-карбонатных под лесопосадкой. Эволюция торфяно-болотных верховых почв будет зависеть от изменения условий увлажнения и климатических изменений.

Библиографические ссылки

1. Полевое исследование и картографирование почв БССР (Методические указания) / Под. ред. Н. И. Смеяна [и др.]. Минск : Ураджай, 1990. 221 с.
2. Морфология почв. Практикум / Н. В. Клебанович [и др.]. Минск : БГУ, 2023. 32 с.
3. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. М. : Издательство стандартов, 1986. С. 6.

РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ РОДА *RODGERSIA* A.GREY В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

В. Н. Карпова, Н. А. Лыкова

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
им. С. М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия, batygin@mail.ru*

Ландшафтно-экологический подход к проблемам развития и функционального зонирования городских парков применен в исследовании проблемы улучшения городского ландшафта мегаполиса и апробирован на территории Ботанического сада СПб ГЛТУ им. С.М. Кирова. Исследованы эколого-географические и биолого-морфологические характеристики различных культиваров из коллекции Ботанического сада СПб ГЛТУ им. С.М. Кирова. Разработаны рекомендации по использованию растений рода *Rodgersia A. Grey* в целях улучшения культурного ландшафта.

Ключевые слова: ландшафтное разнообразие; культурный ландшафт; *Rodgersia*.

Введение. Появление новой эстетики восприятия живой природы, изменение отношения к растениям, учет особенностей зеленых насаждений в садах и парках, рациональное использование водных и энергоресурсов в процессе ухода побуждает ландшафтных архитекторов к применению новых подходов в озеленении населенных мест и введению наиболее подходящих видов растений, с учетом специфики городских условий и требований. Таким современным способом решения проблем озеленения городских территорий является ландшафтно-экологический подход. При озеленении городских территорий встречаются затененные участки, малопригодные для произрастания декоративных видов растений. Здесь бывает сложно создать эффектную композицию из декоративных растений [1]. Однако существует немало видов многолетних растений, пригодных для выращивания в тени. Актуальны исследования по привлечению видового и сортового состава растений, пригодных для произрастания в тени, изучению их биологического разнообразия, декоративных качеств и постепенному продвижению таких растений в культуру озеленения городских территорий.

Материалы и методы исследований. Исследовали коллекцию растений рода *Rodgersia A. Grey* (сем. Saxifragaceae Juss.) в Ботаническом саду СПб ГЛТУ им. С.М. Кирова. Изучали особенности природно-климатических условий урбанизированных территорий г. Санкт-Петербурга, в частности, Ботанического сада СПб ГЛТУ им. С.М. Кирова. Исследовали,

историю культуры рода *Rodgersia A. Grey*, эколого-географические и биолого-морфологические особенности видов данного рода. Проводили систематический, биолого-морфологический, эколого-географический и исторический анализ коллекции, выращиваемой в Ботаническом саду СПб ГЛТУ им. С.М. Кирова. Анализировали перспективы и целесообразность применения культуры растений рода Роджерсия применительно к ландшафтному строительству.

Результаты и их обсуждение. Санкт-Петербург расположен на северо-западе Европейской части России, на побережье Финского залива Балтийского моря в устье реки Невы и на островах ее дельты. По своим природным особенностям территория не обладает единством, рельеф города имеет холмы и понижения. Исторический центр города с наиболее плотной застройкой лежит на обширном расширении Литориновой террасы [8]. Литориновая терраса – наиболее низкая часть ландшафтного района Приневской низины, протянувшаяся между Финским заливом и Ладожским озером. Климат в Петербурге умеренный и влажный, переходный от морского к континентальному. Почвы Санкт-Петербурга представляют собой в большинстве искусственные образования, которые созданы путем постоянной подсыпки смесью естественного природного материала (глина, песок, торф) и антропогенных веществ (переработанные строительные, бытовые, промышленные отходы). Естественные ненарушенные вертикальные разрезы почв (дерново-подзолистые, болотные, аллювиальные) сохранились преимущественно на окраинах города и среди жилых массивов – в пределах старых лесопарковых зон. Известен высокий уровень загрязненности почв урбанизированных территорий. Растения могут быть угнетены, их жизнедеятельность нарушена в результате экологического воздействия агрессивной среды и такие эффекты могут вызывать нежелательные экологические последствия и последствия [10]. Климатические изменения также вызывают нарушения экологического равновесия и водного баланса территорий, изменяют видовой состав флоры. Появляются адвентивные и инвазивные виды, угрожающие биологическому разнообразию, новые вредители и болезни. В связи с этим все более важной становится разработка мер борьбы, профилактики и предотвращения распространения возможных источников инфекций, в том числе используя приемы поддержания биоразнообразия внутри городского ландшафта [7].

Ботанические сады составляют основу системы сохранения генофонда растений. Декоративные растения, улучшая санитарно-гигиенические и эстетические условия, способствуют оптимизации окружающей среды, создавая благоприятный режим для жизни человека. Основной задачей ботанических садов России на ближайшие годы остается сохранение коллекционных фондов [5]. Большой интерес представляют растения

из естественных мест обитания. На территории Ботанического сада СПб ГЛТУ формируются экспозиции по эколого-географическому принципу: растения Восточно-Азиатской флоры представлены участком Японии и Китая (более 50 таксонов) и участком растений Российского Дальнего Востока (более 150 таксонов) [2,3]. В настоящее время коллекция декоративных травянистых растений Ботанического сада СПб ГЛТУ содержит более 3800 таксонов, относящихся к 460 родам и 106 семействам, и является одной из крупнейших в стране. Растения выращиваются на коллекционных участках на территории парка и дендросадов. Представители рода *Rodgersia* A. Gray растут в Ботаническом саду СПб ГЛТУ более 30 лет, коллекция насчитывает 4 вида и 7 культиваров. За это время накоплен большой опыт по выращиванию и размножению этой культуры. Эти мощные, высокорослые многолетние травы зарекомендовали себя как устойчивые, высоко-декоративные растения, перспективные для использования в озеленении.

Вид *Rodgersia podophylla* A. Gray – в природе растет на севере Кореи, в Японии и Китае, на затененных, влажных горных склонах, травянистый многолетник, высотой от 100 до 150 см в цветении. Корневища толстые. Лист пальчато-сложный крупный до 50 см в диаметре, состоит из 5-7 широких листочков, каждый из которых с 3-5 заостренными на вершине лопастями. Листья бронзово-зеленые весной, зеленые летом и бронзово-красные осенью. Цветки мелкие кремово-белые. Отличаются длинными заостренными чашелистиками, значительно превосходящими по длине тычинки, цветки кремово-белые, в плотных крупных соцветиях, многоцветковых метелках, длиной до 30 см. Зацветает в середине июня. Цветет 25-30 дней.

Роджерсия cv. «Rotlaub» имеет окраску листьев в начале сезона бронзовую, затем бронзово-пурпурную до осени, но такая окраска проявляется только в солнечных местах, на некислых почвах. При посадке в тени лист имеет зеленый цвет. Листья крупные, зубчатые, плотные, глянцевые, пальчато-рассеченные. Цветение с июля обильное и длительное, красивыми плотными метелками, кремово-розового окраса, с приятным ароматом. Корневище ветвящееся, плотное. Образует плотную, густую куртину, высотой 40-60 см. Растение первые несколько лет очень медленно нарастает. Весной просыпается поздно.

Rodgersia aesculifolia Batal. в природе встречается в лесных горных районах Китая, на высоте от 1100 до 3800 м, высотой от 80 до 120 см в цветении, в очертании округлые, симметрично пальчато-раздельные, листочки в числе чаще, 6-7 штук веером расходятся от центральной точки 10-25 см длины, обратнойцевидные, с клиновидным основанием, заостренные, с очень коротким остроконечием, по краю неравномерно и крупно

зубчатые, жесткие, плотные, зеленые с бронзовым оттенком, при распускании розовато-пурпурные, снизу по жилкам войлочно-опушенные буроватыми волосками. Черешки до 50-80см длины, плотные, при распускании густо опушенные ржаво-бурыми длинными волосками. Цветки мелкие, белые, с округлыми чашелистиками, собранные в большом количестве в плотные сжатые метелки 30-75см длины. Цветет в июле. Морозостоек до минус 29°C. Корневища толстые, до 3-4 см в диаметре, внутри бледно-фиолетового цвета. Цветет с середины июня до конца июля [6].

Rodgersia pinnata Franch. в природе произрастает в лесах, на затененных травянистых склонах, в скальных расщелинах на высоте 2000-3800 м над уровнем моря. Травянистый многолетник высотой от 30 до 120 см, диаметром куртины до 75см, со сложными пальчато-перистыми листьями на пурпурных черешках, длиной 30-50 см, с 5-9 листочками. Имеет большое разнообразие по строению листьев. Соцветие - сложная метелка длиной 25-30см с мелкими белыми или розовыми ароматными цветками [9]. Цветет в конце июня, июле.

Rodgersia pinnata Franch. cv. «Chocolate Wings» - декоративно-лиственный многолетник. Молодые листья цвета шоколада, при отрастании приобретают бронзовый оттенок и зеленеют только перед цветением. Цветки розово-красные. Растение высотой до 120см. Ширина куста: до 1м. Цветки мелкие с приятным ароматом, высота цветоноса 80-100см. Цветет в июле.

Rodgersia pinnata Franch. cv. «Hercules» - среднерослое, высотой до 110 см с цветоносами, диаметр куста до 70 см, листья очень крупные, до 50 см в диаметре, толстые, при распускании с пурпурным оттенком. Доли листа текстурированные, более широкие и закругленные, на пурпурных черешках, с отчетливым жилкованием. Цветки мелкие, белые с розовыми кончиками, ароматные, собраны в большие метельчатые соцветия высотой 30 см.

Гибридная Роджерсия *cv. «Borodin»* - листья крупные, весенняя окраска листьев бронзового цвета, позднее светло-зеленые, с зубчатыми краями; цветки кремово-розовые, с легким ароматом; высотой до 100 см; цветет в июне – июле. Пригодна для открытых солнечных участков.

Rodgersia sambucifolia Hemsl. в природе встречается в горных районах Китая на высоте от 1800 до 3700 м в лесах, скрэбах, лугах, расщелинах горных пород; в провинциях Гуйчжоу, Сычуань, Юньнань. Травянистое растение высотой от 80 до 120 см в цветении. Листья перисторассеченные, по форме напоминают листья бузины – они зеленые с бронзовым отливом, в количестве от 3 до 10. Соцветия – некрупные кремово-белые, душистые метелки, длиной 35 см, лепестков нет. Цветет самой последней из исследуемых видов в июле.

В культуре Ботанического сада СПб ГЛТУ им. С.М. Кирова все представители данного рода имеют более компактные размеры, нежели описываемые образцы по литературным данным в их природных ареалах.

При выборе места для посадки Роджерсии особое внимание нужно обратить на степень освещенности участка. Роджерсии, высаженные в тени будут иметь мощную темно-зеленую листву, цветение будет более продолжительным. Хорошо растут Роджерсии, высаженные вдоль северных фасадов зданий. При повреждении возвратными заморозками растения восстанавливают свою декоративность за короткий промежуток времени. Предпочитают нейтральные или слабокислые почвы. При соблюдении основных правил выращивания Роджерсии очень редко болеют и почти не повреждаются вредителями и болезнями, поэтому практически не нуждаются в специальных мерах по их защите, в применении химических средств борьбы. Последнее очень важно, так как делает цветники экологически безопасными.

Заключение. Роджерсия - долговечный, декоративный, теневыносливый, неприхотливый, вегетативно размножающийся многолетник. Диапазон применения Роджерсии в озеленении городов довольно широк. Однако, в городском озеленении Санкт-Петербурга, культура Роджерсии еще не нашла широкого применения. Можно рекомендовать использовать Роджерсии в одновидовых посадках - создавая оригинальную однородную группу, разбивая ее по форме листа, высоте растений, окраске соцветий, планируя непрерывное цветение такой группы с июня по август, а также смешанные посадки – когда Роджерсии следует высаживать на задний план в цветниках, расположенных в ажурной полутени, в ансамблях из древесных и хвойных представителей флоры, в декоре прибрежных линий водоемов.

Библиографические ссылки

1. *Абдуллаева А. И.* Благоустройство и озеленение придомовой территории по принципам сада «Новой волны» Пота Удольфа // Вестник ландшафтной архитектуры. 2023. № 34. С. 3-7.

2. *Адонина Н. П.* Исторический анализ формирования коллекционных участков и экспозиций декоративных травянистых растений открытого грунта Ботанического сада СПбГЛТУ // Проблемы развития ландшафтного образования в России. СПб. : Изд-во Политехн. Ун-та, 2013. С.177-188.

3. *Адонина Н. П.* Экспозиции и коллекции цветочно-декоративных растений Ботанического сада СПб ГЛТУ // Цветоводство: история, теория, практика. Минск : ЦБС НАН Беларуси, 2016. С. 30-33

4. *Головкин Б. Н., Китаева Л. А., Немченко Э. П.* Декоративные растения СССР. М. : Мысль, 1986. 320 с.

5. Демидов А. С., Потапова С. А. Деятельность Совета ботанических садов России за последнее десятилетие (1995–2005 гг.) // Ботанические сады как центры сохранения биоразнообразия и рационального использования растительных ресурсов. М. :, 2005. С. 153–154.

6. Загвоздина Н. А., Русских С. А. *Rodgersia* A. Gray в Ботаническом саду СПбГЛТУ // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Т. 1. СПб : СПбГЛТУ, 2018. С. 116-119.

7. Иразова М. А. Ландшафтно-архитектурное планирование и озеленение городских территорий // Техника. Технологии. Инженерия. 2016. № 2. С. 20-23.

8. Исаченко Г. А., Резников А. И., Ландшафты Санкт-Петербурга: эволюция, динамика, разнообразие // Биосфера. 2014. Т. 6, №3. С. 231–249.

9. Справочник ландшафтного дизайнера и озеленителя (травянистые декоративные многолетники для городских цветников на объектах общего пользования / Р. А. Карписонова [и др.]. М. : Книж. дом: Омега-Л, 2015. 64 с.

10. Лыкова Н. А. Эффект превегетации: экологические последствия. СПб : Наука, 2009. 311 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ ЛАНДШАФТЫ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ ХАБАРОВСКА

Е. М. Климина, А. В. Остроухов

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия,
kliminaem@bk.ru*

Представлена краткая характеристика основных групп экологически значимых ландшафтов пригородной зоны Хабаровска для разработки ландшафтно-экологического зонирования данной территории.

Ключевые слова: пригородная зона; экологически значимые ландшафты; ландшафтно-экологическое зонирование.

Введение. Необходимость сохранения ландшафтов как объектов природного наследия определяет практический интерес к проблеме ландшафтного разнообразия. При этом актуальность ее для так называемых регионов нового освоения Дальнего Востока России в последние годы существенно возросла, что связано с интенсификацией экономического развития, особенно в крупнейших агломерациях Дальнего Востока.

Для Хабаровска и его пригородной зоны проблема сохранения природных геосистем определяется, в том числе, спецификой сочетания природных и социально-экономических условий. Особенности формирования пригородной зоны Хабаровска заключаются, прежде всего, в ограниченных возможностях для ее расширения. Во-первых, западная граница города соотносится с границей другого субъекта РФ – ЕАО. Во-вторых, благодаря положению города на реке, одна часть Хабаровска расположена на правом берегу Амура (230 км²), а другая – в пределах левобережной поймы (160 км²), где практически отсутствует жилая застройка. Городская черта левобережной части находится в незначительном удалении от государственной границы. На юге естественным ограничителем пригородной зоны является хребет Хехцир, где расположен Большехехцирский государственный заповедник. На севере – река Амур, ширина русла которого в районе города составляет 3,5 км, а заболоченной поймы – 15 км, что также ограничивает возможности для расширения.

Несмотря на сохранившиеся пока некоторые резервы пространственного расширения города, происходит интенсивный рост индивидуальной застройки пригородной зоны, фрагментация ее природных геосистем как результат усиления хозяйственной и рекреационной нагрузки.

Основной формой сохранения объектов природного наследия по-прежнему является система ООПТ, которая не отражает всего комплекса ценностных характеристик природных объектов. Поэтому одной из важных задач является выявление наиболее значимых ландшафтов для их дальнейшего отражения в экологическом каркасе территории. Для выявления экологически ценных геосистем проводится процедура ландшафтно-экологического зонирования как начальный этап эколого-функционального зонирования, выполняемого в рамках территориального планирования.

Материалы и методы исследований. Исследованиями по проведению ландшафтно-экологического зонирования (ЛЭЗ) в Хабаровском крае было охвачено два крупных природных объекта – Среднеамурская низменность и Сихотэ-Алинь (в границах Хабаровского края). ЛЭЗ представляет собой выделение групп геосистем, территориально объединенных по совокупности критериев: выполнение экологических функций, уровень значимости геосистем, степень нарушенности, наличие экологически значимых ландшафтов (ЭЗЛ), характер освоенности. Для территории Северного Сихотэ-Алиня ЛЭЗ проводится для последующего экологического планирования муниципальных районов [1, 2].

Для Среднеамурской равнины, в пределах которой расположена пригородная зона г. Хабаровска, выявлено 12 основных групп геосистем, объединенных по сочетанию экологических функций, экологически значимых геосистем и их пространственному сочетанию. Они включают типы урочищ в соответствии с типологической классификацией, разработанной для ландшафтной карты Среднеамурской низменности. Экологически значимые ландшафты (природной и социально-эколого-экономической значимости) выделяются по совокупности факторов. В группу природной значимости входят: 1) ландшафты как природные эталоны (типичные, реликтовые, уникальные) (категория «сохранение ландшафтного разнообразия»); 2) ландшафты, для которых характерно наличие высокозначимых биотопов («сохранение биоразнообразия»); 3) высоко уязвимые к антропогенному воздействию, выделяемые по совокупности разрушающих и лимитирующих природных и антропогенных факторов («высоко уязвимые»). Геосистемы, выделенные по критериям социально-эколого-экономической значимости, характеризуются наличием 1) объектов природно-культурного и культурного наследия (категория «культурные ландшафты»); 2) компонентов, представляющих ресурсную ценность (ресурсной значимости); 3) наиболее острых экологических ситуаций антропогенного происхождения для сильноизмененных ландшафтов (экологически неблагоприятные) [2]. Регламентация режима может быть вызвана различными, зачастую противоположными причинами: от необходимости

сохранения ненарушенных геосистем до полного или частичного восстановления деградированных ландшафтов. В ландшафтном планировании наиболее экологически значимые ландшафты являются узловыми элементами каркасов локального и регионального уровней [3].

Результаты и их обсуждение. Группы геосистем, соответствующие категориям, разработанным для Среднеамурской низменности, выделены в границах пригородной зоны Хабаровска (масштаб 1: 200 000) общей площадью 3856 км².

Выделенные 12 групп геосистем объединены в соответствии с предполагаемым режимом использования. Первые четыре группы относятся к условно коренным и слабонарушенным геосистемам, выполняющим важнейшие средообразующие функции регионального уровня, что частично подтверждено наличием заповедника «Большехехцирский». Общая доля площади особо ценных геосистем, нуждающихся в сохранении, составляет 36,8 %. Сюда входят лесные геосистемы низкогорного хребта Хехцир и возвышенных равнин (таежные и хвойно-широколиственные) (9,8 % площади пригородной зоны), пойменные ландшафты р. Амур, его крупнейших притоков Уссури и р. Тунгуски (19,9 %), болотные (2,6 %) и поймы малых рек (4,5 %).

Частично эти геосистемы входят в состав ООПТ, частично нуждаются в ландшафтном планировании локального уровня с формированием соответствующего ландшафтно-экологического каркаса в рамках города (городских районов), а также территорий сельских поселений.

Следующая группа представлена геосистемами территорий экстенсивного использования, для которых рекомендуются режимы улучшения состояния, поддержания и сохранения ресурсного потенциала и средовосстановления на площади 28,2 %. Это лесные геосистемы предгорий и возвышенных равнин с высоким средо- и стокоформирующим потенциалом, биостационарные (14,8 %); лиственничные мари, травяные болота и луга средообразующей значимости (3,5 %) и др.

Третья группа включает геосистемы территорий интенсивного освоения, функциональная роль которых в значительной степени связана с искусственным восстановлением и поддержанием состояния ландшафтов. Их доля в пригородной зоне – 35,0 %. Из них почти 12 % приходится на техногенные и техногенно-антропогенные. Поддержание функций связано с во многом с управлением их состоянием.

Заключение. В целом, выделенные экологически значимые ландшафты (ЭЗЛ) отражают принятые в ландшафтном планировании критерии наиболее высокой значимости и чувствительности геосистем [3].

В представленных ниже группах геосистем выделяются ЭЗЛ региональной и локальной значимости для включения их в ландшафтный каркас разного пространственного уровня.

Следующий этап связан с переходом на ландшафтное планирование с учетом социально-экономических интересов сельских поселений, тенденций развития города Хабаровска и экологического потенциала ландшафтов для соблюдения баланса развития и сохранения природной среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Правительства Хабаровского края «Оценка современного состояния ландшафтов пригородной зоны Хабаровской агломерации для обеспечения экологической безопасности населения и комфортности городской среды».

Библиографические ссылки

1. *Климина Е. М.* Ландшафтно-экологическое зонирование Северного Сихотэ-Алиня // Материалы XVI Совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Владивосток, 2021. С. 142–145.

2. *Климина Е. М.* Ландшафтно-экологическое зонирование для реализации задач ландшафтного планирования (на примере Среднеамурской низменности) // Вестник ДВО РАН. 2018. № 4. С. 65–72.

3. Теория и методология ландшафтного планирования / А. В. Хорошев [и др.]. М. : Товарищество научных изданий, КМК, 2019. 444 с.

ЛАНДШАФТНЫЙ ПОДХОД В РЕАЛИЗАЦИИ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Е. М. Коростелев¹⁾, Л. О. Зелюткина²⁾

¹⁾ *Сочинский государственный университет, г. Сочи, Российская Федерация,
wayearth@yandex.ru*

²⁾ *Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, ludmilazelutkina@rambler.ru*

В 2015 году экспертами ООН были сформулированы цели устойчивого развития, призванные решить глобальные проблемы человечества. Ландшафтный подход может быть использован как эффективный инструмент для достижения некоторых целей устойчивого развития: при развитии сбалансированного сельского хозяйства, развитии зеленой энергетики, выявлении природных очагов опасных болезней, анализе комфортного расселения населения и т. д.

Ключевые слова: ландшафт; цели устойчивого развития; ландшафтное планирование; трансформация ландшафтов; антропогенное воздействие.

Введение. На фоне возникновения и роста глобальных проблем человечества (не «признающих» границ между странами), которые стали осознаваться со второй половины XX века, в международной научной среде возникло междисциплинарное направление – *устойчивое развитие* (sustainable development). В рамках этого направления деятельности была сделана попытка сформулировать, а потом организовать комплекс мер, позволивших бы решить разнообразные глобальные проблемы человечества и их региональные и локальные проявления. Примечательно, что в смысловом отношении sustainable development часто переводят как «сбалансированное» или «управляемое» развитие.

В 2015 году в рамках ООН ста девяносто тремя странами был подписан документ «Повестка дня на 2030 год» (Agenda – 2030) Российской Федерацией и Республикой Беларусь в том числе, который согласовал действия стран в рамках устойчивого развития.

Можно сказать, что с этого момента мероприятия и движение по достижению целей устойчивого развития (ЦУР) стали приобретать конкретную форму. Было сформулировано семнадцать целей, из которых больше половины тесно связаны с проблемами окружающей среды ее сохранением и качеством.

Учитывая широкий спектр проблем в «Повестке...» их решение возможно только при междисциплинарном подходе и требует комплексных решений.

По нашему мнению ландшафтоведение – наука, подходы и методы, которой, могли бы стать основополагающими для достижения ряда целей устойчивого развития. А ландшафт – одним из основных объектов, оценка состояния которого, могла бы быть индикатором выполнения этих целей.

Материалы и методы исследования. Ландшафтоведение как географическая наука сформировалась к середине XX века в Советском Союзе. Ее становление связано с фамилиями выдающихся советских ученых Л.С. Берга (ландшафтно-морфологическое направление), А.А. Григорьева (ландшафтно-геофизическое направление), Б.Б. Польшова (ландшафтно-геохимическое направление) [10]. Эти направления, развитые их последователями, в дальнейшем сформировали региональные ландшафтные школы по всему СССР, которые вывели ландшафтоведение на решение практических задач [3].

К настоящему времени ландшафтный подход стал востребован полностью или отдельными аспектами: при проектировании особо охраняемых территорий, при рекультивации ландшафтов, в ходе лесоустроительных работ, в рамках экологического и медико-географического картирования, в ландшафтном проектировании и т. д.

Отдельно можно отметить такое направление деятельности как ландшафтное планирование – совокупность методических процедур, способствующих сбалансированному развитию и сохранению природных функций ландшафта [9]. Хотя довольно широкое распространение получило сейчас территориальное планирование оно, все-таки, в отличие от ландшафтного, ориентировано исключительно на интересы экономики. Его Природоохранные аспекты в ходе территориального планирования находятся в подчиненном положении, да и выполняется оно преимущественно архитекторами, которые не всегда понимают специфику природных комплексов. То есть, целям устойчивого развития территориальное планирование соответствует меньше, чем ландшафтное, учитывающее особенности взаимодействия между элементами природы, их динамику и принцип эмерджентности.

Результаты и их обсуждение. Ландшафтные исследования способствуют более полному познанию окружающей среды и пониманию сложности природных процессов. Историческая география ландшафтов заставляет под другим углом зрения оценивать взаимовлияние в системе человек – природа/ландшафт. Например, археологическое открытие 2001 года, когда на дне обмелевшего Аральского моря был обнаружено городище

XIV века, заставляет с осторожностью оценивать роль человека в обмелении этого, некогда крупнейшего озера мира, и задуматься о роли природных ритмов (соотношение влияния антропогенного и природного факторов в высыхании Арала) [12].

Наши историко-географические исследования средневековых водно-волоковых путей Русского севера позволили сделать вывод о большей обводненности в средние века этого региона, подтверждая 1850-летний ритм, открытый советским географом А.В. Шнитниковым [2,8,14].

Рациональное использование территории и природных ресурсов в ходе туристско-рекреационной деятельности также основывается на ландшафтных работах. Функциональное зонирование, сделанное с использованием ландшафтного картирования, позволяет оптимизировать планирование и оборудование экскурсионно-туристских маршрутов. Причем этот подход успешно апробирован не только для лесной зоны, но и для ООПТ арктического региона [5,6].

Достижение некоторых целей устойчивого развития может быть успешным, если опираться на ландшафтные исследования.

Например, цель устойчивого развития «*Ликвидация голода*». В ее рамках предполагается решить проблемы, связанные с питанием. При этом, исходя из контекста последних инноваций в странах Запада, где политики используют по отношению к товарному сельскому хозяйству термин «экоцид», в первую очередь подразумевается переход на искусственное мясо (сделанное из биоматериалов на 3D-принтере) или белок насекомых. Однако представляется, что в силу национальных, этнопсихологических, природных и т.д. особенностей вряд ли это возможно повсеместно, да и вряд ли целесообразно. В то же время в рамках целей устойчивого развития предполагается, в качестве направления сбалансированного сельского хозяйства, переход его на локальный уровень. А эффективное сельское хозяйство без учета всего комплекса природных факторов вряд ли возможен [4]. К тому же одно из инновационных направлений сельского хозяйства пермакультура – также основано на использовании ландшафтных особенностей местности [13].

С учетом обеспокоенности экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) о возможности распространения новых опасных эпидемий и пандемий, а также существования цели устойчивого развития «Обеспечение здорового образа жизни» перед медиками и географами становится ряд задач связанных с выявлением природных очагов потенциально опасных инфекций. Как известно, природный очаг возбудителя заболеваний тесно связан с местообитанием носителя, приуроченного к определенному типу ландшафта. Поэтому медико-географическое

картирование на ландшафтной основе становится эффективным инструментом выявления новых опасных очагов болезней. До сих пор остается дискуссионным вопрос о природном очаге последней пандемии, затронувшей без исключения весь мир [11].

Обширное поле для научных исследований в области трансформации экосистем связано с внедрением зеленой энергетики (ЦУР: «Обеспечение доступа к недорогостоящим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех» и «Защита экосистем суши»). К низкоуглеродным направлениям энергетики относят в основном солнечную и ветровую электроэнергетику. И действительно они, напрямую, не способствуют формированию парниковых газов (исключая само производство солнечных панелей и ветрогенераторов, а также их утилизацию), но с точки зрения ландшафтного подхода куда важнее, что недостаточная мощность солнечных и ветровых электростанций вынуждает их создателей компенсировать малые мощности большей площадью покрытия этими станциями. Эти площади могут занимать десятки, и даже сотни квадратных километров. На 2024 год самая большая солнечная электростанция по площади расположена в Китае. Ее площадь 133 км². Крупнейшие ветряные электростанции превышают площадь 400 км².

В случае массового использования ВЭС за ними образуется т.н. ветровая тень (скорость воздушной массы существенно снижается, изменяется не только скорость ветра, но и количество переносимой им влаги), а это, безусловно, способствует изменениям в ландшафте [15,17].

В случае использования солнечных электростанций, занимающих огромные площади, панели забирая солнечную энергию, приводят к изменениям в энергообмене между Солнцем и подстилающей поверхностью, что также приводит к трансформации экосистемы [1,16].

С учетом задекларированного увеличения доли ветровой и солнечной энергетики в энергетическом комплексе всех стран требуется изучение влияния этих энергоструктур на естественные ландшафты, чтобы спустя время не пришлось вводить новые цели устойчивого развития, для ликвидации последствий влияния низкоуглеродных энергетических станций.

Еще одна важная ЦУР «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и устойчивости городов и населенных пунктов», И здесь тоже можно вспомнить, что расселение людей связано не только с качеством домов и умными городами. Оно часто связано с традициями расселения, определяемыми ландшафтными условиями. Кроме того, учитывать ландшафтный фактор необходимо при формировании новых поселений, которые должны быть дружественными (friendly) окружающей среде. В целом же, существует течение *downshifting* для которого нормой является использование экодомов и формирование экопоселений. Это довольно

многочисленное течение, ценности участников которого, соответствуют целям устойчивого развития, и в этом случае, ландшафтные знания и исследования становятся важной частью их организации.

Заключение. Подводя итог, хотелось бы отметить, что с учетом вышеизложенного, перед учеными открывается широкий фронт исследований на ландшафтной основе.

Если цели устойчивого развития не политическая декларация и не орудие в руках глобалистов, то выход на сбалансированное развитие требует тщательной и кропотливой работы учитывающей множества факторов как природного, так и антропогенного характера.

Антропогенная нагрузка на ландшафт в современном мире реально существующая проблема. Зародившаяся почти сто лет назад наука о ландшафтах именно сейчас может стать своеобразным флагманом в реализации целей устойчивого развития, которые задают тематический вектор [7].

Понимание ландшафта, тенденций его развития в ходе антропогенной деятельности и сложного комплекса природных процессов важная задача при реализации программ устойчивого развития.

Библиографические ссылки

1. *Говорушко С. М.* Солнечная энергетика и ее экологические проблемы // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2011. №4 (96). С.30-33
2. *Зелюткина Л. О., Коростелев Е. М., Севастьянов Д. В.* Водно-волоковые системы севера Европейской России. География. История. Природопользование. СПб., 2013. 199 с.
3. *Исаченко Г. А.* Методы полевых ландшафтных исследований и ландшафтно-экологическое картографирование. СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1998. 110 с.
4. Комплексная полевая практика по физической географии: Учебное пособие для географ. спец. ВУЗов / Под ред. К. В.Пашканга. М. : Высш. шк., 1986. 199 с.
5. *Коростелев Е. М., Билецкий А. В.* Эколого-географический подход к организации регулируемого туризма в Арктической зоне Российской Федерации // Российский журнал устойчивого туризма. 2014. № 4. С. 12-16.
6. *Коростелев Е. М., Гаврилов Ю. Г.* Развитие экологически безопасного туризма в Арктической зоне Российской Федерации // Туризм: право и экономика. 2019. № 1. С. 22-25.
7. *Коростелев Е. М., Зелюткина Л. О.* Роль пространственных знаний для устойчивого развития туризма в условиях глобальных вызовов // Туризм: право и экономика. 2022. № 2. С. 14-19
8. *Коростелев Е. М., Зелюткина Л. О., Севастьянов Д. В.* Древние волокна – уникальные памятники освоения Севера // Природа. 2014. № 4 (1184). С. 29-37.
9. Ландшафтное планирование с элементами инженерной биологии / Под ред. А. В. Дроздова. М., 2006. 239 с.
10. *Мильков Ф. Н.* Общее землеведение. М., 1990. 334 с.

11. *Супотницкий М. В.* COVID-19: трудный экзамен для человечества. М., 2021. 256 с.
12. *Тажекеев А., Алибай Б., Жусипназар М.*, Золотоордынские памятники на дне Аральского моря: проблемы адаптации человека к изменению экологии региона // Центральноазиатский журнал исследований водных ресурсов. 2020. № 9(1). С. 130-148.
13. *Фурманова О. А.* Принципы пермакультуры в ландшафтной организации современной органической фермы // Наука, образование и экспериментальное проектирование. 2021. № 1. С.180-183
14. *Шнитников А. В.* Ритмичность природных явлений: тезисы. Л., Гидрометеорологическое издательство, 1971. 90 с.
15. Costs and consequences of wind turbine wake effects arising from uncoordinated wind energy development / Landquist J.K. [et al.] // Nature Energy. 2019. № 4. P. 26–34.
16. Potential benefits and risks of solar photovoltaic power plants on arid and semi-arid ecosystems: an assessment of soil microbial and plant communities / Liu Z [et al.] // Front. Microbiol. 2023. 14:1190650.
17. *Miller L.M., Keith D.W.* Climatic Impacts of Wind Power. Joule. 2018.

ФОРМИРОВАНИЕ БИОИНДИКАЦИОННОЙ СЕТИ МИНСКА И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНО- ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

В. В. Махнач

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, mahnachv@bsu.by

В статье рассматривается процесс формирования биоиндикационной сети Минска, направленной на оценку устойчивости природно-территориальных комплексов. Анализируются ключевые факторы, влияющие на биоразнообразие и экосистемную устойчивость в городских условиях. Оценивается влияние антропогенной деятельности на экосистемы, а также предлагаются методы биомониторинга и возможности управления природными ресурсами. Результаты исследования могут быть использованы для разработки стратегий устойчивого развития и охраны окружающей среды в городских агломерациях.

Ключевые слова: биоиндикационная сеть; устойчивость; природно-территориальные комплексы (ПТК); биоразнообразие; экосистемные услуги; антропогенное воздействие; биомониторинг; управление природными ресурсами.

Введение. В современном мире городская среда играет ключевую роль в формировании экологических условий и влияет на качество жизни человека. Стремительное развитие урбанизированных территорий, сопровождаемое множеством антропогенных изменений, требует внимательного изучения и оценки состояния окружающей среды. В этом контексте особенно актуальным становится создание биоиндикационной сети, которая позволит эффективно оценивать устойчивость природно-территориальных комплексов и их способность адаптироваться к техногенным трансформациям.

Специфика городской среды заключается в том, что она не только подвергается воздействию различных антропогенных факторов, но и сама становится значительным фактором влияния на природные системы и комплексы, а также на здоровье населения.

Для обеспечения устойчивого развития городских экосистем необходимо учитывать их уникальные особенности и разрабатывать стратегии оптимизации на основе принципов, таких как усиление автотрофности, регулярный биомониторинг состояния эко- и геосистем, а также повышение экологической культуры среди жителей. Эти меры

помогут создать более гармоничное сосуществование человека и природы в условиях урбанизации.

Материалы и методы исследований. Фактический материал для исследования был получен в результате комплекса биоиндикационных наблюдений, проведенных автором в 2021-2024 гг. в различных районах Минска, характеризующихся различной урбоэкологической нагрузкой. Объектами наблюдений стали образцы лишенофлоры и хвоя сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

В ходе исследования было обследовано 500 деревьев сосны обыкновенной, а лабораторному анализу подверглось 1600 проб. Для обеспечения точности взвешивания использовались аналитические весы Ohaus PA214. Анализ содержания хлорофилла *a*, *b* и *a+b*, а также каротиноидов *b* проводился с помощью спектрофотометра PV 1251 (Госреестр СИ РБ №14324). В качестве растворителя и контроля применялся чистый спирт (96%), а для нейтрализации клеточного сока использовался карбонат кальция (CaCO₃ ОСЧ). Подробности методики и анализа можно найти в работах Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. (2003) [1] и Хайрулина Т.П. (2015) [2].

Сбор хвои для спектрометрии проводился в феврале-марте 2023 года. Методами лишеноиндикации было обследовано 300 деревьев, отобрано более 1000 образцов лишенофлоры, что позволяет получить комплексную картину состояния экосистемы. Методика лишеноиндикации подробно описана в работе Бязрова Л.Г. (2002) [3].

Результаты и их обсуждение. Формирование компонентов урбанизированной среды значительно влияет на воздушный бассейн города, что обусловлено сложными взаимодействиями между различными элементами экосистемы. Глубокие преобразования природных геосистем в процессе урбанизации приводят к изменению микроклимата, что подтверждается взаимосвязями между рельефом, геологической средой, почвенным покровом, растительностью и антропогенной средой.

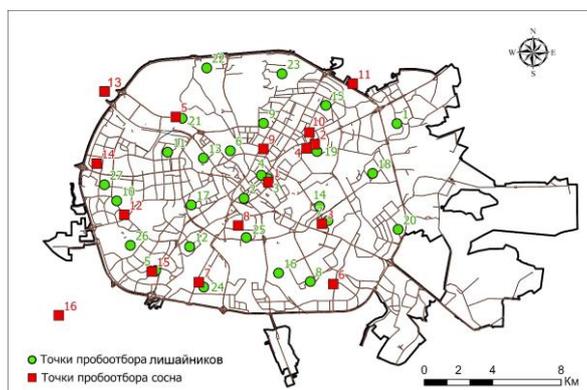
Искусственные поверхности, такие как асфальт, бетон и стекло, нарушают водный и радиационный баланс, что, в свою очередь, сказывается на качестве воздуха. Многоэтажные здания создают преграды для воздушных потоков, изменяя тепловой режим и аэрацию. Промышленные и транспортные выбросы добавляют в атмосферу вредные пылевые и газовые примеси, включая углекислый газ и сернистые соединения, что негативно сказывается на растительности и фотосинтезе.

Уплотнение почвы из-за рекреационной нагрузки ухудшает ее физические свойства и водопроницаемость, что приводит к изменению влажности и аэрации. Повышенная температура почвы в городских условиях

также оказывает негативное воздействие на корни растений, что способствует формированию индустриозем.

Компоненты урбанизированной антропоэкосистемы взаимосвязаны и оказывают сложное влияние на радиационный, тепловой, аэрационный и влажностный режимы окружающей среды. Учитывая эти взаимосвязи, необходимо подходить к планированию городской среды с целью сохранения экологического равновесия и здоровья населения.

Наблюдение за лишенофлорой и сосной обыкновенной в пределах мониторинговой сети (рисунок) позволил установить 8 ПТК с различной степенью устойчивости к антропогенной нагрузке.



Сеть отбора проб для биондикационной оценки окружающей среды г. Минска по сосне обыкновенной и лишайникам:

для отбора хвои сосны обыкновенной: 1 – Центральный детский парк имени Максима Горького; 2 – Парк культуры и отдыха имени Челюскинцев; 3 – Парк культуры и отдыха имени 50-летия Великого Октября; 4 – Центральный ботанический сад НАН Беларуси; 5 – насаждения сосны обыкновенной в районе Института физкультуры; 6 – Парк имени 900-летия города Минска; 7 – Парк «Курасовщина»; 8 – район ул. Воронянского – Жуковского; 9 – район ул. Куйбышева; 10 – бульвар Толбухина; 11 – лесопарк «Зеленый Луг»; 12 – лесопарк «Медвежино»; 13 – насаждения сосны обыкновенной в районе аг. Ждановичи; 14 – Парк имени Уго Чавеса; 15 – Парк имени Михаила Павлова; 16 – эталонный участок (д. Озерцо, Минский район, Минская обл.).

для отбора лишайниковых сообществ: 1 – Геологический памятник природы республиканского значения «Парк камней»; 2 – Михайловский сквер; 3 – Центральный детский парк имени Максима Горького; 4 – Парк им. Янки Купалы; 5 – Парк имени Михаила Павлова; 6 – Парк Победы; 7 – Парк культуры и отдыха имени 50-летия Великого Октября; 8 – Парк имени Надежды Грековой; 9 – Парк Дружбы народов; 10 – лесопарк «Медвежино»; 11 – Тропа здоровья; 12 – МКСИ, 13 – МЗОО; 14 – МТЗ; 15 – МЗТ; 16 – Парк Серебрянский; 17 – Сквер Полянка; 18 – Парк Степянка; 19 – Парк культуры и отдыха имени Челюскинцев; 20 – Лесопарк Ангарская; 21 – Парк Веснянский; 22 – Лесопарк Новинки; 23 – Зеленая зона вокруг Цнянского водохранилища; 24 – Парк «Курасовщина»; 25 – Сквер «Сеножаны»; 26 – Экотропа «Яблоневый сад»; 27 – Парк Парсученко

Анализ ландшафтных районов г. Минска показывает, что устойчивость естественная (потенциальная) и геохимическая устойчивость ПТК варьируются в зависимости от географических и геологических характеристик каждого района.

1. Северо-западный придолинный район демонстрирует относительно устойчивые условия как по естественной, так и по геохимической устойчивости, что может свидетельствовать о его способности сохранять экосистемные функции при определенных антропогенных нагрузках.

2. Центральный придолинный район характеризуется неустойчивыми условиями, что указывает на высокую уязвимость к изменениям в окружающей среде, особенно в условиях урбанизации. Низкая геохимическая устойчивость также подчеркивает необходимость мониторинга и защиты этого района от загрязнений.

3. Юго-восточный придолинный район имеет относительно устойчивые природные условия, но низкая геохимическая устойчивость может ограничивать его способность к восстановлению после негативных воздействий.

4. Восточный придолинный район демонстрирует переходные характеристики, что говорит о возможностях для улучшения устойчивости через грамотное управление природными ресурсами и минимизацию антропогенной нагрузки.

5. Юго-западный придолинный район выделяется высокой устойчивостью как естественной, так и геохимической, что делает его важным для сохранения биологического разнообразия и экосистемных услуг.

6. Северо-восточный район показывает переходные характеристики с высокой геохимической устойчивостью, что открывает перспективы для устойчивого развития и сохранения природных ресурсов.

7. Северо-восточный холмисто-волнистый район также демонстрирует высокую устойчивость, что делает его важным элементом экосистемы города.

8. Западный район с очень высокой устойчивостью как естественной, так и геохимической служит примером для других районов в плане устойчивого управления природными ресурсами.

Таким образом, результаты анализа показывают, что ландшафтные районы Минска имеют различные уровни устойчивости, что должно учитываться при планировании городской среды и разработке стратегий по охране окружающей среды. Устойчивые районы могут служить основой для создания зеленых коридоров и поддержания биологического разнообразия, тогда как менее устойчивые требуют активных мер по защите и восстановлению эко- и геосистем.

Заключение. Анализ ландшафтных районов г. Минска выявил значительные различия в уровнях устойчивости как естественной, так и геохимической. Устойчивые районы, такие как северо-западный и юго-западный придолинные, играют ключевую роль в сохранении экосистемных функций и биологического разнообразия, предоставляя важные ресурсы для устойчивого развития города. В то же время, районы с низкой устойчивостью, например, центральный придолинный, требуют особого внимания и активных мер по охране и восстановлению, чтобы минимизировать негативные последствия антропогенной нагрузки.

Для более детального биомониторинга состояния окружающей среды в Минске была создана сеть отбора проб для биондикационной оценки, основанная на анализе хвои сосны обыкновенной и лишайников. Это позволило более точно оценивать экологическое состояние различных районов города. Места отбора хвои сосны включают 16 ключевых точек, таких как Центральный детский парк имени Максима Горького и Парк культуры и отдыха имени Челюскинцев, а также эталонный участок в д. Озерцо. Аналогично, для лишайниковых сообществ предусмотрены 27 точек наблюдения, включая Геологический памятник природы республиканского значения «Парк камней» и Парк Победы.

Переходные характеристики некоторых районов открывают возможности для внедрения эффективных стратегий управления природными ресурсами, направленных на повышение их устойчивости. Важно учитывать эти различия при планировании городской среды и разработке экологических инициатив, что позволит создать гармоничное сосуществование человека и природы в Минске. Таким образом, результаты данного анализа служат основой для формирования стратегий по охране окружающей среды и устойчивому развитию городской территории, обеспечивая баланс между урбанизацией и сохранением природных ресурсов.

Антропогенное загрязнение в Минске приводит к снижению содержания хлорофилла и каротиноидов в растительности на 30-40 %. Пигментный состав хвои сосны может служить индикатором уровня загрязненности. Рекомендуется защищать водно-зеленый диаметр города для сохранения биоразнообразия и улучшения качества воздуха. Необходимо применять экосистемный подход в градостроительных планах для создания устойчивых городских сред.

Включение биоиндикации в систему Национального мониторинга окружающей среды позволит оперативно выявлять проблемы с качеством воздуха. Соблюдение баланса зеленых насаждений на 1000 жителей важно для здоровья городской среды.

Модернизация рекреационных зон и создание лесопарковых защитных зон вокруг Минска помогут сохранить природные ландшафты и биоразнообразие. Изучение опыта других агломераций может помочь в улучшении экологической ситуации.

Создание информационно-аналитической системы с использованием геоинформационных технологий поможет эффективно управлять ресурсами. Вывод промышленных предприятий за пределы города и стимуляция экологического образования населения будут способствовать снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Библиографические ссылки

1. *Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В.* Большой практикум по фотосинтезу. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 510600 «Биология» и специальностям 011600 «Биология», 012000 «Физиология» / Под ред. профессора И. П. Ермакова. М. : Издательский центр «Академия». 2003. 256 с.

2. *Хайрулина Т. П.* Лабораторный практикум по методам экологических исследований: учебное пособие. Благовещенск : ДальГАУ, 2015. 143 с.

3. *Бязров Л. Г.* Лишайники в экологическом мониторинге. М. : «Научный мир», 2002. 336 с.

РЕКРЕАЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ ЛАНДШАФТОВ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ г. ХАБАРОВСКА

З. Г. Мирзеханова, А. В. Остроухов

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия,
lorp@ivep.as.khb.ru*

Рассматривается значение природных комплексов пригородных зон г. Хабаровска в развитии сферы отдыха. Отмечена роль пригородных районов для туристической деятельности в современных условиях. Показана специфика и многообразие вариантов для развития туризма.

Ключевые слова: городской туризм; пригородная зона; ландшафты; виды туризма.

Введение. Современное экономическое развитие России осуществляется в сложных условиях, отражающихся в деятельности всех отраслей народного хозяйства. Одной из наиболее чувствительной к различным проявлениям кризисной обстановки является сфера туризма и отдыха. Мировой и национальный туристический сектор в ближайшие годы будет нести в себе отпечаток эпохи COVID-19 и сложившейся геополитической нестабильности. В зарубежной и отечественной литературе активно обсуждаются различные аспекты этой проблемы, даже в отраслях, на первый взгляд, далеких от нее. В первую очередь поднимаются проблемы городского туризма, который занимает самостоятельную нишу в сегментации направлений туристической деятельности [4, 8-10].

Учитывая, что городской туризм – самый распространенный туризм в мире, его значимость невозможно недооценивать как в период активного развития этого сегмента отдыха, так и во время кризисных испытаний, что подтверждено современными результатами. Платформа Welcome City Lab совместно с Агентством по туризму Франции Atout France в 2020 году подготовили специальный документ, перечисляющий основные инновационные направления развития в туристическом секторе [3]. В выделенных пяти трендах особое место занимает городской туризм. Он признан одной из доминирующих тенденций XXI в., города действительно довольно быстро отреагировали на глобальные изменения, обусловленные ситуацией с пандемией и кризисной обстановкой, в целом [4,7]. Были вскрыты проблемы, требующие безотлагательного решения в стратегиях развития городского туризма. На передний план выдвинуты вопросы территориальной планировки городской среды, наличия и доступности

«зеленой» и «синей» инфраструктуры, а также переоценки их адаптивных возможностей. Подчеркивается необходимость пересмотра роли свободных пространств в мегаполисах, а также взаимодействия между городскими и пригородными районами [9, 10].

Материалы и методы исследований. В основе исследований лежит применение ландшафтных и картографических методов, в работе также применялись методы экспертных оценок, статистического и библиометрического анализа, обобщения и систематизации.

Результаты и их обсуждение. Согласно анализу ряда публикаций, нормативно-правовых документов, в которых даются описание сущности пригородной зоны, назначение и общие характеристики территорий, относящихся к пригороду, определено: пригородная зона – территориальная зона, примыкающая к городской черте, являющаяся неотъемлемой частью города, установленная в соответствии с экономическими, пространственными, трудовыми, рекреационными связями и закреплённая комплексом административных, градостроительных документов [1, 6].

Пригородные зоны урбанизированных территорий раскрывают рекреационный потенциал, расширяя структуру и наполнение городского туристического продукта. Особый смысл использование пригородных зон в рекреационных целях приобретает в регионах, где пространства, окружающие город, сохранили природные комплексы в естественном состоянии, как, например, пригородная зона г. Хабаровска. 64,7 % ее территории представлено геосистемами сохранившимися в естественном или близком к нему состоянии. Площадь пригорода составляет 3468,03 км² (с городом Хабаровском - 3856,75 км²), средний радиус окаймления города - 30 км с относительно разветвленной сетью дорог (плотность автодорог с дорогами города – 0,77 км/км), которыми могут воспользоваться туристы.

Особенностью природной среды пригородной зоны Хабаровска является многообразие ландшафтных комплексов равнинных и горных территорий в пределах зоны суббореальных широколиственных лесов. Особую роль в формировании природного фона города, его окрестностей, а также хозяйственной деятельности играет река Амур. Ее ширина в пригородной зоне достигает 20 км, а глубина – 20 м. Русло реки здесь делится на рукава, представляющие отдельные мощные потоки. Они в совокупности с многочисленными озерами в пойме обеспечивают мощную голубую инфраструктуру для рекреационных целей (11 % от площади пригородной зоны). Природный и инфраструктурный ресурсный потенциал для развития рекреации в пригородной зоне Хабаровска разнообразен и отличается особым дальневосточным колоритом [5]. Он позволяет разрабатывать и предлагать специализированные и комбинированные информационно и эмоционально насыщенные туры (таблица).

Рекреационное использование ландшафтов пригородной зоны г. Хабаровска

№	Рекреационные зоны с преобладанием отдыха:	Используемые природные и природно-антропогенные комплексы	Площадь, рекомендуемая под развитие рекреации	
			км ²	% от общей
1	Дачного	Ландшафты низменных аллювиальных и делювиально-пролювиальных равнин	145,53	3,773
2	Пляжно-акваториального	Поймы реки Амур, его проток и пойменных озер	134,84	3,496
3	Развлечений и экскурсионно-познавательного	Центральная часть города Хабаровска, селитебная зона	35,29	0,915
4	Альпинизма и горно-лыжного	Ландшафты низкогорий на высотах 500 - 1000 м	1,60	0,041
5	Спортивно-приключенческого	Горно-лесные и горно-таежные ландшафты низкогорий и предгорий	626,84	16,253
6	Спортивной охоты и рыбалки	Поймы реки Амур, его проток и пойменных озер	902,43	23,399
7	«Тихой» охоты (сбор дикоросов)	Лесные и горно-лесные ландшафты низкогорий, предгорий и делювиально-пролювиальных равнин	650,35	16,863
8	Круизного и водного спортивного	Аквальные ландшафты крупных и средних водотоков	357,11	9,259
9	Научного и образовательного	Горно-лесные и горно-таежные ландшафты низкогорий и предгорий охранной зоны Большехецирского заповедника	63,09	1,636
10	Религиозного и этнографического	Лесные ландшафты делювиально-пролювиальных равнины северо-восточной оконечности Петропавловского озера	0,40	0,010

Следует подчеркнуть, что познавательный и экологический туризм дополняют все направления рекреационной деятельности. А приграничное положение с дружественным КНР раскрывают возможности международного взаимодействия в сфере туризма по многим направлениям.

Заключение. Таким образом, природные комплексы пригородной зоны города Хабаровска во временном аспекте могут удовлетворить разнообразные потребности однодневного отдыха, отдыха выходного дня, еженедельного отдыха в течение года, отпускного отдыха. Учитывая тот факт, что для большей части населения Дальнего Востока поездки в западные регионы страны остаются труднодоступными, отдых в пригороде следует оценивать, как наиболее востребованный.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Правительства Хабаровского края «Оценка современного состояния ландшафтов пригородной зоны Хабаровской агломерации для обеспечения экологической безопасности населения и комфортности городской среды».

Библиографические ссылки

1. Земельный кодекс Российской Федерации : текст с изменениями и дополнениями на 14 февраля 2024 г. : [Электронный ресурс] // Гарант : информационно-правовой портал. URL: <https://base.garant.ru/12124624/4f1044cafcee58fdb43ae8a2051b019/> (дата обращения: 11.03.2019).

2. Ильин В. Н., Мулендеева А. В., Никитина А. С. Оценка ландшафтно-эстетической привлекательности пригородных лесов г. Чебоксары // Региональные геосистемы. 2021. Т. 45, № 3. С. 288–300.

3. Каткова Е. Как коронавирус меняет мировую туриндурию [Электронный ресурс] // Ведомости&, 2020. № 73. URL: <https://www.vedomosti.ru/partner/articles/2020/12/20/851707-antivirus-puteshestvii> (дата обращения: 02.04.2021).

4. Лавров В. В. Тенденции развития туризма в Российской Федерации в условиях новой экономической реальности // Петербургский экономический журнал. 2022. № 1–2. С. 178–185.

5. Мирзеханова З. Г., Дебелая И. Д., Масличенко В. А. Кадастр туристических ресурсов в системе управления рекреационным природопользованием (на примере Хабаровского края). Саарбрюкен : LAP LAMBERT, 2011. 250 с.

6. Поносов А. Н. Совершенствование подходов к определению размеров пригородных зон и организация землепользования при территориальном и экономическом развитии пригородных муниципальных образований на примере Пермской агломерации. Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2021. 181 с.

7. Сердюкова Н. К., Сердюков Д. А., Баль Н. В. Анализ трендов развития туризма и гостеприимства в условиях новой реальности // Естественно-гуманитарные исследования. 2022. № 40 (2). С. 254–262.

8. Bui P.L., Chen C. Tzu-Ling, Wickens E. Tourism industry resilience issues in urban areas during COVID-19 // International Journ. of Tourism Cities. 2021. N 7(3). P. 861–879.

9. Jiricka-Pürerer A., Brandenburg C., Pröbstl-Haider U. City tourism pre-and post-covid-19 pandemic–messages to take home for climate change adaptation and mitigation // Journ. of Outdoor Recreation and Tourism. 2020. N 31.

10. Koh E. The end of over-tourism? Opportunities in a post-Covid-19 world // International Journal of Tourism Cities. 2020. N 6(4). P. 1015–1023.

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ
УРБОЛАНДШАФТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ-СПУТНИКОВ МОСКВЫ)**

М. А. Мовчан

Институт географии РАН, г. Москва, Россия, movchan@igras.ru

В статье рассматривается один из наиболее актуальных вопросов, посвященных анализу динамики состояния урбанизированных ландшафтов с геоэкологической точки зрения. Приводятся результаты оценки мультитременных данных о наземном покрове городских территорий на основе космических снимков на 2014-2024 гг и последующей автоматической классификации. В качестве объекта выбраны города-спутники Москвы, а именно г. Видное. Обосновываются рекомендации по дальнейшему планированию и устойчивому урболандшафтов этих территорий.

Ключевые слова: геоэкологический анализ; урболандшафты; города-спутники; г. Видное; классификация; дешифрирование.

Введение. Актуальность и значимость темы обуславливается несколькими наиболее важными обстоятельствами: во-первых, тем, что геоинформационные методы, становятся все более часто применяемыми при геоэкологических исследованиях городов и находят широкое применение в т.ч в геоэкологической оценке урбанизированных территорий. Во-вторых, за последние десятилетия, в пределах ближайших городов-спутников Москвы, особенно, г. Видное наблюдается дисбаланс в размещении населения, градостроительства и транспортной сети. Этот факт также подтверждается ранее проведенными исследованиями автора в 2022-2023 гг. [3]. Эти обстоятельства приводят к чрезмерному влиянию антропогенных (воздействующих) факторов на развитие урболандшафтов, а также подавляют роль таких средоформирующих компонентов городской системы, как озелененные территории и зеленые зоны, что приводит к дисбалансу экологической ситуации. Проведение геоэкологического анализа динамики развития урбанизированных территорий – наиболее важная и актуальная задача, как в теоретическом, так и в прикладном плане, тесно связанная с развитием ГИС-технологий, методов ДЗЗ, дающих все больше возможностей для количественной оценки компонентов урболандшафтов городов и прослеживания тенденций их изменения.

Цель – проанализировать текущее состояние и динамику развития урбанизированных ландшафтов городов-спутников Москвы с использованием алгоритмов автоматической классификации, на примере г. Видное.

Город Видное является центром Ленинского городского округа Московской области. Общая площадь составляет около 20 км²; город и район являются административно объединенными с 2019 г. Населенный пункт расположен в 3 км южнее МКАД, на левом берегу реки Битца. По западной периферии города проходит федеральная трасса М4 «Дон» и Павелецкое направление железной дороги со станцией Расторгуево, являющимися основными транспортными магистралями, которые соединяют населенный пункт с Москвой [1]. С ландшафтно-экологической точки зрения стоит отметить, что исследуемая территория приурочена к физико-географической провинции Москворецко-Окская равнина, занимающая междуречье рек Оки и Москвы. В ее границах выделяют два природных района, соответствующих двум формам рельефа: Теплостанская моренно-эрозионная возвышенность на юге и Пахринская аллювиальная равнина на севере с диапазоном высот от 150 до 175 м с максимальной отметкой высоты 256 м [4]. Для местности характерны несущественные перепады высот, рельеф территории города в целом имеет возвышенный характер. В породном составе деревьев преобладают лиственные леса, представленные липой, дубом, ясенем и кленом, которые свойственны ландшафтной зоне смешанных и широколиственных лесов. Среди хвойной части древостоя выделяются две породы – сосна и ель, причем первая резко преобладает в черте города.

Материалы и методы. Материалами послужили мультитременные композиты снимков спутников Landsat 4-5 и 8-9 на вегетационный период (с апреля по октябрь) 2014 и 2024 годов соответственно [5]. В качестве методов применены алгоритмы автоматической классификации, реализуемой средствами программ SAGA и QGIS, а именно, неконтролируемой и контролируемой (с обучением на примере эталонных участков) [2, 7]. В первом случае, проводилась разбивка территории на кластеры для выяснения потенциальных или часто встречающихся классов, т. е. своего рода исследовательская классификация. На последнем этапе были задействованы открытые картографические данные, включающие дорожную сеть, здания, зеленые зоны и т.п. для верификации [6], а также ГИС-технологии для определения динамики

изменения урболандшафтов. Такого рода анализ, особенно классификация с обучением, позволяет выделить типы наземного покрова с достаточной степенью достоверности и проследить тенденцию его изменения. Непосредственно само исследование включало в себя 5 основных этапов, рис 1.

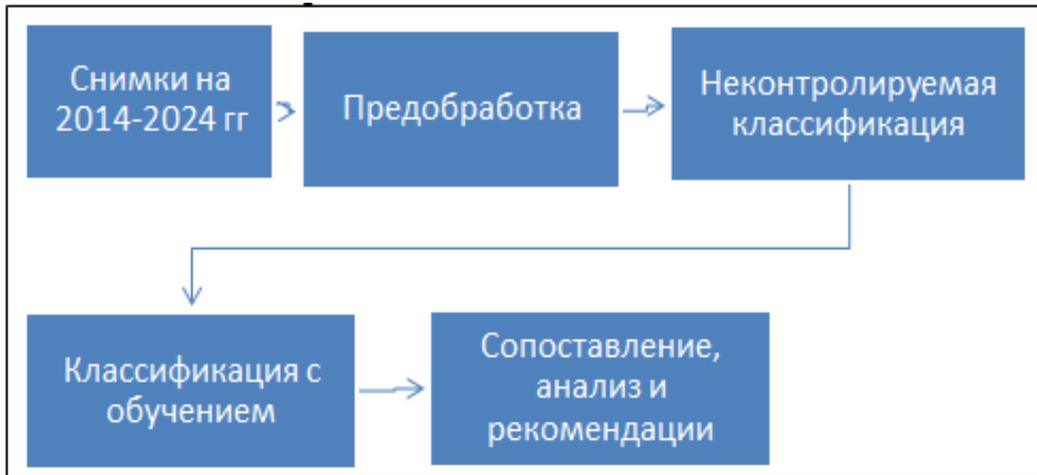


Рис. 1. Методические этапы исследования динамики урболандшафтов

Результаты и обсуждение. На основании проведенных классификаций космических снимков на территории городов-спутников Москвы и последующего сопоставления были выделены следующие типы ландшафтного покрова: искусственные покрытия (частная и многоэтажная застройка); водные объекты; открытые запечатанные пространства (парковки и улично-дорожная сеть, промышленные зоны); зеленые зоны (леса и лесопарки) и озелененные территории, рис 2. По результатам проведенных расчетов для территории г. Видное (рис 2 б) установлено, что относительно большой вклад (на текущий период) вносят искусственные типы наземного покрова, такие как частная (около 20 % от площади территории) и многоэтажная застройка (10 %), что обусловлено активным освоением территории и трансформацией городов-спутников в спальные районы. Этот тип наземного покрова свойствен, в большинстве своем, периферии города. Зеленые пространства составляют порядка 25-30 % площади территории, что указывает на достаточно удовлетворительную сохранность существующих зеленых зон (лесопарков) и сравнительно высокую долю озелененных территорий центральной части города. Стоит также отметить, что сравнительно небольшую долю имеют открытые пространства – порядка 8 %, это связано с тем, что среди них преобладает дорожная сеть, имеющая компактное (линейное) распространение.

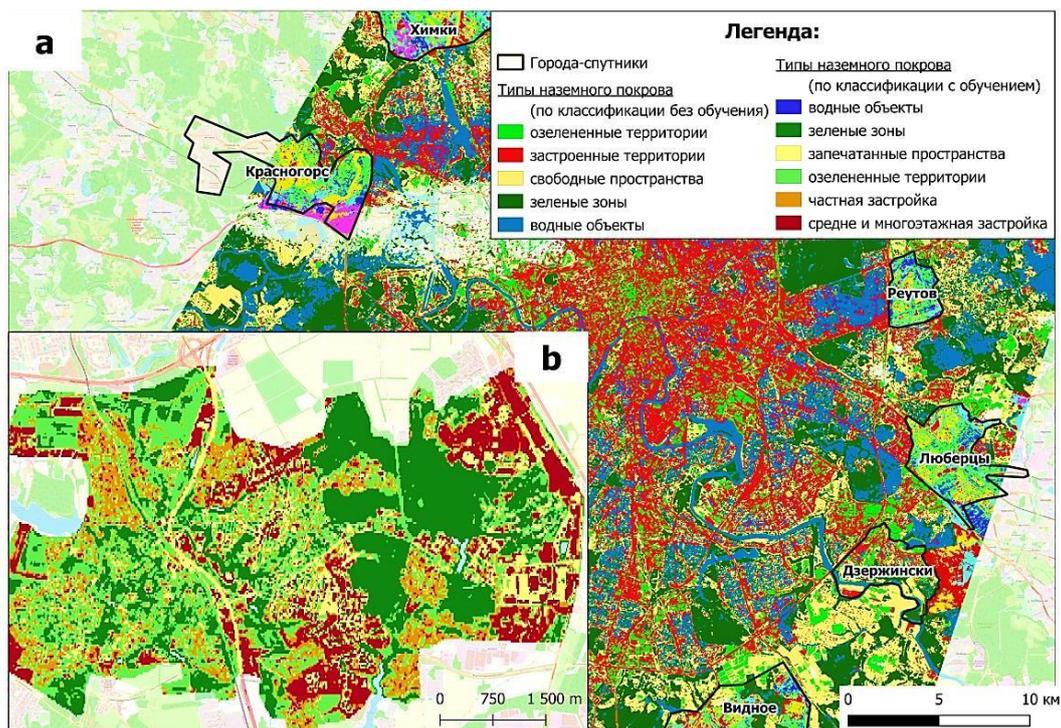


Рис. 2. Классы наземного покрова:
a – на основе алгоритмов неконтролируемой классификации; *b* – с обучением

Далее был проведен анализ динамики состояния урбанизированных ландшафтов г. Видное в период с 2009 по н.в (2024 г.), с помощью инструмента измерения площадей и модуля определения изменений (change detection). Установлено, что в исследуемый период отмечается существенный прирост площади искусственных типов покрытий, а именно многоэтажной застройки, некоторое сокращение доли зеленых зон и увеличение площади озелененных территорий. В количественном выражении это составляет от 3 до 4 км² для средне и многоэтажной застройки, примерно 3.5 для зеленых зон и 5-6 км² для озелененных территорий, рис 3. Такие результаты обусловлены, по всей видимости, активным освоением территории города в последние 10 лет. А именно, массовая периферийная застройка, интенсивное развитие транспортной сети и т. д. Вместе с тем, отмеченный в ходе исследования, прирост площади озелененных территорий, вероятнее всего, связан с точечным озеленением новых микрорайонов.

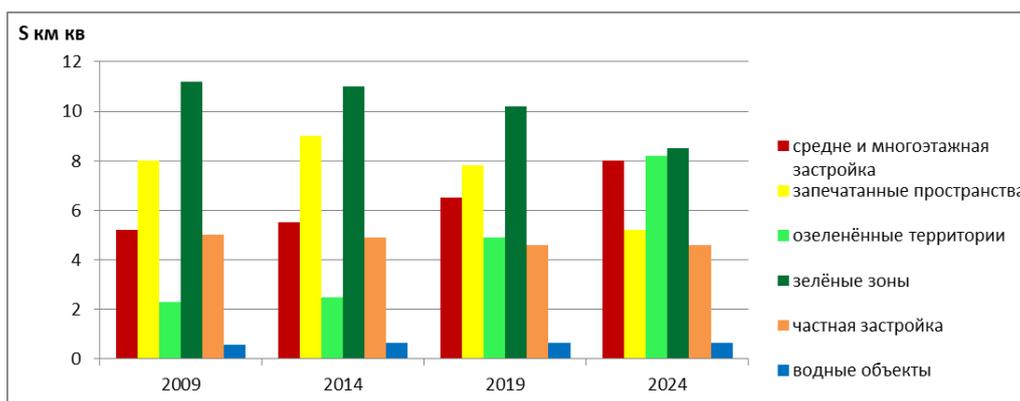


Рис. 3. Динамика состояния урбандиагностики г. Видное с 2014 по 2024 гг.

По результатам сравнения космических снимков была построена карта изменений ландшафтного покрова, отражающая вероятностные изменения его структуры для г. Видное. Наибольшие и высокие значения (>0.7 и $0.5-0.7$ ед) свойственны периферии и соответствуют территории промзоны, сведенным с/х угодьям, проектируемым автомобильным дорогам и жилым микрорайонам. Для большей же части города характерны минимальные или близкие к ним изменения со значениями в пределах $0.2-0.4$ ед., рис 4.

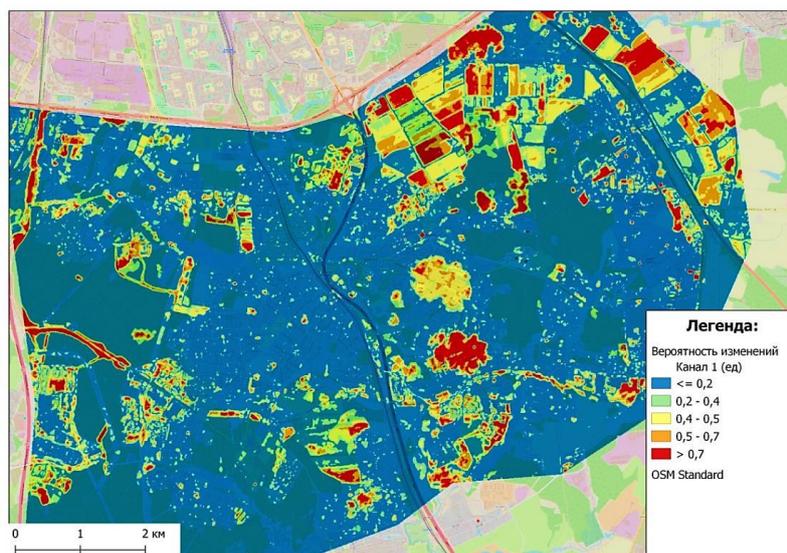


Рис. 4. Вероятностные изменения наземного покрова с 2014 по 2024 гг.

Заключение. Таким образом, по результатам автоматической классификации составлена карта наземного покрова на территории городов-спутников Москвы за 2009 г и текущий период. Задействованы алгоритмы неконтролируемой классификации и более подробной, с обучением на примере г. Видное.

В ходе анализа динамики изменения урболандшафтов установлено, что отмечается интенсивный прирост территорий многоэтажной застройки и сокращения зеленых зон.

На основании результатов исследований в качестве рекомендаций по контролю динамике развития урболандшафтов и территориальному планированию города в будущем целесообразно предложить следующие меры:

– благоустройство периферийных территорий, включая вертикальное озеленение, создание сети лесопарков, оборудование дополнительных водных объектов рекреационного назначения, оборудование многоэтажных парковочных мест за пределами жилых комплексов;

– ограничение этажности зданий, регламентирование площади застройки, за счет использования потенциала открытых пространств, при дальнейшем проектировании новых микрорайонов;

– проведение экологической реновации устаревшего жилья в центральной части города, включая капитальный ремонт зданий, использование офисных помещений и т. д.

Библиографические ссылки

1. Администрация городского поселения Видное Ленинского муниципального района Московской области. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: http://vidnoe.adm-vidnoe.ru/?show=o_g_vidnoe (дата обращения: 10.09.2024).

2. Леванков А. Н., Дудкин А. А. Нейросетевая идентификация неиспользуемых сельскохозяйственных земель на снимках дистанционного зондирования земли в системе QGIS // Седьмая Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics. BIG DATA и анализ высокого уровня». Минск, 19-20 мая 2021. С. 102-109.

3. Мовчан М. А. Изучение экологического каркаса урболандшафтов с использованием методов ДЗЗ и больших данных (на примере юга ближнего Подмосковья) // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения: материалы XIV Международной ландшафтной конференции. Воронеж, 17 – 21 мая 2023. С. 103-105.

4. Московская область. Атлас ГУГК 1976 года. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oldmoscowmaps.ru/v/1976/> (дата обращения: 10.09.2024).

5. Copernicus Open Access Hub. Центр открытого доступа космических снимков. [Электронный ресурс]. URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (дата обращения: 10.09.2024).

6. Open Street Map, Data. Сайт открытых данных. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.openstreetmap.org/#map=2/69.6/-74.9> (дата обращения: 10.09.2024).

7. Przemysław Aszkowski, Bartosz Ptak, Marek Kraft. Deepness: Deep neural remote sensing plugin for QGIS // SoftwareX 23: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.elsevier.com/locate/softx> (дата обращения: 10.09.2024).

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ БУРУНДИ

Т. Н. Осипова, Д. Нгендакумана, Н. А. Нехуженко

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,
t.osipova@spbu.ru*

Исследованы основные климатические характеристики тепло- и влагообеспеченности агроландшафтов Бурунди. Показаны пространственные различия в распределении данных характеристик. Выявлена неодинаковая степень сезонности осадков в разных агроэкологических районах, что является лимитирующим фактором для растениеводства в условиях неорошаемого земледелия.

Ключевые слова: агроландшафты Бурунди; теплообеспеченность; влагообеспеченность; пентадная сумма осадков; сезонность осадков; относительная энтропия.

Введение. Высокая доля сельского хозяйства в ВВП африканского региона оставалась стабильной на протяжении последних 50 лет, тогда как доля других регионов сильно снизилась. Исторически самой высокой была доля сельского хозяйства в ВВП в Восточной Африке, однако в последние годы наблюдается ее снижение. При этом уровень и темпы роста урожайности в Африке отстают от других регионов [7]. Неполивное земледелие становится все более уязвимым, а применяемые методы ведения сельского хозяйства оказывают все большее давление на естественные ресурсы, что, в свою очередь, приводит к дальнейшей экологической деградации агроландшафтов. В наши дни мировым научным сообществом разрабатываются и реализуются многочисленные проекты, способствующие развитию климатически устойчивых систем производства продуктов питания и раскрытию биоклиматического потенциала стран Восточной Африки, к числу которых относится Бурунди. Бурунди с населением 12 889 576 человек и площадью 27 834 км² является одной из густонаселенных стран Восточной Африки. Ее экономика остается не очень диверсифицированной с преобладанием натурального сельского хозяйства, которое очень чувствительно к климатическим условиям. Около 80 % бурундийцев зарабатывают на жизнь сельским хозяйством, на долю которого приходится 39,6 % ВВП, 84 % занятости и 95 % поставок продовольствия [3]. Текущая урожайность сельскохозяйственных культур и уровень развития животноводства в стране остается ниже потенциальной доходности. В связи с этим в «Национальном плане развития на период 2018-2027» приоритетное внимание уделено проблемам сельскохозяйственного

и животноводческого сектора, а также вопросам продовольственной безопасности [6]. Основной стратегической целью является повышение темпов развития сельскохозяйственного производства на основе фундаментальных исследований.

Целью данной работы является исследование климатических особенностей агроландшафтов в различных регионах Бурунди.

Материалы и методы исследований. Для исследования были использованы ежедневные данные по температуре воздуха, количеству осадков за период с 1992-2021 гг., полученные на восьми метеорологических станциях, расположенных в разных природных районах страны (рис.1).

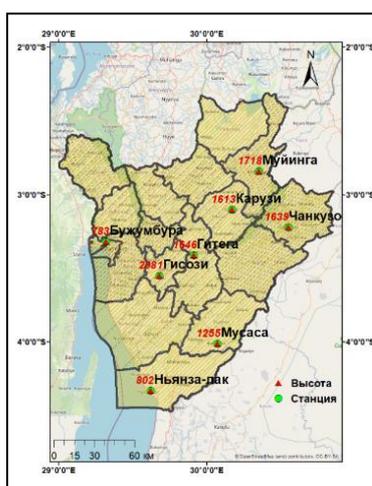


Рис. 1. Расположение метеостанций и их абсолютные высоты

Результаты и их обсуждение. Территория Бурунди расположена в субэкваториальном климатическом поясе между $2^{\circ}30'$ ю. ш. и $4^{\circ}30'$ ю. ш. и $28^{\circ}50'$ в. д. и $30^{\circ}54'$ в. д. Среднегодовая температура составляет $22-25^{\circ}\text{C}$ на плоскогорьях и $27-28^{\circ}\text{C}$ на западных равнинах, в горных районах $17,5^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков колеблется от 750 мм на северо-востоке и северо-западе Бурунди до более 2000 мм в горных районах. Территория Бурунди расположена на очень пересеченной местности, для нее характерны мезоклиматические различия. Территорию разделяют на 5 эколого-климатических регионов [2]: западная равнина (La plaine de l'Imbo); западное высокогорье и предгорье Мумирвы (Les Mirwe); хребет Конго-Нил (La Crête Congo Nil) или западное высокогорье; центральные плато (Les Plateaux Centraux); восточная впадина Кумосо и впадина Бугесера, расположенная на северо-востоке Бурунди (Les Dépression du Nord et de L'Est) (рис.2).

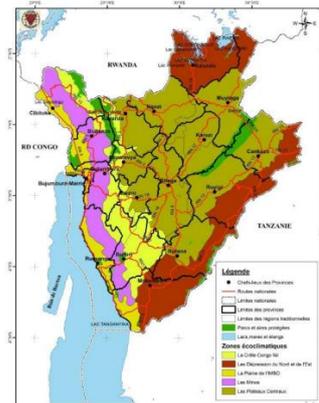


Рис. 2. Карта климатических районов.
Составлено по: [2]

Согласно районированию, проведенному FAO, агроландшафты Бурунди относятся к тропической равнинной гумидной и субгумидной, а также горной гумидной и субгумидной агроэкологическим зонам [4]. По степени теплообеспеченности территория Бурунди относится к теплому термическому поясу, для которого сумма температур выше 10 °С составляет 4000-8000 °С и к жаркому поясу с суммой активных температур 8000-10 000 °С [1]. Суммы активных температур выше 10 °С распределяются по территории неравномерно, что объясняется неоднородностью рельефа. Максимальные значения 9478 °С наблюдаются на станции Бужумбура, минимальные 6635 °С - на станции Гисози. Межгодовая изменчивость сумм температур незначительна, самое высокое значение коэффициента вариации среди всех станций составляет 4 % (на станции Карузи).

По данным всех станций в годовом ходе осадков выделяется два сезона: сезон дождей и засушливый сезон. В течение сезона дождей с октября по май выпадает основная часть годового количества осадков, с июня по сентябрь - меньшая часть. Необходимо отметить, что внутри сезона дождей в январе-феврале выделяют так называемый «короткий засушливый сезон» с незначительным уменьшением количества осадков. Характерной особенностью засушливого сезона является полное отсутствие осадков в отдельные месяцы и большая межгодовая изменчивость их количества. На северо-западе страны, где находятся обширные низменности, среднее годовое количество осадков 764 мм, минимальное 377 мм, максимальное 1104 мм (станция Бужумбура). В месяцы засушливого сезона осадки менее 6 мм наблюдаются в 90 % всех случаев. Годовое количество осадков обеспеченностью 90 % составляет 545 мм, обеспеченностью 10 % - 963 мм. Коэффициент вариации годовой суммы осадков 21 %. В районе хребта Конго - Нил на станции Гисози среднее годовое количество осадков 1500 мм, минимальное 1053 мм, максимальное 2026 мм. Сумма

осадков 90 % обеспеченности составляет 1228 мм, 10 % обеспеченности - 1740 мм на станции Гисози. Коэффициент вариации годовой суммы осадков 15 %.

Анализ результатов расчета индекса засушливости Педя (S_i) показал, что в засушливый сезон условия увлажнения могут значительно изменяться год от года, т. е. коэффициент S_i может быть как, положительным, так и отрицательным. В те годы, когда коэффициент больше 2,0 риск неурожая может повышаться. В период 1992-2021 гг. засухи наблюдались на всех станциях, кроме ст. Мусаса. Наибольшая повторяемость таких случаев наблюдалась в горном районе на станции Гисози, там, где выпадает в сухой сезон больше осадков, чем в других районах и где выращивают важные экспортные культуры. В Бурунди, где сельскохозяйственная деятельность осуществляется на неполивных землях, осадки являются определяющим фактором успешного растениеводства. Сезонность осадков является ключевой особенностью климата приэкваториальных областей, влияющей на урожайность сельскохозяйственных культур в неорошаемом земледелии. Тем более, что в субэкваториальном климатическом поясе характер режима выпадения осадков на небольших по площади территориях может значительно различаться. Согласно внутригодовому ходу пентадных сумм осадков на территории Бурунди можно выделить два типа годового хода: унимодальный с «растянутым пиком» и переходный от унимодального к бимодальному (рис.3). В отдельные годы продолжительность как сезона осадков, так и засушливого сезона может значительно отличаться от средних многолетних значений.

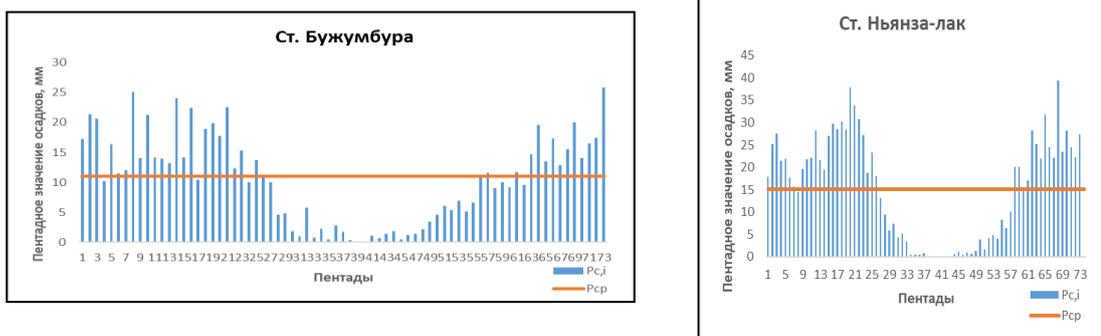


Рис. 3. Типы внутригодового хода пентадной суммы осадков:
 Бужумбура – унимодальный тип с «растянутым пиком»,
 Ньянза-лак – переходный тип от унимодального к бимодальному

Для определения меры сезонности осадков, была рассчитана относительная энтропия (RE) по методике, предложенной Feng et al [5]. В данном случае относительная энтропия рассматривается, как мера ежемесячной изменчивости количества осадков. Энтропия количественно определяет

степень концентрации осадков в сезон дождей. Относительная энтропия RE_k для данного календарного года k (с 1992 г. по 2021 г.), где $k \in [1,30]$, является мерой того, насколько отличается фактическое распределение осадков от равномерного распределения в течение года.

$$RE_k = \sum_{m=1}^{12} P_{k,m} \log_2(P_{k,m} / q_m) \quad (1)$$

$$P_{k,m} = r_{k,m} / R_k \quad (2)$$

где, $P_{k,m}$ - фактическое значение вероятности выпадения осадков в данном месяце, $q_m = 1/12$ - теоретическое значение вероятности количества осадков при несезонном (равномерном) режиме выпадения осадков, $r_{k,m}$ - количество осадков в месяце m года k , R_k - годовое количество осадков года k .

Теоретически показатель RE_k равен нулю, когда осадки равномерно распределены по всем месяцам года, (т.е. когда $r_{k,m} = q_m = 1/12$ для $m \in [1,12]$) и достигает максимального значения, когда осадки сконцентрированы в одном месяце ($\log_2 12 = 3,585$). Значение энтропии распределено по территории неравномерно, изменяясь от 0,33 до 0,48, в разных районах осадки распределяются неодинаково в течение сезона дождей (рис.4). Также эти значения имеют большую межгодовую изменчивость. Так, в 1997 г. большая часть годового количества осадков была сконцентрирована в нескольких месяцах сезона дождей ($RE > 0,60$), что привело к засухе на станциях Ньянза-Лак, Гисози, Гитега и Муинга.

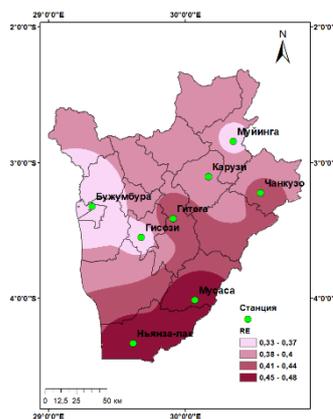


Рис.4. Распределение относительной энтропии (RE_k) по территории Бурунди

Заключение. Анализ результатов проведенного исследования позволяет сделать вывод о том, что агроландшафты Бурунди различаются по климатическим условиям. Широкий диапазон сумм активных температур

и их слабая межгодовая изменчивость позволяют выращивать разнообразные культуры в течение всего года и получать до трех урожаев. Лимитирующим фактором для растениеводства являются осадки и в большей степени характер их распределения в течение года. Низкий уровень сезонности во влажных регионах позволяет эффективно использовать высокие ежегодные количества осадков при двойном урожае. Высокая сезонность в таких районах имеет тенденцию ограничивать двойной сбор урожая. И наоборот, низкая сезонность является проблематичной в засушливых районах, например, на северо-западе страны, так как небольшое количество осадков в течение продолжительного периода может ограничить значимость сезона дождей для урожая. Дополнительным лимитирующим фактором является аномальная засушливость сухого периода в отдельно взятые годы.

Библиографические ссылки

1. *Кольмакова Е. Г.* Агроклиматические ресурсы Африки // Весткі з ВНУ Географія. 2015. № 8. С. 23-25.
2. *Activité de zonage des moyens d'existence du Burundi.* 2021. URL: <https://fews.net/fr/east-africa/burundi/description-des-moyens-dexistence/novembre-2009> (дата обращения: 23.04.24).
3. *Compact Burundi pour l'alimentation et l'agriculture.* 20-Feb-2023. URL: <https://www.afdb.org/en/documents/burundi-pacte-pour-l'alimentation-et-l'agriculture#:~:text=Le%20P> (дата обращения: 07.08.24.).
4. *Gloal Agro-Ecological Zones. GAEZ v4 Data Portal.* URL: <https://gaez.fao.org/> (дата обращения: 14.02.24).
5. *Feng X., Porporato A., Rodriguz-Iturbe I.* Changes in rainfall seasonality in the tropics. *Nature Climate Change.* Vol 3. September, 2013. P. 811-815.
6. *Plan National de Développement 2018-2027 (PND Burundi 2018-2027).* 2018. 139 p. URL: <https://www.presidence.gov.bi/wp-content/uploads/2018/08/PND-Burundi-2018-2027-Versio> (дата обращения: 05.06.23).
7. *Suri T. and Udry C.* Agricultural Technology in Africa // *Journal of Economic Perspectives.* Vol. 36. Number 1. Winter, 2022. P. 33–56.

РАЗРАБОТКА ИНДИКАЦИОННОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ВЫРАБОТАННОГО ТОРФЯНИКА

Т. В. Орлов¹⁾, М. В. Архипова¹⁾, В. В. Бондарь¹⁾, К. Л. Шахматов²⁾

¹⁾ *Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН), Москва, Россия,
tim.orlov@gmail.com*

²⁾ *Тверской государственный технический университет (ТвГТУ), Тверь, Россия*

Исследование было проведено на примере западного участка болотной системы Оршинский Мох в Тверской области, на котором не выполнялось вторичное обводнение. Целью работы являлось предложение критерия, позволяющего дать оценку степени трансформации структуры болотного ландшафта. Была предложена матрица изменений ландшафтных фаций на основании групп микроландшафтов и GEST подхода. На основании матрицы был предложен критерий трансформации структуры болотного ландшафта. Показано, что 75 % изучаемого участка сильно трансформировано по сравнению с природными болотными ландшафтами и имеет значение критерия 3-4 (при максимуме 4, минимуме 0).

Ключевые слова: торфяники; мониторинг ландшафтов; дешифрирование; индикация трансформации.

Введение. В настоящее время осушенные и выработанные торфяники занимают большие площади в разных регионах мира. Эти объекты активно разрабатывались в советское время, однако, с начала 90-х годов масштабы торфодобычи заметно сократились и большинство из разрабатываемых торфяников были заброшены. Сейчас торфяники представляют собой пожароопасные участки территории, а также участки эмиссии парниковых газов.

В большинстве своем торфяные месторождения это обширные олиготрофные системы, обладающие всей комплексностью и определенной гетерогенностью, характерной для олиготрофных массивов лесо-болотной зоны.

В процессе выработки торфяного месторождения происходил процесс углубления осушительных каналов, извлечения верхних горизонтов торфяной залежи. Таким образом, к окончанию выработки в пределах торфяника сохраняется остаточная мощность торфа.

В редких случаях, когда осушительная система не выполняет свою функцию, а позволяет удержать уровень болотных вод на уровне поверхности, можно ожидать развитие нарушенного торфяника по пути восстановления естественного болотного ландшафта. В большинстве случаев осушительная система продолжает работать. Дальнейшее развитие нарушенного торфяника идет по особому пути. При этом пространственная ландшафтная структура подобных объектов, и в том числе условия и причины ее формирования, напрямую обуславливают как путь развития нарушенного торфяника, так и процессы на ней происходящие.

Таким образом, как и для естественной системы, характерными параметрами формирования болотного ландшафта нарушенного торфяника являются: остаточная торфяная залежь; регулируемый осушительной сетью уровень болотных вод; особые растительные комплексы. Кроме того, очень существенную роль в формировании ландшафтной структуры нарушенного торфяника играют пожары.

Многие исследователи занимались космическим мониторингом растительности и пожароопасности на выработанных болотах [8,9]. А.А. Сирин с соавторами отмечали, что наиболее пожароопасны фрезерные поля, заброшенные в начале 1990-х годов. Были разработаны основные признаки спектрального дешифрирования торфоразработок [4]. Маслов Б. с соавторами в 2017 г. [3] провел исследование по расчету допожарных характеристик на торфяных болотах. Орлов Т.В. и Шахматов К.Л. [6] применяли целый ряд методик дистанционного зондирования для изучения динамики растительности для обводненных торфяников.

Вопросы осушения и выработки болот изучались многими исследователями, как в России [1,2,7], так и за рубежом [10, 12]. Были описаны характерные свойства осушения, и последствия, к которым приводило осушение [7, 1]. Вопросы процессов восстановления, в том числе зарастания растительными сообществами, в пределах выработанных болот, изучались заметно меньше. Но основные тенденции описаны [6], выделяется несколько стадий зарастания выработанных болот для карьеров гидроторфа и для фрезерных полей. Однако, эти стадии описаны бегло, и не приводятся четкие цифры и сроки. Л.В. Муравьевой [5] были предложены подходы к оценке нарушенности торфяников путем измерения ряда абиотических факторов. Автором был предложен набор параметров: глубина, минерализация грунтовых вод; мощность, влажность, степень разложения, зольность, рН

торфа, мощность торфа, степень разложения торфа, зольность торфа, рН торфа; продуктивность растительных сообществ, площадь проективного покрытия, доля площади участка, на котором идут восстановительные процессы, доля площади участка, не подверженная пожарам. Однако этот набор был обоснован недостаточно. Так же данный подход не использует представление о том, что нарушенный торфяник после 30 лет своего развития, является достаточно стабильной системой, находящегося в состоянии равновесия. И каждая геосистема внутри торфяника находится на своем уровне трансформации. Поэтому представляется обоснованным использовать индикационные свойства наблюдаемых компонентов, в первую очередь растительности, для выявления уровней трансформации, как отражения равновесного состояния геосистем.

После выработки торфа болотный массив представляет собой относительно однородную и относительно ровную поверхность, разделенную каналами, с примерно одинаковой мощностью торфа (1,2-2 м) и степенью обводнения.

Однако по прошествии определенного времени мы видим достаточно сложную и разнообразную мозаику фаций (микрорландшафтов) в пределах первоначально однородной поверхности.

Целью работы являлось предложить критерий, позволяющий оценить степень трансформации структуры ландшафта.

Материалы и методы исследований. Исследуемый участок представляет собой западную часть болота Оршинский мох, за пределами проектов обводнения, реализованных ранее, выбран участок площадью 1680 га в пределах нулевой границы торфяного месторождения. На этом участке присутствует широкий набор микрорландшафтов, характерных не только для Оршинского мха, но и других болот региона. Большая часть участка была выработана.

На участок была разработана карта современного состояния микрорландшафтов, на основании космической съемки и полевых работ 2024 года.

За основу разработки индикационного критерия было взято представление о том, что при стабильном изменении уровня болотных вод, что фации последовательно переходят из одного состояния в другое (меняют свой статус). При этом для комплексов, сформированных на верховом торфе, возникает своя система переходов, а для комплексов, сформированных на низинном торфе, формируется другая система переходов.

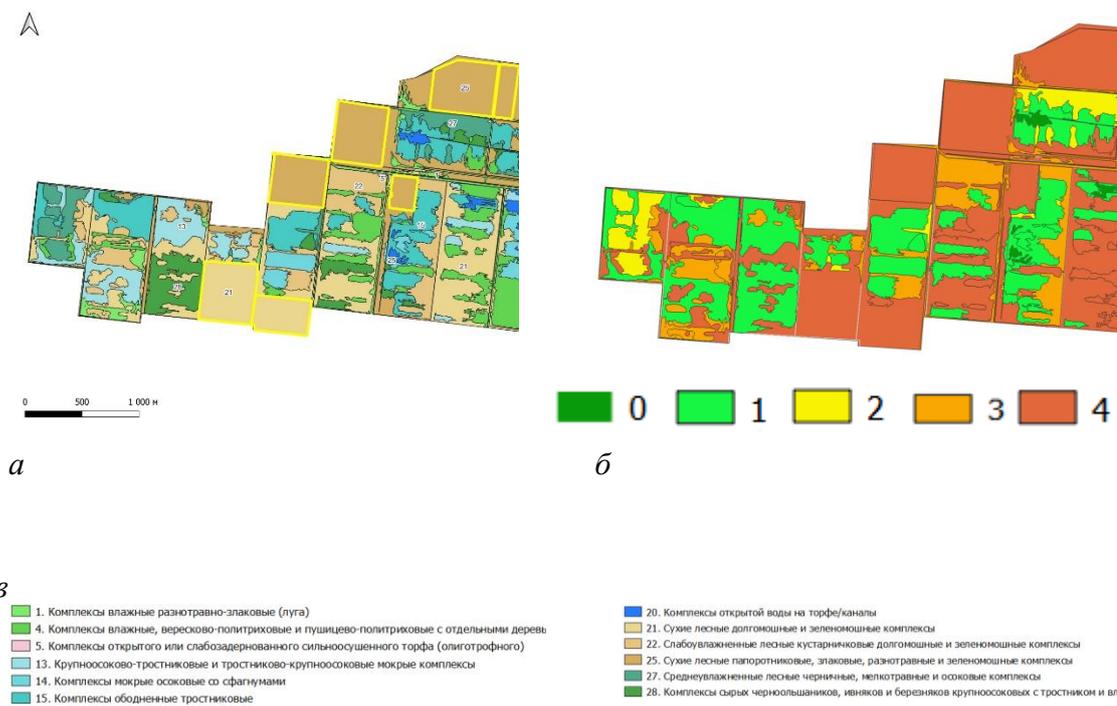
Эта идея положена в основу Методического руководства для оценки эмиссии парниковых газов с нарушенных торфяников [11] и может быть трансформирована в матрицу переходов. В рамках Методического руководства... [11] рассматриваются группы комплексов, являющиеся однородными участками эмиссии парниковых газов (GEST). К этим группам комплексов может быть отнесен целый ряд типов фаций. Однако на уровне разработки критерия, представляется более простым использовать именно группы комплексов.

Расположение микроландшафтов на осях трансформаций

Группа комплексов	Степень трансформации/влажность фации				
	4/сухие	3/умеренно влажные	2/влажные	1/сырые	0/ мокрые
открытые торфяники с болотной растительностью	вересковые зеленомошные		вересковые долгомошные	кустарничково-сфагновые пушицево-сфагновые	сфагновые с кустарничками и пушицей
залесенные олиготрофные комплексы	березняки долгомошн. и зеленомошные	леса (береза, сосна, ель) кустарничковые зеленомошные	леса (береза и сосна) кустарничковые частично со сфагнумом	леса (береза и сосна) кустарничковые и пушицевые сфагновые	сосняки сфагновые
залесенные эфтрофные и мезотрофные комплексы	леса (береза, осина, ива, посадки) папоротниковые, разнотравн.	леса (береза, сосна, ель) злаково-разнотравн.	леса (береза, сосна, ель) черничные, мелкотравные, осоковые	леса (береза, ольха черная) и ивняки крупноосоковые с тростником и влажно-травьем	леса (береза, ольха черная) и ивняки осоковые с тростником

Таким образом, на последнем этапе каждый микроландшафт был отнесен к определенному GEST, а также для каждого GEST была оценена степень трансформации системы в шкале от 0 до 4.

Результаты и их обсуждение. На основании карты микроландшафтов и матрицы переходов на выбранном участке было выделено 12 групп GEST комплексов (рис. 1 а, в).



Группы GEST комплексов:

а – современное состояние комплексов; *б* – Значение индикационного критерия трансформации микроландшафтов; *в* – условные обозначения к карте современного состояния комплексов

Далее для каждого комплекса была получена оценка трансформации в соответствии с разработанным критерием.

Заключение. Был предложен индикационный критерий трансформации микроландшафтов.

Выбранный участок торфяника был проанализирован с помощью предложенного критерия. Было показано, что участок находится в сильно-трансформированном состоянии (значения критерия 3-4), однако около 25 % участка находится в состоянии близким к естественному.

Библиографические ссылки

1. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России. Под общей редакцией чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой. Томск : ЦНТИ, 2005. С. 99.
2. Маслов Б. С. Вопросы истории мелиорации торфяных болот и развитие науки // Вестник ТГПУ. 2008. Выпуск 4 (78). С. 64-69.
3. Восстановление допожарных характеристик лесных насаждений на гари по данным космической съемки и полевых наблюдений // А. А. Маслов [и др.] // Лесохозяйственная информация. 2017. № 4.

4. Оценка состояния заброшенных торфоразработок по многоспектральным спутниковым изображениям // М. А. Медведева [и др.]. Исследование Земли из космоса, 2011. № 5. С. 80–88.
5. *Муравьева Л. В.* Изменение экологического состояния болотных геосистем при добыче торфа // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2012.
6. *Орлов Т. В., Шахматов К. Л.* Анализ эффективности работ по вторичному обводнению торфяников Тверской области с помощью данных дистанционного зондирования // Геоэкология. 2020. № 6. С. 74-82.
7. *Панов В.В.* Восстановление торфяных болот: учебный курс. Тверь–Москва : ООО «Издательство «Триада», 2021. С. 184.
8. Картографирование торфяных болот Московской области по данным космической съемки высокого разрешения / А. А. Сири́н [и др.] // Лесоведение. 2014. № 5. С. 65–71.
9. Как избежать торфяных пожаров // А. А. Сири́н [и др.] // Наука в России, 2011. № 2. С. 13-21.
10. *Joosten. H.* Convention on Wetlands. Global guidelines for peatland rewetting and restoration. Ramsar Technical Report. 2021. No. 11. Gland, Switzerland: Secretariat of the Convention on Wetlands.
11. *Jarašius L. et al.* 2022. Handbook for assessment of greenhouse gas emissions from peatlands. Applications of direct and indirect methods by LIFE Peat Restore. Lithuanian Fund for Nature, Vilnius, 201 p.
12. From Understanding to Sustainable Use of Peatlands: The WETSCAPES Approach / G. Jurasinski [et al.] // Soil Systems. 2020. 4. 10.3390/soilsystems 4010014.

ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ ХАБАРОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

А. В. Остроухов, Е. М. Климина

*Институт водных и экологических проблем Хабаровского федерального
исследовательского центра ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия, Ostran2004@bk.ru*

Проведена оценка степени трансформации ландшафтов пригородной зоны Хабаровской агломерации. Показано, что хозяйственная деятельность сосредоточена в пределах ландшафтов низменных полого-холмистых равнин. Проведен анализ данных по потерям леса и динамике пожаров как значимых факторов ухудшения качества ландшафтов. Выявлены ограничения в возможности экстенсивного прироста освоенных территорий для пригородной зоны, вследствие чего прирост селитебно-промышленных участков возможен лишь за счет изменения назначения освоенных ранее земель.

Ключевые слова: пригородная зона; оценка трансформации ландшафтов; данные дистанционного зондирования земли.

Введение. В условиях изменения национальной политики, предусматривающей «разворот на восток», актуальными становятся вопросы разработки научных основ обоснования и реализации приоритетных направлений региональной экологической политики в Приамурье. К их числу относятся и проблемы обеспечения экологической безопасности урбанизированных территорий. Важнейшим компонентом этих исследований является обеспечение объективной оперативной информацией о современном состоянии геосистем территории.

Развитие индустриального общества и научно-технический прогресс существенно повышают качество жизни населения, но одновременно приводят к росту ряда сопутствующих проблем, в том числе, усиление антропогенной нагрузки на территорию. Это связано как с выносом за город промышленных объектов, так и развитием малоэтажного жилищного строительства. Кроме того, пригородная зона крупных городов испытывает значительную рекреационную нагрузку, являясь традиционным местом организованного и стихийного отдыха горожан.

Все это делает актуальной оценку современного состояния и степени трансформации ландшафтов пригородной зоны Хабаровской агломерации, в том числе и на основе данных дистанционного зондирования Земли.

Материалы и методы исследований. Пространственной основой анализа ландшафтов территории пригородной зоны Хабаровской агломерации стала авторская инвентаризационная карта ландшафтов в масштабе

1: 200 000, созданная на основе анализа опубликованных и картографических материалов, данных ДЗЗ (Landsat-8, Sentinel-2 и др.) в программной среде ArcGIS 10.8. В пределах пригородной зоны выделены 63 вида урочищ (1184 контура), относящихся к 33 группам (по характеристикам наземного покрова), 6 подклассов ландшафтов: 1 - складчатых и складчато-глыбовых низкогорий, 2 - предгорий складчато-глыбовых, низменных равнин аллювиального (3) и делювиально-пролювиального (4) генезиса, аккумулятивных пойм малых и средних (5) и крупных (6) рек. В связи с высокой степенью антропогенной освоенности территории на ландшафтной карте также отдельно выделены антропогенно преобразованные земли различных типов.

Для анализа антропогенной трансформации территории группы ландшафтов объединены в 6 типов геосистем по характеристикам наземного покрова: освоенные земли (селитебные и промышленные, мелиорированные, сельскохозяйственные), лесные, лесо-лугово-болотные комплексы, лугово-болотные комплексы, пойменные, преимущественно лесные, пойменные, преимущественно лугово-кустарниковые.

Результаты и их обсуждение. Традиционно оценка уровня антропогенной трансформации урбанизированных ландшафтов у многих авторов рассматривается, прежде всего в аспекте анализа структуры земельных угодий [3]. Анализ полученных картографических материалов позволяет говорить о неравномерном распределении трансформированных земель в пределах пригородной зоны. Наименьшая степень трансформации характерна для ландшафтов складчатых и складчато-глыбовых низкогорий и предгорий, что связано с включением этих территорий в ООПТ федерального уровня (заповедник «Большехехцирский» и заказник «Хехцир»). Хозяйственная деятельность в поймах рек также сильно ограничена, причем ограничением выступают не только запреты и нормативы, но и большие внутри- и межгодовые колебания уровня реки Амур, приводящие к затоплению обширных территорий. В результате максимальная степень преобразования характерна для ландшафтов низменных полого-холмистых равнин делювиально-пролювиального (где уровень преобразованности достигает 25,3% территории) и особенно аллювиального (56,2 %) генезиса.

Дополнительно, для оценки динамики степени трансформации использовались данные Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover [5] (пространственное разрешение 10 м/пиксель) и Global Forest Change (GFC) [4] (пространственное разрешение 30 м/пиксель). Анализ данных по потерям леса за 2000 – 2022 гг. на основе материалов GFC показал, что за 22 года они составили 12,62 км² или 0,33 % от территории пригородной зоны. За этот же период восстановление лесной растительности произошло на территории в 3,03 км² (0,078 %).

При этом по данным Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover общая площадь лесных земель увеличивается, что связано с восстановлением древесной растительности (103,7 км²) на неиспользуемых мелиоративных системах и сельскохозяйственных угодьях, а также на постантропогенных пустошах. Потери леса, зафиксированные данными GFC в последние годы (2010-2023), связаны со строительством автодороги «обход Хабаровск», затронувшим территории лесных земель на юге пригородной зоны.

Одной из проблем, связанных с объективностью оценки трансформации пригородных земель, стала значительная несогласованность данных. Так, по данным GFC потери леса за 2000 – 2022 гг. составили 3 км², тогда как по материалам Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover за период с 2017 по 2023 гг. они достигли величины 65,13 км², а лесовосстановление – 12,62 и 102,54 км² соответственно. Это скорее всего связано с относительно низкой точностью при автоматической классификации данных Sentinel-2, которая по данным [7] в среднем составляет 76,4 %, варьируя от 50 – 58,7 % сельскохозяйственных земель и лесов, до 82 – 100 % для селитебно-промышленных зон и воды. Последняя категория земель показывает двукратную динамику, что так же связано с большими колебаниями водности реки Амур как в течении летнего сезона, так и межгодовую.

Наряду с дешифрированием данных ДЗЗ большое значение для анализа динамики состояния геосистем, по мнению ряда исследователей, имеют различные разновременные вегетационные индексы. Наиболее распространенным из них является NDVI (Normalized difference vegetation index) [1], но для исследуемой территории, как и для Хабаровского края, характерны большие межгодовые различия климатических характеристик. Это приводит к значительным колебаниям продуктивности и, как следствие, затрудняет применение разновременных данных NDVI для оценки динамики состояния геосистем. Вторым ограничивающим фактором выступает высокая циклоническая активность в период максимальной вегетации [2]. В результате для территории пригородной зоны с 2016 по 2023 годы удалось подобрать только 2 безоблачных снимка Landsat-8 за период с июля по сентябрь.

Альтернативой этому может стать применение данных NDVI, полученных с одного снимка для сравнительного анализа развития растительности в разных типах геосистем [2]. Для пригородной зоны расчет NDVI произведен по снимку за 4 сентября 2022 года. Средние значения индекса получены методами зональной статистики для каждого контура. Результаты показывают значимые различия индекса для различных видовых групп ландшафтов и типов геосистем. Например, максимальных величин он достигает для сельскохозяйственных угодий, смешанных широколиственно-мелколиственных, лиственных и светлохвойно-лиственных лесов, тогда как его минимальные значения характерны для горных каменноберезняков и кустарничково-сфагновых болот.

Для района исследований одним из значимых факторов, связанных с деятельностью человека, прямо и косвенно оказывающий большое влияние на наземные и водные геосистемы, являются ландшафтные пожары. Ранее на основе обработки и анализа долговременных рядов данных ДЗЗ среднего пространственного разрешения (Landsat – 5, 7, 8) за 1984–2022 гг. была выполнена оценка площадей пожаров Среднеамурской низменности в Хабаровском крае Российской Федерации [6]. На основе этих материалов для пригородной зоны были выделены территории, пройденные пожарами в весенний период. За это время минимальные масштабы пирогенного воздействия наблюдались в 1984, 2010, 2011, 2020 годах, когда пожарами было охвачено 3,6, 2,6, 3,5 и 4,0 % территории соответственно, тогда как в самые неблагоприятные годы (1997, 2005, 2009) этот показатель превышал 30 %, достигнув в 2001 году 40,1 %. Среднемноголетний уровень пирогенного воздействия составляет 16,6 %.

Пространственный анализ полученных данных позволил оценить повторяемость природных пожаров для разных типов растительности. Было выявлено, что значительные площади территорий подвергались воздействию огня многократно – от 2 до 36 раз за 39 лет. Суммарная площадь пожаров за этот период составила более 24,43 тыс. км² или 633 % от площади территории. Из них на долю лесных пожаров приходится только 6,8 %, тогда как максимальные масштабы и повторяемость пожаров характерны для луговых и лугово-болотных (23,7 % площадей пожаров) и пойменных (61,1 %) геосистем. С учетом кратности прогорания площадь пожаров в последних составляет 1685 % от их площади.

Заключение. Несмотря на значительное ландшафтное разнообразие пригородной зоны Хабаровской агломерации, хозяйственная деятельность сосредоточена в пределах ландшафтов низменных полого-холмистых равнин делювиально-пролювиального и особенно аллювиального генезиса, где трансформации подверглись 25,3 и 56,2 % территории соответственно.

Наряду с изменением площадной структуры земель за счет освоения территории значимым фактором являются ландшафтные пожары. Анализ долговременных рядов данных ДЗЗ за 1984–2022 гг. показывает, что в самые неблагоприятные годы площадь пожаров превышает 30 % от общей площади территории, а среднемноголетний уровень пирогенного воздействия составляет 16,6 %. Суммарная площадь пожаров за этот период составила более 24,43 тыс. км² или 633 % от площади территории, то есть значительные площади территорий подвергались воздействию огня многократно – от 2 до 36 раз за 39 лет. Максимальные масштабы и повторяемость пожаров характерны для луговых и лугово-болотных (23,7 % площадей пожаров) и пойменных (61,1 %) геосистем.

Все это позволяет говорить, что возможности экстенсивного прироста освоенных территорий для пригородной зоны Хабаровска во многом

исчерпаны, а прирост селитебно-промышленных территорий возможен лишь за счет изменения назначения освоенных ранее земель, что и подтверждается данными GFC и Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover за 2017 – 2023 годы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Правительства Хабаровского края «Оценка современного состояния ландшафтов пригородной зоны Хабаровской агломерации для обеспечения экологической безопасности населения и комфортности городской среды».

Библиографические ссылки

1. *Епринцев С. А., Архипова О. Е.* Анализ экологической комфортности урбанизированных территорий Воронежской области по данным дистанционного зондирования Земли // Вестник Воронежского государственного университета. Серия География. Геоэкология. 2018. № 4. С. 85–91.

2. *Остроухов А. В., Клевцов Д. Р.* Информативность вегетационных индексов для оценки послерубочного восстановления темнохвойных лесов Северного Сихотэ-Алиня по данным со спутников серии Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 5. С. 194-204.

3. *Стреха Н.Л.* Оценка антропогенной трансформации ландшафтов пригородной зоны крупного города // Антропогенная динамика ландшафтов и проблемы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия: Материалы II Респ. науч. практ. конф., Минск, 1-2 дек. 2004 г. / Отв. ред.: И. Э. Бученков, А. В. Хандогий. Мн. : Бгпу, 2004. С. 45–46.

4. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change / M. C. Hansen [et al.] // Science. 2013. 342 (15 November) : . 850. 53. URL: <https://glad.earthengine.app/view/global-forest-change> (date of access: 02.11.2023).

5. *Karra K.* Global land use / land cover with Sentinel 2 and deep learning. / K. Karra [et al.] // 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS, 2021. P. 4704-4707.

6. Estimating Long-Term Average Carbon Emissions from Fires in Non-Forest Ecosystems in the Temperate Belt / A. Ostroukhov [et al.] // Remote Sensing/ 2022. Vol. 14. № 5.

7. *Topaloğlu R. H., Sertel E., Musaoglu N.* Assessment of classification accuracies of Sentinel-2 and Landsat-8 data for land cover / use mapping // ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XLI-B8. 1055-1059. 10.5194/isprsarchives-XLI-B8-1055-2016.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛАНДШАФТОВ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

М. Н. Петрушина

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия, mnpetrushina@mail.ru

На основе полевых исследований, повторных описаний, анализа дистанционного материала выявлены современное состояние и особенности динамики ландшафтов Тебердинского национального парка и НП «Приэльбрусье» с начала XXI века. Отмечены разнонаправленные изменения площади и состояния горно-луговых и горно-лесных ландшафтов в результате антропогенного воздействия и климатических флуктуаций. Наибольшее сокращение площади и ухудшение экологического состояния типичны для лесных ландшафтов днищ долин.

Ключевые слова: состояние ландшафтов; национальные парки; Северный Кавказ; динамика ландшафтов; рекреационное воздействие.

Введение. Северный Кавказ – один из наиболее известных горных регионов России с удобным экономико-географическим положением, высоким биологическим и ландшафтным разнообразием, богатыми природными ресурсами, историческим и культурным наследием, что способствует его активному рекреационному освоению, особенно в последние десятилетия. В соответствии со Стратегией развития туризма на территории региона до 2035 г. это направление остается одним из приоритетных [2]. Наряду с созданием новых туристско-рекреационных кластеров идет расширение и модернизация существующих горных курортов, в том числе расположенных на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), отличающихся живописными ландшафтами и наиболее высоким рекреационным потенциалом.

Усиление антропогенной деятельности в регионе проявляется на фоне современных климатических изменений – увеличения среднегодовой температуры, преимущественно за счет летней, некоторого снижения летних осадков, росте контрастности межгодового, межсезонного и внутримесячного выпадения осадков [1,4], что обуславливает активность стихийных процессов, в первую очередь деградацию оледенения, сход снежных лавин и селевых потоков, наводнений. Совместное воздействие природных и антропогенных процессов сказывается на экологическом состоянии ландшафтов и их компонентов, что требует комплексного подхода к их изучению. Это особенно актуально для национальных парков (НП),

выполняющих одновременно рекреационные, природоохранные, средообразующие и воспитательные функции и играющих важнейшую экологическую роль в устойчивом развитии горных регионов.

Цель данного исследования – выявить особенности современного состояния ландшафтов национальных парков как следствие усиления рекреационного воздействия и активности природных процессов.

Материалы и методы исследований. В качестве основных объектов исследования выбраны национальный парк «Приэльбрусье» (НП «Приэльбрусье»), созданный в 1986 г. на Центральном Кавказе и Тебердинский национальный парк, который получил данный статус в 2021 г., после преобразования из государственного биосферного природного заповедника, существовавшего с 1936 г. на Западном Кавказе. Это одни из наиболее популярных и посещаемых ООПТ Северного Кавказа, типичные для своих природных районов с выраженной высотной зональностью ландшафтов, развитием нивально-гляциальных, горно-луговых и горно-лесных ландшафтов. Отличительная особенность НП «Приэльбрусье» – формирование сосновых и сосново-березовых лесных ландшафтов на склонах северной экспозиции, остепненных субальпийских луговых и лугово-степных кустарниковых ландшафтов на склонах южной экспозиции. Для Тебердинского НП типично широкое развитие буково-еловых и пихтово-еловых лесных ландшафтов как следствие более влажного климата.

Основными методами исследований было полевое крупномасштабное ландшафтное картографирование (в масштабах 1: 25 000 и 1: 10 000) и профилирование, комплексные описания на пробных площадках, анализ разновременных космических снимков (Landsat, World View-1), аэрофотоснимков и повторных наземных фотографий. Основными показателями состояния и динамики природных комплексов выбраны характеристики их морфологической и вертикальной структуры. При этом особое внимание уделялось структуре и состоянию растительности, определению запаса надземной фитомассы травостоя, как важного показателя функционирования ландшафтов. Вспомогательными методами были дендрохронологический и статистические. Площадки для повторных наблюдений выбирались в зонах влияния экзогенных процессов и антропогенного воздействия (в первую очередь рекреационного и пасторального), в экотоне верхней границы леса.

Результаты и их обсуждение. Первые десятилетия XXI века в исследуемых национальных парках характеризуются усилением рекреационного воздействия на все ландшафты, включая высокогорные нивально-гляциальные и луговые и ослаблением влияния выпаса овец, традиционного вида горного природопользования. В результате расширения объектов рекреационной инфраструктуры (горнолыжных трасс, станций

канатных дорог и подъездных путей, отелей и т. д.) в луговых ландшафтах был уничтожен или сильно фрагментирован почвенно-растительный покров, что привело к активизации мерзлотных, осыпных, эрозионных процессов. В Приэльбрусье в альпийском поясе во многих местах разнотравно-злаковые луга с надземной сухой фитомассой 4–7 ц/га сменились на единичные куртины мелкого разнотравья, типичного для субнивального пояса, что свидетельствует о локальном снижении этого пояса на 100-150 м и, соответственно, расширении его площади. Схожие процессы отмечены на границах альпийского и субальпийских поясов, у верхней границы леса.

В нивально-гляциальной зоне на вулканическом массиве Эльбрус в результате активного использования транспортных средств, преимущественно ратраков наблюдается техногенное загрязнение снежного покрова [3].

При сокращении площади снежного покрова вследствие потепления на массиве активизируются эоловые процессы, что приводит к его дополнительному запылению и усилению таяния.

Наиболее значительные изменения при рекреационном освоении выявлены в лесных ландшафтах, особенно днищ долин главных рек национальных парков – р. Баксан (Приэльбрусье) и р. Теберда. Это связано не только со строительством новых рекреационных объектов в существующих населенных пунктах и центрах, но в основном вне их границ на прилегающих территориях. В результате расширения пос. Домбай, основного рекреационного центра в верхней части долины р. Теберда, в том числе за счет земель бывшего заповедника, площадь хвойно-широколиственных лесов сократилась на 9,4 га, увеличилась их фрагментация, уменьшилась сомкнутость крон в оставшихся лесных пятнах, ухудшилось их экологическое состояние, в том числе за счет усыхания древостоя и подроста, роста в напочвенном покрове доли сорных видов и уменьшения лесных видов. Появление новых антропогенных комплексов на месте уничтоженных лесных пойм и части террас в самом поселке и выше по течению реки привело к изменению гидрологического режима, усилению абразионных процессов на прилегающих склонах долины и сокращению на них мелколиственно-еловых лесов.

Нарушение при строительстве новых объектов нижних частей горных склонов и рубка на них отдельных деревьев привела к активизации склоновых процессов и снижению их общей устойчивости.

Плотная, хаотичная застройка, наличие недостроенных объектов, практически отсутствие древесно-кустарниковой растительности в пос. Домбай снижают его эстетическую ценность, вынуждая туристов «бежать на природу» в соседние естественные ландшафты, увеличивая на

них нагрузку, которая местами превышает допустимую. Рост потока туристов, увеличение жарких сухих периодов в результате климатических изменений, а также ареала засыхающих с 2012 г. еловых лесов с мощной подстилкой создают предпосылки для возникновения в национальном парке пожаров. В августе 2023 и 2024 гг. в долине р. Гоначхир, правого притока р. Теберда ими было охвачены леса на площади более 265 га. В засохших лесах и в других долинах практически нет подроста как необходимого условия для восстановления древостоя, который играет важнейшие экологические функции.

Активное рекреационное строительство типично и для Приэльбрусья. В верхней части долины р. Баксан в ее лесном днище на протяжении 7 км сконцентрированы основные рекреационные, в том числе еще строящиеся объекты. С начала XXI в. площадь застройки в районе пос. Терскол и поляны Азау увеличилась в 2,5 раза, что сопровождалось сокращением сосновых лесов. Большая часть днища между этими рекреационными центрами занята березовыми лесами и криволесьями, послелесными лугами, сформировавшимися после схода катастрофических снежных лавин и периодически подвергающихся воздействию менее крупных лавин, в том числе после их искусственного спуска.

За последние 3 года на их месте построена оборудованная парковка с подъездными дорогами на площади более 6 га и продолжается освоение противоположного берега реки с дальнейшей рубкой березняков. Часть сохранившихся в днище долины лесных массивов используется также под организованные и стихийные стоянки туристов, что привело в этих местах к ухудшению состояния травяного покрова, уничтожению древесного подроста, увеличению сети троп.

Для уменьшения воздействия лавин на участке между пос. Терскол и поляной Азау вдоль северного склона, с которого они обычно сходят, в 2009–2014 гг. построены противолавинные сооружения, приведшие к изменению пространственной структуры крупных лавинных конусов и прилегающих террас на площади почти 32 га. Здесь были уничтожены высокогорные субальпийские луга, заросли кустарников, преимущественно ивняки, березовые криволесья. Естественная растительность, сохранившаяся в периферийных частях конусов, используется под выпас крупного рогатого скота, кормовые угодья которого сократились в результате строительства. С выпасом связаны вытаптывание травостоя, увеличение в нем сорных и непоедаемых видов, уменьшение высоты и проективного покрытия, снижение запасов сухой фитомассы с 20–46 ц/га до 6–12 ц/га.

Поверхность противолавинных дамб в настоящее время слабо зарастает в основном пионерными и сорными видами, проективное покрытие травостоя до 10 %, распределение мозаичное. На отдельных краевых

участках появился единичный подрост сосны возрастом до 9 лет, березы и ивы.

Расширение поселков и строительство рекреационных объектов в потенциально опасных районах увеличивает риск их разрушения под воздействием лавин, селевых потоков и наводнений, что было отмечено в последние десятилетия, например, после схода лавины на парковку возле канатной дороги на Эльбрус в 2018 году, селевого потока после прорыва оз. Башкара в 2017 г. в Приэльбрусье и др. Строительство противолавинных сооружений в днище долины и на части субальпийских склонов не обеспечивает полной защиты от больших снежных масс, а иногда способствуют изменению направления движущих масс и попаданию в зону их воздействия комплексов, не подвергавшихся ранее. Так была уничтожена часть старого березняка, сохранявшегося между лавинными конусами, в нижних частях которых были построены противолавинные дамбы.

С другой стороны, усиление антропогенного воздействия приводит к активизации экзогенных процессов, что наблюдается в исследуемых НП.

При современных климатических условиях отличительной особенностью проявления экзогенных процессов является смещение активности лавин с зимнего периода на начало весны и преобладание лавин из влажного снега, следы которых сохраняются местами до конца августа, обуславливая значительное нарушение функционирования природных комплексов.

В связи с активной деградацией оледенения, перестройкой морфогенной основы перигляциальных ландшафтов и формированием приледниковых озер, отмечается сход катастрофических гляциальных селей в результате спуска озер, особенно в НП «Приэльбрусье». В результате прорыва оз. Башкара были уничтожены или подверглись перестройке природные комплексы днищ долин рек и прилегающих склонов во всех высотных поясах (от субнивального до лугово-степного) в долинах рек Адылсу и Баксан. Были также частично разрушены рекреационные объекты и транспортные коммуникации, в том числе единственная дорога федерального значения, соединяющая Приэльбрусье с равнинными центрами.

Наряду с сокращением площади луговых и лесных комплексов наблюдается и их расширение на моренах и флювиогляциальных полях при отступании ледников, на ряде селевых и лавинных конусов в результате климатических изменений, в местах сокращения выпаса овец.

В Приэльбрусье отмечено появление массового подроста сосен моложе 20 лет внутри лесной зоны и в экотоне верхней границы леса на склонах разной экспозиции и по днищам долин.

На склонах северной экспозиции отдельные сосны (6-10 лет) встречаются в субальпийском поясе на высотах 2550-2650 м, угнетенные экземпляры поднимаются до высоты 2780 м.

Заключение. Изменения в пространственной структуре ландшафтов и их отдельных компонентах отмечаются во всех высотных поясах, наиболее сильно в природных комплексах локального уровня. Наибольшее сокращение площади, ухудшение экологического состояния типичны для лесных ландшафтов днищ долин также, как и увеличение доли антропогенных комплексов как результат усиления рекреационного воздействия, нередко при наложении активизации экзогенных процессов.

Противоположные тенденции в расширении площади горно-луговых и горно-лесных ландшафтов отмечены вблизи отступающих ледников, в экотонах верхней границы леса и субальпийских лугов вследствие климатических изменений.

Для улучшения экологического состояния ландшафтов исследуемых национальных парков необходима разработка схемы их ландшафтного планирования и комплекса природоохранных мер, а также строгий контроль за их выполнением.

Библиографические ссылки

1. *Корчагина Е. А.* Исследование колебаний элементов климата в горных районах Западного и Центрального Кавказа методами математической статистики // Изв. КБ науч. центра РАН. 2020. № 3 (95). С. 64–73.
2. Стратегия развития туризма на территории Северо-Кавказского федерального округа до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ от 7 марта 2019 г. [Электронный ресурс] URL: <http://static.government.ru/media/files> (дата обращения 10.10.2024).
3. Prielbrusye National Park environmental changes due to increasing tourism activity // A. A. Cherkasova [et al.] // *Geography, environment, sustainability*, 2022. V.15. № 4. P. 115–123.
4. *Toropov P. A., Aleshina M. A., Grachev A. M.* Large-scale climatic factors driving glacier recession in the Greater Caucasus, 20th–21st century // *Int. J. Climatol*, 2019. P. 1–18.

УДК 911.2+ 911.6

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ТИПОЛОГИИ АГРОЛАНДШАФТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПО АГРОКЛИМАТИЧЕСКОМУ ПОТЕНЦИАЛУ

**А. А. Сазонов, Н. В. Клебанович, А. Н. Червань, А. А. Карпиченко,
Н. В. Ковальчик, И. А. Ефимова, А. С. Семенюк, А. Л. Киндеев,
Е. А. Кухлевский, А. Н. Есипович**

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, bsugislab@gmail.com

Приводится краткий анализ методики пространственного анализа агроклиматического потенциала Республики Беларусь. Приводятся основные компоненты для выделения однородных кластеров: количество осадков за период с активными температурами выше 10 °С и индекс аридности, второй фактор характеризует баланс поступления тепла и влаги. По результатам анализа территория Беларуси может быть разделена на 3 кластера, которые являются первым (наивысшим) рангом иерархического структуры (типом) агроландшафтов Республики Беларусь.

Ключевые слова: агроландшафт; ГИС-технологии; кластерный анализ; факторный анализ.

Введение. Сельскохозяйственная деятельность человечества оказывала и продолжает оказывать глубокое преобразующее влияние на ландшафтную оболочку Земли. В связи с этим, рациональное использование земельных ресурсов остается актуальной и сложной проблемой. К числу наиболее перспективных подходов, способствующих решению этих задач, относится агроландшафтный подход территориальной организации землепользования сельских регионов республики.

При активном развитии геоинформационных технологий, проведения работ по организации территории становятся более детальными и включают в себя анализ множества различных факторов, которые можно разделить на 3 большие группы: климатические, почвенно-географические и агрономические. Наиболее эффективным способом организации информации является формирование специальных баз геоданных [2].

В связи с этим становится актуальной разработка методик многомерного пространственного анализа отдельных показателей и групп факторов для репрезентативного выделения однотипных регионов с целью разработки рекомендаций по улучшению агрономических и экономической эффективности аграрно-промышленного комплекса страны

Материалы и методы исследований. Основными методами, применяемыми в многомерном пространственном анализе, являются кластерный и факторные анализы.

В частности, методы кластерного анализа могут быть применимы к классификации любых элементов структурной иерархии пространственных данных [1]. Каждый метод кластерного анализа использует разные алгоритмы и метрики для формирования кластеров, и каждая имеет параметры, недоступные для других. Для кластерного анализа больших выборок чаще всего применяется метод *k*-средних (*k*-means).

Для оценки агроклиматического потенциала агроландшафтов нами отобраны параметры, отражающие основные агроклиматические характеристики (таблица) на основе разработанной базы данных. Для выявления наиболее значимых параметров нами проведен факторный анализ. Из анализа исключены признаки, заведомо имеющие высокую корреляцию и функциональную зависимость.

Матрица компонентов и перевернутая матрица компонентов агроклиматического потенциала Республики Беларусь

Признак	Матрица компонентов		Повернутая матрица компонентов	
	Компонент		Компонент	
	1	2	1	2
Количество осадков за период с активными температурами выше 10 °С, мм	0,780	0,560	0,960	0,010
Сумма активных температур выше 10 °С	-0,936	0,289	-0,600	0,775
Гидротермический коэффициент	-0,697	0,564	-0,247	0,862
Биоклиматический потенциал	0,939	0,102	0,828	-0,456
Индекс континентальности	-0,507	0,622	-0,057	0,801
Индекс аридности	0,948	0,296	0,946	-0,303
Среднемноголетнее количество дней в году с устойчивым снежным покровом	0,747	0,222	0,739	-0,248

Анализируя таблицу можно отметить, что наибольшее влияние на агроклиматический потенциал агроландшафтов оказывает первый фактор, который характеризует поступление влаги – наибольший удельный вес имеют количество осадков за период с активными температурами выше 10 °С (0,960) и индекс аридности (0,946), второй фактор характеризует баланс поступления тепла и влаги (ГТК, индекс континентальности).

Результаты и их обсуждение. Для дальнейшего исследования пространственной взаимосвязи признаков нами проведен кластерный анализ методом *k*-средних. По каждому фактору отобраны наиболее значимые признаки: количество осадков за период с активными температурами выше 10 °С; сумма активных температур выше 10 °С; индекс аридности; индекс континентальности (рис. 1).

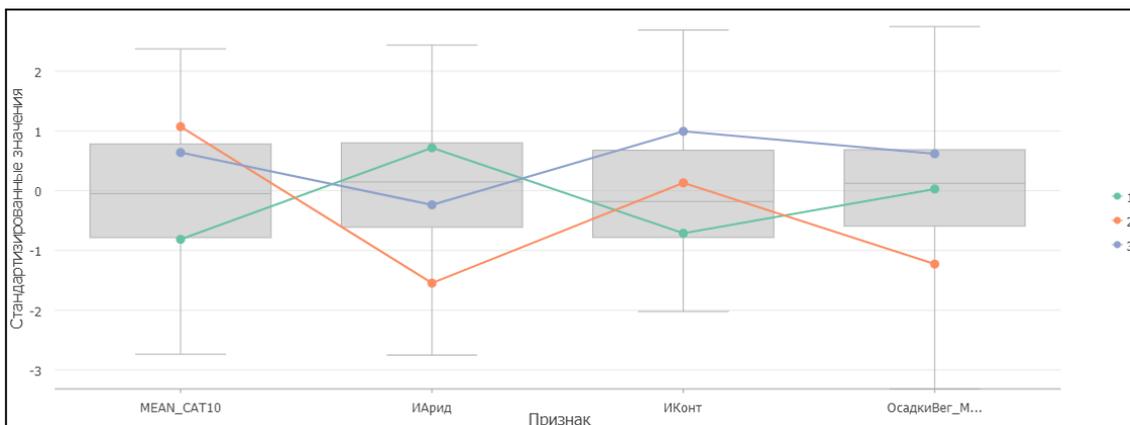


Рис. 1. Характеристика кластеров агроклиматического потенциала

Исходя из графика можно отметить отклонения 2 кластера по индексу аридности и по количеству осадков, что на карте выражено через отдельные контуры данного кластера по южной и восточной части страны (рис. 2).

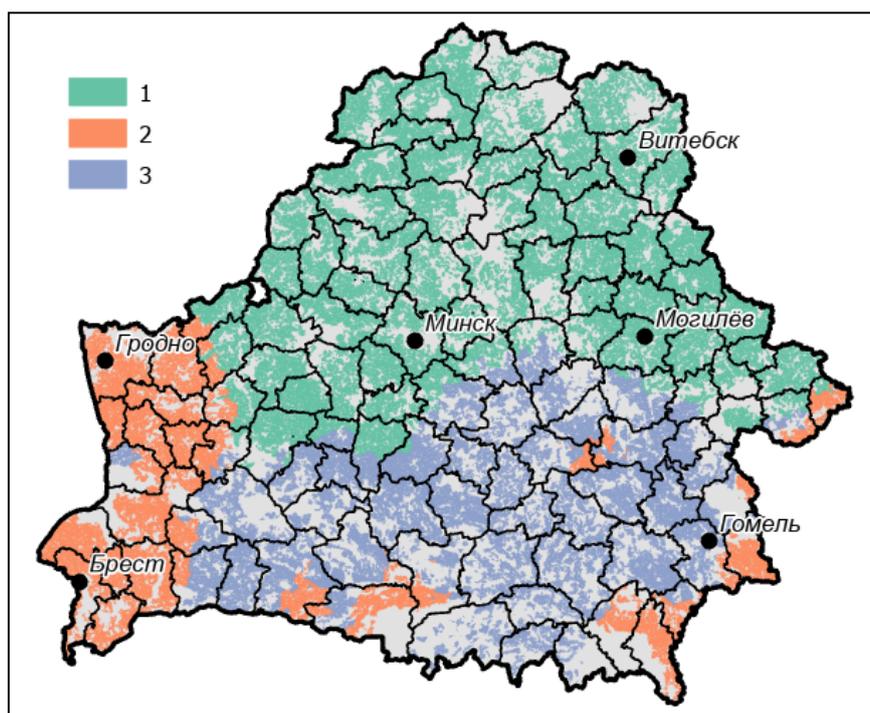


Рис. 2. География кластеров агроклиматического потенциала Республики Беларусь

Проведенный анализ позволяет выделить 3 кластера:

1 – кластер нормального увлажнения и недостатка суммы активных температур, характеризуется высоким значением индекса аридности, умеренным количеством осадков в вегетационный период, умеренным и низким значением суммы активных температур;

2 – кластер недостаточного увлажнения и достаточной и высокой суммой активных температур, характеризуется умеренными и высокими суммой активных температур, низкими значениями индекса аридности и количества осадков за вегетационный период;

3 – кластер нормального увлажнения и достаточной суммы активных температур, характеризуется средними и высокими значениями индекса континентальности и осадков в вегетационный период.

Заключение. Проведенные исследования показывают возможности современных методов обработки и анализа данных для проведения районирования территории Республики Беларусь. Проведенный кластерный анализ страны по агроклиматическому потенциалу является основой формирования иерархической структуры районирования территории и выступает первым таксономическим уровнем – тип агроландшафта.

Библиографические ссылки

1. *Рожков В. А., Рожкова С. В.* Почвенная информатика. Москва : Изд-во Московского унив., 1993. 189 с.

2. *Сазонов А. А.* Базы данных агроэкологического состояния земель и почв как основа агроэкологической оценки // ГИС-технологии в науках о Земле: материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых. Минск, 16 нояб. 2022 г. Минск : БГУ, 2022. С. 279-281.

**НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ: РОССИЙСКОЕ
УЧЕНИЕ СТАРОЖИЛОВА О НООЛАНДШАФТОСФЕРЕ –
ФУНДАМЕНТ ПРАКТИК ОСВОЕНИЯ И РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ
СОХРАНЕНИЯ ЦИВИЛИЗАЦИЙ ЕВРАЗИИ И ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ**

В. Т. Старожилов

*Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия,
Starozhilov.vt@dvfu.ru*

Разработаны парадигма «ландшафтопользование России», выделена «нооландшафтосфера» и разрабатывается «учение Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля». Ранее в мире и России они не выделялись и не рассматривались. В результате выделена глобальная нооландшафтосфера как категорически важный фундамент практик решения проблем любого сектора освоения, географии не только России, но и Евразии и планеты Земля. Выделенная сфера позволит человечеству обобщить и обобщать накопленный статистический материал по решению проблем не только отдельных стран, например, России, но и цивилизаций в целом и наметить экологически грамотные пути решения проблем освоения и в целом возникающих при этом проблем сохранения цивилизаций Евразии и планеты Земля.

Ключевые слова: учение Старожилова о нооландшафтосфере; освоение; ландшафт; проблемы; цивилизация; экология; туризм.

Введение. Работа продолжение авторских разработок «Ландшафтопользование России», «Нооландшафтосфера», «Природа в границах: нооландшафтосфера и парадигма ландшафтопользование», «Учение Старожилова о нооландшафтосферы планеты Земля», «Нооландшафтосфера – фундамент практик земледелия планеты Земля», «Нооландшафтосфера приоритетная основа развития почвоведения» и других. Они представляют фундаментальные разработки по-новому в России и мире научно-прикладному направлению по моделям природы (ландшафтам) как фундамента практик отраслевого и комплексного освоения, экологии, почвоведения планеты Земля и развития в целом любых инновационных технологий и в том числе почвоведения, сельского хозяйства и решения проблем трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов. Все отмеченные выше работы представляют собой разработки ландшафтно-прикладного направления и нацелены на выполнение государственных задач по освоению, развитию любых инновационных технологий освоения и созданию благоприятной экологии для существования цивилизаций Евразии и планеты Земля. Работа связана с усилением освоения

России и особенно с планами развития и освоения ее восточных регионов. Планы сегодняшнего дня потребовали от науки, практики и образования новых современных подходов, новых технологий и компетенций в решении задач практик освоения. Отмеченное определило разработки Тихоокеанского международного ландшафтного центра и зав. кафедрой почвоведения Дальневосточного федерального университета профессора В. Старожилова. В 2023 году были разработаны парадигма «Ландшафтопользование России», разработаны, сформулированы и выделены новая геологическая оболочка «Нооландшафтосфера», «Нооландшафтосфера – приоритетная основа развития инновационных технологий почвоведения» и решения локальных, региональных и глобальных проблем географии, экологии почв, решения проблем трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов. Они как фундаментальные направления знаний определили обобщение материалов (не только теоретических, но и экспедиционных производственных исследований, более 30 полевых сезонов, и в том числе производственных комплексного направления) и разработку на основе знаний о них учения о нооландшафтосфере как глобального, регионального, локального фундамента практик освоения и в том числе трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов планеты Земля. Оно получило название «Российское учение Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля», а по содержанию представляет учение о фундаменте любых практик освоения и решения локальных, региональных и глобальных проблем географии, экологии почв и в том числе трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов. По нашему мнению, в результате исследований сформулирована и выделена глобальная сфера и выделен категорически важный фундамент практик освоения и решения проблем географии, экологии почв, а также трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов не только России, но и планеты Земля. По большому счету выделенная сфера как глобальный фундамент практик комплексного и отраслевого освоения позволит человечеству обобщить и обобщать накопленный статистический материал по освоению сферы не только отдельных стран, например, России, но и цивилизаций в целом. Это в свою очередь даст возможность изучать и решать проблемы географии, экологии почв, трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния с учетом изучения природы (ландшафтов) на уровне такого внутреннего их содержания, как вещественные комплексы литосферы, тектоники, рельефа, климата, вод, почв, растительности и биоценозов. На государственных уровнях, наметить экологически достойные пути освоения территорий и уже сегодня принять меры по путям сохране-

ния уже сегодня трансформируемого фундамента практик освоения планеты Земля – нооландшафтосферы и уже сегодня наметить пути решения возникающих при освоении проблем сохранения цивилизаций Земли.

Цель публикации — обосновать в Российской науке необходимость рассматривать и применять новую научно-прикладную парадигму «ландшафтопользование России», «Нооландшафтосферу» и «Российское учение Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» как основу построения моделей освоения естественных ландшафтных систем территорий, а также уже сегодня наметить пути решения возникающих при освоении проблем сохранения цивилизаций Земли. Считать их наиболее эффективной основой совершенствования системы, определяющей базовые ландшафтные модели основ моделей освоения территорий.

Материалы и методы. Используется материал по ландшафтам, полученный благодаря работ по Тихоокеанскому ландшафтному поясу, а также при разработке парадигм: общей Дальневосточной ландшафтной парадигмы и Дальневосточной ландшафтной парадигмы индикации и планирования, разработок по картографическому оцифрованному ландшафтному обеспечению индикации, планирования и геоэкологического мониторинга юга Тихоокеанского ландшафтного пояса России, «О необходимости принятия к практической реализации новую ландшафтную стратегию к пространственному развитию геосистемы континент-Мировой океан» и разработок «к пространственному развитию территорий: районирование Тихоокеанского ландшафтного пояса геосистемы Восток России- Мировой океан; и в целом работ «Ландшафтоведение: стратегия, опыт практик в освоении территорий геосистем континент-мировой океан». Применялись авторские разработки по «Ландшафтопользование России», «Нооландшафтосфере» и «Российскому учению Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля».

Общей методологической основой исследований является комплексная основа ландшафтного научно-практического направления, разработанная Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова, направленная на рациональное освоение и использование территорий, минимизацию глобальных и региональных последствий изменения природы из общества, поиск и внедрение инновационных подходов в устойчивом, экологически сбалансированном и безопасном развитии обширного региона.

При моделировании и выделении приоритетной основы используется методология новой ландшафтной стратегии к пространственному развитию геосистемы континент-Мировой океан. Это, прежде всего, сформулированные базовые подходы к ее разработке на основе современных, прогрессивных результатов ландшафтной научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России», разработок по «Нооландшафтосфере» и

«учению Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» разработанных Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова.

Применялись результаты моделирования новой научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России», новой геологической оболочки Земли «Нооландшафтосферы» и «Учения Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» к пространственному развитию территорий, результаты стандартизации консервативных характеристик внутреннего содержания каждого ландшафта, составления их паспорта и материалов по опорному ландшафтному «фундаменту» пространственной организации, обеспечивающей достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами освоения, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний.

Значимым является то, что в основу рассмотрения применения рассматриваемых в работе основ к изучению освоения, положены направленные на практическую реализацию ландшафтного метода многолетние авторские полевые геолого-географические и географические научные и производственные исследования обширной территории окраинной зоны Востока России, которые в свою очередь включают полевые исследования Сихотэ-Алинской, Сахалинской, Камчатской, Анадырской ландшафтных областей. Отметим, что получен материал в системе ландшафт, вид, род, подкласс, класс, тип, округ, провинция, область, пояс ландшафтов. При обосновании применения материалов по таксонам при обосновании применения новой парадигмы «ландшафтопользование России», новой геологической оболочки Земли «Нооландшафтосферы» и «Учения Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» к освоению использовались материалы практической реализации ландшафтного подхода с применением ландшафтной индикации, а также применения векторно-слоевого ландшафтного картографирования и материалов прикладных исследований в различных направлениях освоения и в том числе исследований по землеустройству, землепользованию, трансформации почв и др. [1-10].

Результаты и их обсуждение. Получен фундаментальный результат, заключающийся в том, что для реализации практик рассмотрения возможностей и необходимости проведения изучения освоения необходимо иметь прежде всего оцифрованную векторно-слоевую морфологическую ландшафтную основу. Такие основы как в целом по поясу, так и по его отдельным регионам получены (Сихотэ-алинской, Сахалинской ландшафтными областями и др.). Для реализации поставленных задач получены, прежде всего, оцифрованные векторно-слоевые морфологические ландшафтные

модели (векторно-слоевые ландшафтные карты), которые на цифровом уровне дают знание строения географического пространства рассматриваемого объекта: карта ландшафтов Тихоокеанского ландшафтного пояса, областей и прилегающих морей в масштабе 1: 3 000 000 (автор Валерий Старожилов), ландшафтная карта Приморского края масштаба 1: 1 000 000 (автор Валерий Старожилов) и другие.

Кроме того, получен фундаментальный результат по паспортизированным и с проведенной индикацией ландшафтам Тихоокеанского ландшафтного пояса и их структурам в системе ландшафт, вид, род, класс, тип, округ, провинция, область, пояс, который нужно использовать в решении вопросов освоения геосистемы континент — Мировой океан.

Важно отметить, что именно с появлением отмеченных картографических разномасштабных документов появилась возможность анализировать ландшафтные модели, сравнивать между собой и рассматривать их природным «фундаментом» и основой для построения гармонизированных с природой различных моделей освоения.

На основе применения отмеченных выше основ обозначена и сформулирована технология создания моделей освоения на основе моделей опорного ландшафтного «фундамента» геосистемы Восток России-мировой океан.

Установлена, при построении моделей освоения на основе результатов практического применения парадигмы «ландшафтопользование России», новой геологической оболочки Земли «Нооландшафтосферы» и «Российского учения Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» программно-целевая необходимость использования междисциплинарного мышления, междисциплинарного сопряженного анализа и синтеза межкомпонентных и межландшафтных связей с учетом данных по орогеническому, орографическому, климатическому, фиторастиельному, биогенному факторам формирования территорий освоения.

Заключение. Разработано Российское учение о нооландшафтосфере как глобального, регионального, локального фундамента практик освоения и в том числе решения проблем трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов планеты Земля. Оно получило название «Российское учение Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля», а по содержанию представляет учение о фундаменте любых практик освоения и решения локальных, региональных и глобальных проблем географии, экологии почв, туризма России и планеты Земля и в том числе трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов.

По нашему мнению, в результате исследований сформулирована и выделена глобальная сфера и выделен категорически важный фундамент практик освоения и решения проблем географии, эволюции и экологии почв, а также трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния техногенных объектов не только России, Евразии, но и планеты Земля. По большому счету выделенная сфера как глобальный фундамент практик комплексного и отраслевого освоения позволит человечеству обобщить и обобщать накопленный статистический материал по освоению сферы не только отдельных стран, например, России, но и цивилизаций в целом. Это в свою очередь даст возможность изучать и решать проблемы освоения, географии, эволюции и экологии почв, трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния с учетом изучения природы (ландшафтов) на уровне такого внутреннего их содержания, как вещественные комплексы литосферы, тектоники, рельефа, климата, вод, почв, растительности и биоценозов.

На государственных уровнях, наметить экологически достойные пути освоения территорий и уже сегодня принять меры по путям сохранения уже сегодня трансформируемого фундамента практик освоения и решения проблем трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния осваиваемых территорий. Рекомендуем увидеть важность проектируемых бизнес моделей развития территорий в сохранении ноокультурной сферы как дома цивилизаций и применять при определении путей и прогнозировании их развития знания об впервые разработанных в Дальневосточном федеральном университете «Ландшафтопользования России», «Ноокультурной сфере» и «Российского учения Старожилова о ноокультурной сфере планеты Земля».

Библиографические ссылки

1. Вопросы землеустройства и землеустроительного проектирования. / М. М. Гераськин М.М. [и др.]. Учебное пособие. Владивосток, 2009.
2. Леонинко А. В., Старожилов В. Т. Человек и природа в социокультурном измерении: актуальные социально-экономические проблемы населения горняцких поселков / Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 55. С. 353–362.
3. Старожилов В. Т. Уровни фосфоритонакопления Приморья / В сборнике: фосфаты Дальнего Востока. Владивосток, 1980. С. 131–134.
4. Старожилов В. Т. Потенциально фосфоритоносные формации Приморья / В сборнике: Геохимия и петрохимия осадочных комплексов Дальнего Востока. Владивосток, 1980. С. 100-108.
5. Старожилов В. Т. Геохимия и рудоносность базитов и гипербазитов фундамента ландшафтов складчатых областей зоны перехода северо-востока Азии к Тихо-

океанской плите / В сборнике: Дальний Восток России: География. Гидрометеорология. Геоэкология. Материалы шестой научной конференции: к всемирным дням Воды и Метеорологии, 2005. С. 174-179.

6. Геоэкология ландшафтов зоны влияния теплоэлектростанции / В. Т. Старожилов [и др.]. Владивосток, 2009.

7. *Старожилов В. Т.* Ландшафтное картографирование районов минерально-сырьевого природопользования в Приморье // Изв. Рос. акад. Наук. 2013. Сер.геогр. № 1. С. 99-104.

8. Картографический эколого-ландшафтный подход в оптимизации природопользования / В. Т. Старожилов [и др.] / Горн. информ. аналит. Бюллет, 2009. № 55. С. 271-277.

9. *Старожилов В.Т.* и др. Некоторые итоги и перспективы ландшафтного картирования России / С. В. Солодянкина [и др.] // География и природные ресурсы. 2021. Т. 42, № 3. С. 23-36.

10. *Старожилов В. Т.* Структурно-тектоническое районирование Пионерско-Шельтинской зоны восточно-сахалинских гор о. Сахалин // Тихоокеанская геология. 1990. Т. 9, № 3. С. 90-96.

БИОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ МАЛЫХ РЕК ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ МИНСКА

М. И. Струк, С. Г. Живнач, Г. М. Бокая

*Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь,
zhyunach@gmail.com*

Представлена оценка биогенного загрязнения малых рек пригородной зоны Минска, на которых построены водохранилища, используемые для массового отдыха и оздоровления городского населения. Определены основные источники и каналы поступления в эти реки загрязняющих веществ, связанные с ландшафтным строением и хозяйственным использованием их водосборных бассейнов. Предложены водоохранные меры по его снижению.

Ключевые слова: малые реки; водосборный бассейн; пригородная зона; ландшафты; лесистость; биогенные вещества; загрязнение.

Введение. Для удовлетворения водохозяйственных и рекреационных потребностей крупнейшего города используются водные объекты не только собственно городской, но и прилегающей к нему территории. Наличие таких объектов, а также их свойства зависят от особенностей ее природно-ландшафтного строения.

Основной особенностью подобного рода строения пригородной зоны Минска является размещение в ее центральной части ландшафтного района холмисто-моренно-эрозионных и камово-моренно-эрозионных возвышенностей, на который приходятся самые высокие в Беларуси гипсометрические отметки, превышающие 300 м [1]. Вследствие этого по данному району проходит главная водораздельная линия водосборных бассейнов двух морей – Балтийского и Черного. Она делит пригородную зону на две части: северо-западную и юго-восточную. К первой из них относятся бассейны двух больших рек – Немана и его притока Вилии, ко второй – р. Березины и ее притока – р. Свислочи, а также р. Птичи – притока р. Припяти.

С отмеченным ландшафтным строением пригородной зоны связано отсутствие в ее пределах больших естественных водотоков и водоемов. Протекающие здесь реки представлены лишь верховьями и относятся преимущественно к категории малых. На этих реках построены водохранилища, выступившие ядрами создания крупных зон отдыха и оздоровления

городского населения. Соответственно, экологическое состояние последних будет зависеть от качества вод этих рек, из чего следует важность изучения их загрязнения, в том числе химического.

В вещественном составе химического загрязнения указанных рек особое значение имеют биогенные вещества. Это обусловлено их способностью вызывать антропогенное эвтрофирование водоемов, «цветение» воды в них и непригодность для рекреационного использования.

Целью исследования выступила оценка биогенного загрязнения малых рек пригородной зоны Минска. Для ее достижения решались задачи по определению предпосылок загрязнения, его интенсивности и вещественного состава, а также обоснованию водоохраных мер. Объектами исследования выступили 5 малых рек: Вяча, Волма, Усяжа, Птичь, Тростянка, на которых расположены основные пригородные рекреационные водохранилища.

Материалы и методы исследования. Оценка химического загрязнения исследуемых рек выполнена с использованием собственных фактических данных авторов, полученных в ходе полевых изысканий, проведенных в период 2009–2022 гг., с отбором водных проб и их последующим лабораторным химическим анализом. Всего отобрано 97 таких проб во все сезоны года.

В качестве веществ-загрязнителей рассмотрены нитриты, аммонийный азот, нитраты и фосфор фосфатов. Оценка химического загрязнения рек этими веществами базировалась на использовании их ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения.

Результаты и их обсуждение. *Предпосылки загрязнения.* Факторы, влияющие на формирование качества вод малых рек, включают в себя внутренние, касающиеся гидрологических свойств самих рек и внешние, связанные с экологическим состоянием их водосборных бассейнов. Данное состояние зависит от наличия и размещения в пределах бассейнов объектов, выступающих источниками воздействий на водные ресурсы, с одной стороны, и объектов экологической стабилизации, с другой.

Исследуемые малые реки существенно различаются по своей длине до верхнего бьефа построенных на них водохранилищ, а также расходу воды (таблица). Наибольшей длиной выделяются реки Вяча и Птичь, у которых она составляет 25 и 27 км, соответственно, наименьшей (в 5 раз) – р. Тростянка, длина которой 5 км. Кроме того, у всех этих рек имеют притоки: от одного (рр. Птичь, Волма, Тростянка) до трех (рр. Усяжа, Вяча).

Более высокими расходами воды, а также площадью бассейнов отличаются рр. Усяжа и Волма. Самыми низкими (в 4 и 2 раза меньше, соответственно) – р. Тростянка. Аналогичным образом будет распределяться их устойчивость к загрязнению.

Гидрологические параметры и характеристика водосборных бассейнов малых рек пригородной зоны Минска

Реки	Гидрологические параметры		Характеристика водосборных бассейнов					
	Длина до верхнего бьефа, км	Расход воды, м ³ /с	Площадь, км ²	Ландшафты, %			Лесистость, %	Селитебная застройка, %
				возвышенные	равнинные	низинные		
Вяча	25	0,8	97	77	-	23	55	6
Усяжа	18	1,7	161	92	-	8	29	10
Волма	12	1,4	163	54	35	11	53	8
Тростянка	5	0,4	75	11	76	13	21	30
Птичь	27	1,0	132	94	-	6	15	12

Малые реки дренируют, как правило, только верхний маломощный водоносный горизонт четвертичных отложений. С этим связана повышенная зависимость качества их вод от экологического состояния водосборных бассейнов.

Для оценки экологического состояния изучаемых речных водосборных бассейнов рассмотрены их ландшафтная структура и особенности землепользования. Ландшафтную структуру бассейнов формируют ландшафты различных высотных уровней: возвышенные, средневысотные и низинные. Возвышенные ландшафты характеризуется высокой устойчивостью к загрязнению грунтовых вод и низкой – к эрозии почв, низинные – наоборот, средневысотные – занимают промежуточное положение [3].

В бассейнах трех рек: Вячи, Усяжи и Птичи преобладающая часть площади – от 77 до 94 % приходится на возвышенные ландшафты. В бассейне р. Волмы их доля ниже, но больше половины; и самая низкая – 11 % в бассейне р. Тростянки, где доминируют равнинные ландшафты – 3/4 площади.

Приведенной ландшафтной структуре бассейнов в основном соответствует эрозионная опасность их территории. Выполненные расчеты потенциального смыва почв показали, что максимальное значение данного показателя отмечается для бассейна р. Птичи – 7 т/га. Затем оно снижается на треть для бассейнов рр. Усяжа и Волма и на половину – рр. Вяча и Тростянка.

Принимая во внимание особенности ландшафтного строения бассейнов и их эрозионной опасности можно заключить, что основным каналом поступления загрязняющих веществ в 4 из пяти рассматриваемых рек выступит поверхностный сток. Исключение составляет р. Тростянка, где повышается значение их привнесения с грунтовыми водами.

Главными источниками биогенных загрязняющих веществ выступают сельскохозяйственные земли, населенные пункты с животноводческими фермами, отдельные техногенные объекты, в особенности, полигон складирования отходов. Ведущим фактором экологической стабилизации являются леса. Лесистость и сельскохозяйственная освоенность территории находятся в обратном соотношении.

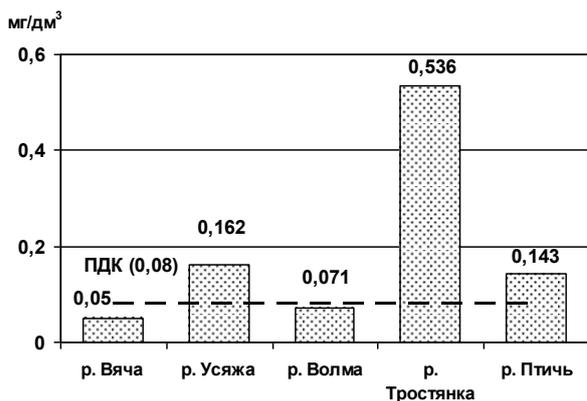
Среди изучаемых водосборных бассейнов самой высокой лесистостью (больше половины площади) выделяются бассейны рр. Вячи и Волмы, самой низкой (15 %) – р. Птичь.

Соответственно, для последней сельское хозяйство выступит особенно значимым источником загрязнения.

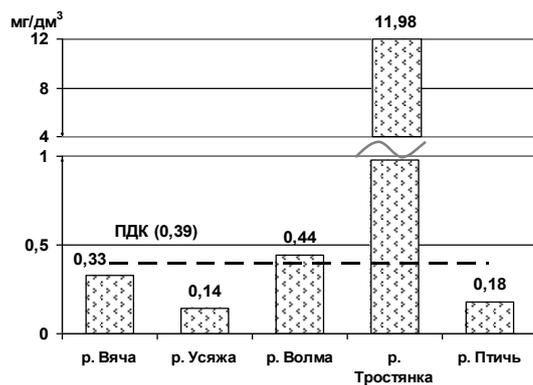
Наибольшая доля селитебной застройки присуща бассейну р. Тростянки – 30 %, при этом 2/3 ее приходится на г. Минск. Кроме того, в его пределах располагается полигон складирования коммунальных отходов «Тростянец», который является существенным источником биогенного загрязнения грунтовых вод [2].

Совместный учет приведенного экологического состояния водосборных бассейнов исследуемых рек и их гидрологических свойств позволяет оценить предпосылкам формирования качества их вод. Наиболее благоприятными они являются для р. Волма благодаря более высоким показателям расхода воды и лесистости водосбора. Менее благоприятными – для рек Вячи (низкий расход), Усяжи и Птичи (высокое сельскохозяйственное освоение водосборов) и самыми неблагоприятными – для р. Тростянки (сочетание низкого расхода с высокой застройкой и хозяйственным использованием водосбора).

Уровни загрязнения. Выполненный химический анализ отобранных водных проб показал, что из четырех рассматриваемых биогенных веществ только по нитратам не выявлено среднегодовых концентраций выше ПДК (40 мг/дм³) ни в одной из исследуемых рек (рисунок 1). По трем остальным (нитриты, азот аммонийный и фосфор фосфатов) зафиксированы превышения ПДК: по азоту нитритному – рр. Усяжа (в 2 раза), Птичь (в 1,8 раза), Тростянка (в 6,7 раза), азоту аммонийному – рр. Тростянка (в 30,7 раза), Волма (в 1,1 раза), фосфору фосфатов – р. Птичь (в 1,1 раза). Соответственно, водосборные бассейны рек, на которых построены водохранилища, играют существенную роль в биогенном загрязнении самих водохранилищ.



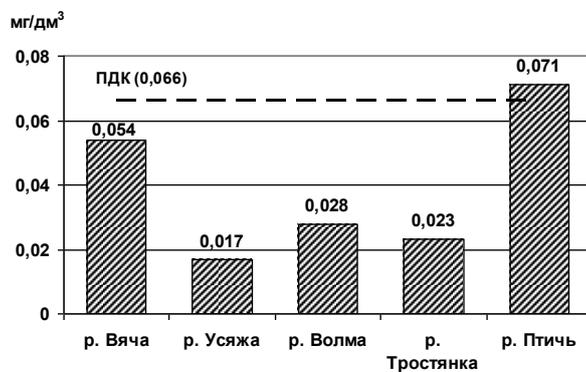
a



б



в



г

Среднегодовые концентрации биогенных веществ в малых реках пригородной зоны Минска:

a – нитритов; *б* – аммонийного азота; *в* – нитратов; *г* – фосфора фосфатов

В отличие от среднегодовых концентраций биогенных веществ повторяемость случаев текущего загрязнения ими вод в реках пригородной зоны Минска достаточно высока. Доля водных проб с превышением ПДК по этим веществам для каждой из них составила более трети. В порядке

увеличения данного показателя эти реки располагаются в следующем порядке: Усяжа (35 %) – Волма (47 %) – Вяча (48 %) – Птичь (68 %) – Тростянка (100 %).

В приведенном ранжировании прослеживается определенная зависимость уровня загрязнения речных вод от указанных выше предпосылок подверженности рек загрязнению. Более высоким является данный уровень для рек с низким расходом воды и высоким хозяйственным использованием – Тростянки и Птичи. В то же время довольно большая его величина (почти половина случаев) отмечается также для рр. Вяча и Волма, несмотря на высокую лесистость их водосборов.

Заключение. Все малые реки пригородной зоны Минска, на которых построены основные рекреационные водохранилища, подвержены биогенному загрязнению соединениями азота аммонийного, азота нитритного и фосфора фосфатов, повторяемость которого для различных рек колеблется от 35 до 100 % случаев.

В ландшафтной структуре водосборных бассейнов большинства рек преобладают возвышенные ландшафты, что обуславливает их высокую эрозионную опасность, а также поверхностный смыв почв с сельскохозяйственных земель как ведущий канал поступления в реки загрязняющих веществ.

Приоритетное значение в составе мер по снижению биогенного загрязнения рек должно получить внедрение противоэрозионных способов обработки почв в пределах их водосборных бассейнов, совершенствование технологий применения удобрений для их максимально полного усвоения растениями и минимизации поступления в грунтовые воды и поверхностного смыва, обеспечение благоприятного санитарного состояния сельских территорий и животноводческих ферм, создание барьеров на путях миграции загрязняющих веществ.

Библиографические ссылки

1. Республика Беларусь. Ландшафтная карта. Масштаб 1: 500 000. Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. Минск : РУП «Белкартография», 2014.

2. *Лысухо Н. А., Ерошина Д. М.* Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду. Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. 210 с.

3. *Струк М. И., Хомич А. А., Бакарасов В. А.* Оценка ландшафтной устойчивости территории административных районов Беларуси // Природопользование: сб. научных трудов / Национальная академия наук Беларуси, Институт природопользования, 2001. Вып. 7. С. 57-60.

ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ ЗАУРАЛЬЯ (РОССИЯ)

А. Р. Сулейманов, И. О. Туктарова, Л. Н. Белан, И. Г. Асылбаев,
Р. Р. Сулейманов, Р. Р. Мирсаяпов

Уфимский государственный нефтяной технологический университет, г. Уфа, Россия, filpip@yandex.ru

Количественное и пространственное определение содержания органического углерода почвы (ПОУ) имеет решающее значение для понимания динамики углерода в наземных экосистемах. Целью данного исследования было цифровое картографирование ПОУ в степной зоне Зауралья (Россия) с использованием метода машинного обучения «случайный лес». В исследовании использовался набор данных, содержащий 1305 точек обследований на глубине почвы 0–20 см. Объясняющие переменные для моделирования ПОУ были представлены основными факторами почвообразования. Согласно интерпретации модели машинного обучения, климат и высота рельефа были ключевыми факторами, влияющими на прогнозирование концентраций ПОУ. Данное исследование показало целесообразность использования методов машинного обучения для цифрового картографирования ПОУ и выявления ведущих факторов, влияющих на его динамику.

Ключевые слова: цифровая почвенная картография; почвенный органический углерод; машинное обучение; случайный лес.

Введение. В условиях глобального потепления органический углерод почвы (ПОУ) имеет ключевую роль так как почвы хранят крупнейшие наземные запасы органического углерода [1]. В этом отношении почва является крупнейшим резервуаром для улавливания и поглощения CO₂ из атмосферы, что способствует смягчению последствий изменения климата [2]. Информация о ПОУ и его пространственном распределении особенно необходима для разработок действий в области изменения климата и оценок темпов секвестрации на различных масштабах, от локального до глобального.

Степные почвы играют важную роль в поддержании здоровья и баланса экосистем, особенно в полужасушливых областях. Эти обширные луговые экосистемы вносят значительный вклад в глобальный круговорот углерода. Степные почвы обладают высоким содержанием ПОУ, образующегося в результате накопления и разложения растительных остатков.

Россия является крупнейшей страной в мире, охватывающей разнообразные ландшафты и типы почв, что обуславливает необходимость проведения комплексного картографирования почвенных свойств. Обширная территориальная протяженность России подчеркивает важность учета пространственной изменчивости почв в различных регионах и экосистемах, что позволяет эффективно реализовывать индивидуальные стратегии управления земельными ресурсами и методы устойчивого развития.

В связи с этим мы поставили следующие задачи в исследовании: (1) спрогнозировать пространственное распределение ПОУ в поверхностном слое методом машинного обучения и (2) установить наиболее значимые переменные окружающей среды, влияющие на распределение ПОУ.

Материалы и методы исследований. Исследование проведено в Республике Башкортостан, Россия, на территории двух районов (Баймакского и Хабуллинского), занимающих южную часть степной зоны Зауралья. Географическое положение исследуемого региона находится примерно между $51,6^\circ$ и $53,2^\circ$ северной широты и 54° и 60° восточной долготы (рис. 1). Степная зона Зауралья представляет собой преимущественно равнинный или пологоволнистый рельеф, с редкими невысокими холмами и речными долинами. Степная территория характеризуется широкими открытыми пространствами с относительно низкими перепадами высот по сравнению с окружающими горными районами. Климат континентальный, характеризуется суровыми зимами с холодными температурами и частыми снегопадами, а лето, как правило, относительно теплое и сухое.

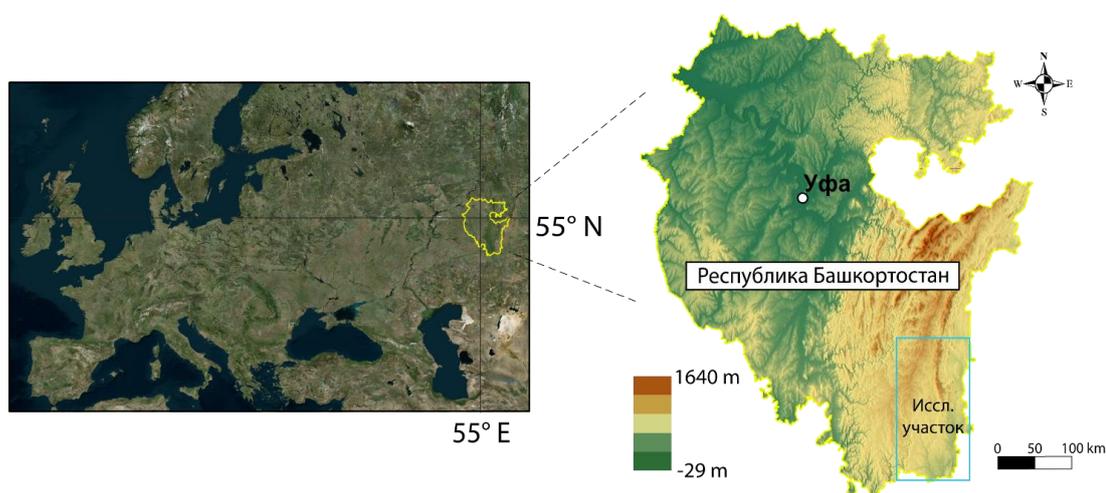


Рис. 1. Место расположения Республики Башкортостан и участка исследования

Преобладающими типами почв на степных равнинах являются черноземы (Haplic Chernozems (Loamic or Clayic, Tonguic), тогда как в южных районах встречаются засоленные почвы, представленные черноземами (Haplic Endosalic), солончаками и солонцами. Породообразующие породы представлены преимущественно делювиальными желто-коричневыми карбонатными глинами и тяжелыми суглинками.

Для работы использовался набор данных с 1316 пробами почвы из верхнего слоя (0-20 см). В данных образцах содержание ПОУ было определено классическим методом по Тюрину в модификации Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Орлову и Гринделю [3].

В этом исследовании мы использовали различные переменные (ковариаты) для пространственного моделирования ПОУ, представляющие ключевые факторы почвообразования: рельеф и производные топографические атрибуты, климат, гидрология, геологические классы и осадочные отложения, данные дистанционного зондирования, индексы растительности, типы землепользования и почв. Пространственное разрешение всех переменных составляло 250 м на пиксель.

Для цифрового моделирования содержания ПОУ мы использовали алгоритм случайный лес. Случайный лес — это метод машинного обучения, который способен обрабатывать сложные взаимодействия между объясняющими переменными и прогнозируемым параметром. Чтобы оценить эффективность модели случайного леса при прогнозировании содержания ПОУ, мы применили 10-кратный подход перекрестной проверки и рассчитали несколько показателей ошибок: среднеквадратическая ошибка (RMSE) и коэффициент детерминации (R^2).

Цифровое картографирование содержания ПОУ, процедура подготовки ковариат, и перекрестная проверка выполнялись с использованием встроенных функций и внешних пакетов языка программирования R: «psych», «terra», «caret», «ranger» и др.

Результаты и их обсуждение. Согласно перекрестной оценке модели машинного обучения, были получены следующие значения: RMSE = 0.86% и $R^2 = 0.42$. На рис. 2 представлен результат пространственного моделирования содержания ПОУ методом случайного леса в комбинации с факторами окружающей среды. Характер содержания ПОУ характеризовался снижением к югу, тогда как максимальные уровни концентрировались в горных районах запада и северо-запада.

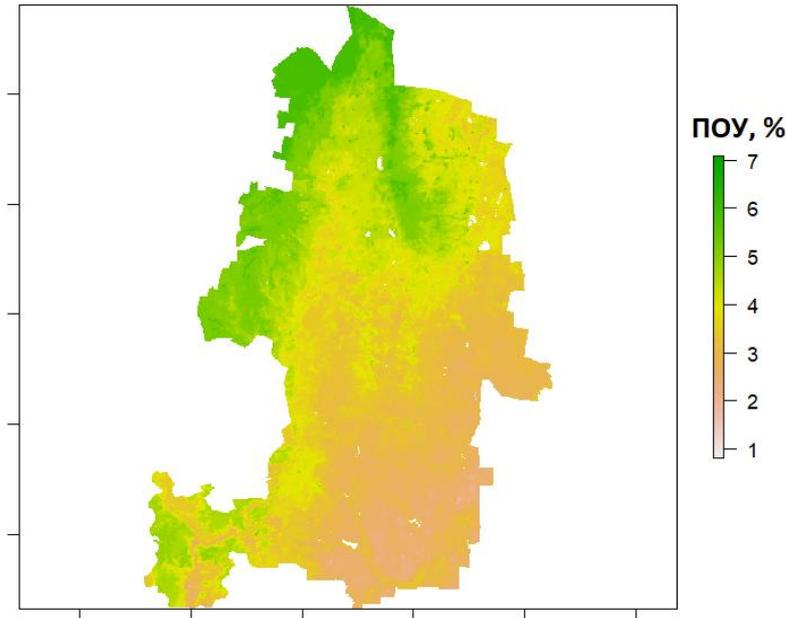


Рис. 2. Цифровая карта содержания ПОУ

Пространственные закономерности уровней ПОУ хорошо прослеживаются от горно-лесной зоны к степной за счет смены основных факторов почвообразования. В степной и горной зонах наблюдаются четко выраженные процессы почвообразования, определяющие особенности почв и их характеристики. Эти территории характеризуются специфическими климатическими условиями, растительным покровом и типами землепользования, которые влияют на динамику ПОУ. Западная часть территории исследований представлена предгорьями Уральских гор, почти полностью покрытыми лесом. Эти лесные массивы, расположенные на возвышенной местности, создают благоприятные условия для накопления ПОУ при минимальном антропогенном воздействии. Напротив, степная зона в значительной степени распахана и характеризуется более засушливым климатом, с менее густой растительностью, состоящей преимущественно из трав и кустарников. Эти особенности вносят в почву меньше органических веществ, тогда как более высокие температуры и более низкие уровни влажности ускоряют разложение органического материала, что приводит к снижению содержания ПОУ.

Результаты интерпретации модели случайного леса показали, что ПОУ в поверхностном слое контролировался переменными климата и растительности. Суммарная годовая солнечная радиация, количество осадков, высота рельефа и температура поверхности Земли были наиболее важными ковариатами для предсказания пространственного распределения содержания ПОУ.

Заключение. В данном исследовании использовался метод машинного обучения для цифрового моделирования ПОУ в степной зоне Зауралья. Используя набор данных из 1305 точек отбора с 0–20 см слоя, мы получили ценную информацию о пространственном распределении ПОУ и ведущих факторов окружающей среды, влияющих на его вариации. Результаты показали, что переменные климата и высота рельефа были ключевыми факторами, влияющие на прогнозирование ПОУ. На основе выявленных взаимосвязей между ПОУ и ковариатами, создана цифровая карта с пространственным разрешением 250 м на пиксель. Дальнейшие работы, направленные на улучшения результатов моделирования, могут включать повышение пространственного разрешения переменных и интегрирование других факторов почвообразования.

Исследование выполнено в рамках программы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «ПРИОРИТЕТ 2030» (Национальный проект «Наука и университет»).

Библиографические ссылки

1. *Batjes N. H.* Total carbon and nitrogen in the soils of the world // *European Journal of Soil Science*. 1996. № 47. С. 151–163.
2. *Lal R.* Agricultural activities and the global carbon cycle // *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2004. № 70. С. 103–116.
3. *Орлов Д. С. Гриндель Н. М.* Спектрофотометрическое определение гумуса в почве. // *Почвоведение*. 1967. № 1. С. 112-122.

**ОЦЕНКА ПРИРОДООХРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА
ПРОЕКТИРУЕМОГО ЗАКАЗНИКА МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ
«БАРСУЧИЙ ЛОГ» В МОЛОДЕЧНЕНСКОМ РАЙОНЕ**

**В. В. Устин¹, Е. В. Шушкова¹, Н. А. Архипенко¹, Е. М. Сетракова¹,
А. А. Семеняк¹, М. М. Максимов¹, Е. О. Смолярко², А. А. Шишков²**

¹ ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск,
Беларусь, zapovednoedelo@gmzil.com

² Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Приводится оценка природоохранного потенциала проектируемого заказника местного значения «Барсучий» лог», расположенного в Молодечненском районе, выполненная по отношению к критериям выбора природных территорий для объявления их ООПТ, на основании результатов натурных полевых обследований территории и анализа ведомственной и научной информации.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории; заказник; критерии; биологическое разнообразие; ландшафтное разнообразие; Красная книга Республики Беларусь; типичные/редкие природные ландшафты и биотопы.

Введение. Функционирование системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Беларуси началось в 1925 году с объявления первого заповедника в Борисовском районе (современный Березинский биосферный) и к настоящему времени приобрело планомерный и упорядоченный характер. Одним из основных механизмов формирования системы ООПТ является определение природных территорий, которые имеют характерные и особенные признаки, позволяющие отнести их к той или иной категории ООПТ. В настоящее время данный механизм закреплен в Законе Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях» [1] (Закон «Об ООПТ») в виде критериев, изложенных в статье 16 данного Закона, став эволюционным продолжением аналогичных критериев, изложенных в Национальной стратегии развития системы ООПТ [2].

Оценка природоохранного потенциала функционирующей или проектируемой ООПТ может осуществляться на основании анализа соответствия ее критериям, а также анализа устойчивости территории к факторам, оказывающим вредное воздействие на экосистемы, ценные природные комплексы или объекты ООПТ. Проектируемый заказник «Барсучий лог» расположен на территории Молодечненского района Минской области на

лесных землях Молодечненского лесхоза, где ранее были выявлены и переданы под охрану места обитания барсука – вида, включенного в Красную книгу Республики Беларусь.

Материалы и методы исследований. Оценка природоохранного потенциала природной территории выполняется в рамках подготовки научного и технико-экономического обоснования (НиТЭО) объявления (или преобразования) ООПТ. Механизм подготовки НиТЭО, также как его содержание и порядок работ, закреплен в Законе «Об ООПТ» [1]. При подготовке НиТЭО можно выделить следующие основные этапы. Первый этап включает в себя сбор ведомственных и научных данных по исследуемой территории, в том числе материалов проектов лесоустройства, землеустройства, предшествующие научные публикации, данные о переданных под охрану местах обитания или произрастания охраняемых видов животных и растений или типичных и редких биотопов и ландшафтов, исторические картографические материалы и современные спутниковые снимки. На основании анализа материалов определяется порядок выполнения полевых обследований, в том числе объем работ, их профилизация и территориальное распределение. Второй этап включает проведение полевых обследований территории, в рамках которого происходит сбор информации, необходимой для принятия решения об объявлении или преобразовании ООПТ, а также для определения границ и режимов охраны и использования ООПТ. Завершающим третьим этапом исследования является непосредственно оценка природоохранного потенциала ООПТ в целом и формирование окончательных предложений по объявлению или преобразованию ООПТ. В практике также можно выделить четвертый административный этап: проведение процедур согласования границ, площади, состава земель, режимов охраны и использования ООПТ с землепользователями, исполнительными органами и иными заинтересованными сторонами.

Результаты и их обсуждение. Территория проектируемого заказника «Барсучий лог» находится в районе деревень Вязынка и Повязынь Молодечненского района Минской области, в 1,4 км к юго-западу от г.п. Радошковичи, на лесных землях Молодечненского лесхоза и сельскохозяйственных землях фермерских хозяйств. Территория представляет собой единый природный комплекс, состоящий из небольших лесных массивов на возвышенных участках, с развитой овражно-балочной сетью, по которым протекают постоянные и временные водотоки. Регулярных наблюдений за растительным и животным миром на территории проектируемого заказника не проводилось. Оценка биологического и ландшафтного разнообразия, а также оценка природоохранного потенциала

сделана на основе полевых натурных обследований 2024 года. Установлено, что лесная растительность в проектируемых границах представлена 6 формациями, где преобладают березняки из березы повислой и сосняки, которые в совокупности занимают более 60 % исследованной территории. Ельники занимают около четверти лесных формаций и представляют собой восстанавливающиеся коренные леса. Доля других формаций в совокупности составляет не более 11%. В животном мире проектируемой территории установлено обитание представителей 4 классов позвоночных (5 видов земноводных, 5 видов рептилий, 47 видов птиц и 30 видов млекопитающих) и 2 классов (более 30 видов насекомых и более 10 видов паукообразных) беспозвоночных животных.

Оценка природоохранного потенциала показала, что природная территория отвечает 3-м общим (требуется не менее 2-х) и 3-м специальным (требуется не менее 2-х) критериям выбора природных территорий для объявления их ООПТ, указанным ниже.

Общий критерий 2.1. наличие типичных и (или) редких природных ландшафтов и (или) биотопов. На территории проектируемого заказника «Барсучий лог» выделены два вида типичных и редких биотопов общей площадью 70,2 гектаров. Первый – Леса в оврагах и на крутых склонах – на 2-х отдельных участках общей площадью 66,1 гектаров. Второй – Родники и родниковые болота – биотоп состоит из отдельных гелокренов площадью от 2 до 10 м², рассредоточенных по территории выделов 2-5 квартала 168 Радошковичского лесничества на площади 4,1 га.

Общий критерий 2.2. наличие мест обитания диких животных и (или) мест произрастания дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, и (или) к видам, подпадающим под действие международных договоров Республики Беларусь. В результате натурных обследований территории проектируемого заказника в его границах достоверно установлено произрастание одного вида дикорастущего растения, относящегося к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь: колокольчик широколистный (*Campanula latifolia* L.); а также отмечено обитание 5 видов диких животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь: барсук обыкновенный (*Meles meles*), рысь обыкновенная (*Lynx lynx*), дятел белоспинный (*Dendrocopos leucotos*), коромысло беловолосое (*Brachytron pratense*), жужелица шагреновая (*Carabus coriaceus*). Кроме того, на территории проектируемого заказника отмечено 9 видов птиц, имеющих Европейский охранный статус СПЕС.

Общий критерий 2.7. наличие естественных водных объектов, форм рельефа, уникальных или редких по своему происхождению, морфометрическим и (или) иным характеристикам.

Территория проектируемого заказника расположена на Минской возвышенности Белорусской гряды, рельеф крупнохолмистый, с отдельными моренными и камовыми холмами, осложненный оврагами и балками. Преобладающие высоты 240-260 м, перепад высот около 20 м, крутизна склонов достигает 20-25°, северный склон возвышенности образует уступ высотой около 50 м и углом наклона 25-30°, выходящим к Нарочано-Вилейской низменности. На проектируемой территории хорошо развит овражно-балочный комплекс, русла оврагов здесь крутосклонные, разветвленные, главные из них направлены в сторону долины реки Вязынка, которая являлась естественным базисом эрозии. Современные процессы оврагообразования не отмечаются, все овраги перешли в стадию балок, процессы их роста затухли.

Специальный критерий 6.1. природная территория незначительно нарушена антропогенной деятельностью и обладает высоким потенциалом восстановления. Анализ картографических материалов РККА 1925 года показывает, что в пределах проектируемого заказника по состоянию на начало 20-го века отсутствовали крупные лесные массивы и в целом территория относилась к культурному сельскохозяйственному ландшафту. Преимущественно насаждения являются производными и возникли на старопахотных землях или на месте вырубок в различное время. Наиболее высоковозрастные сосняки (100 лет) и березняки (70 лет) в лесных кварталах 169 и 173 Радощковичского лесничества приурочены к старым вырубкам широколиственно-еловых лесов в центральной и северо-западной части проектируемого заказника. Можно предположить, что активная сельскохозяйственная деятельность на этой территории привела к интенсивным процессам плоскостной и глубинной эрозии и формированию хорошо развитой, крутосклонной овражно-балочной сети. В свою очередь это привело к выводу многих эродированных участков земель из сельхозпользования, и на них постепенно восстановились леса. Учитывая возраст и состав лесных насаждений можно утверждать, что лесная растительность в пределах участка начала формироваться с конца 1930-х годов и на сегодняшний день здесь уже сформирована экосистема естественного происхождения.

Специальный критерий 6.3. природная территория является местом обитания диких животных и (или) местом произрастания не менее 10 видов дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, и (или) к видам, подпадающим под действие международных договоров Республики Беларусь. Описание аналогично для общего критерия 2.2.

Специальный критерий 6.4. природная территория играет важную роль в поддержании гидрологического режима естественных водных

объектов, болот. На дне балок присутствуют родники, образующие родниково-ручьевого комплекс.

Многочисленные места выхода подземных вод на дневную поверхность формируют топкие родниковые болота гелокрыны и кренополе с торфянистыми грунтами и характерной растительностью.

В процессе подготовки НиТЭО объявления заказника местного значения были выделены следующие *основные факторы вредного воздействия на его природные комплексы и объекты:*

а) функционирование и рост площади песчаного карьера, примыкающего к юго-западным границам проектируемого заказника с высвобождением территории под него за счет рубок леса по периметру. Интенсификация добычи песчано-гравийного материала на периферии проектируемого заказника будет приводит к постепенному снижению уровня грунтовых вод, что, в свою очередь, приводит к выпадению еловых насаждений и иным изменениям в экосистемах;

б) распространение по территории инвазивных видов растений, в том числе видов, распространение и численность которых подлежат регулированию: золотарник канадский (главным образом, на сельскохозяйственных угодьях), эхиноцистис лопастной (единичные экземпляры на берегу лесного озера), борщевик Сосновского (единичные экземпляры на краю леса). Отмечается стремительный рост площади произрастания золотарника канадского, что вызвано, в основном, отсутствием соответствующих необходимых мер, направленных на сдерживание или сокращение его площади произрастания. Также в лесах, прилегающих к участкам жилых массивов на северо-востоке проектируемого заказника, в составе лесов отмечено значительное участие инвазивного вида ирги колосистой (*Amelanchier spicata*), включенного в список Черной книги Республики Беларусь, как агрессивного чужеродного вида, наносящего ущерб экосистемам лесов. Ирга препятствует формированию напочвенного покрова и естественному возобновлению древостоя;

в) активное использование территории для отдыха местным населением (сбор грибов и ягод, пикниковый отдых, соревнования по спортивному ориентированию и пр.), что приводит к замусориванию территории бытовыми отходами и росту фактора беспокойства для диких животных.

В той или иной степени, территория проектируемого заказника также испытывает влияние от сельскохозяйственной (применение минеральных удобрений и пестицидов на территории водосбора) и лесохозяйственной (рубки главного пользования, заготовка древесины) деятельности.

Заключение. Не смотря на высокий антропогенный прессинг и производный характер лесных насаждений, территория проектируемого

заказника «Барсучий лог» имеет свое значения для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия на региональном уровне в центральной части Беларуси. Исследованная территория отвечает 3-м общим и 3-м специальным критериям выбора природных территорий для объявления их ООПТ, при установленном требовании соответствия 2-м общим и 2-м специальным критериям для заказника местного значения. Создание и функционирование заказника будет способствовать продолжению естественного восстановления экосистем на территориях, ранее подвергнутым интенсивным сельскохозяйственным нагрузкам.

Библиографические ссылки

1. Об особо охраняемых природных территориях: Закон Республики Беларусь, 15 ноября 2018 г. № 150-З.
2. Национальная стратегия развития системы особо охраняемых природных территорий до 1 января 2030 г. (в ред. постановления Совмина от 23.09.2019 № 647).
3. Нацыянальны атлас Беларусі / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. Минск : Белкартаграфія, 2002. 292 с.
4. Геоморфология Беларуси: Учебное пособие для студентов географических и геологических специальностей / Под ред. О. Ф. Якушко. Мн. : БГУ, 1999. 173 с.
5. Природа Беларуси. Том 2. Климат и вода. Мн. : Беларуская Энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2010. 504 с.
6. Республика Беларусь. Ландшафтная карта. Масштаб 1: 500 000. Минск : Белкартографія, 2014.

ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ НА ОСНОВЕ УЧЕТА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**А. Н. Червань¹⁾, Д. М. Курлович¹⁾, А. С. Семенюк¹⁾, Х. Венгуанг²⁾,
А. А. Сазонов¹⁾**

¹⁾ *Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
chervanalex@mail.ru, kurlovich@bsu.by, geo-semenuk@yandex.ru,
alexey.szonov@gmail.com*

²⁾ *Хуачжунский университет науки и технологии, г. Ухань, Китай*

Приводится краткая характеристика методики выбора репрезентативных в морфометрическом отношении участков агроландшафтов и использования алгоритмов нейронных сетей по увеличению пространственного разрешения цифровых моделей рельефа в условиях проявления процессов водной эрозии почв.

Ключевые слова: цифровая модель; морфометрия; рельеф; алгоритмы нейронных сетей; агроландшафт.

Введение. В современных интенсивных условиях использования земель исключительную значимость и актуальность приобретают исследования, направленные на изучение процессов деградации почвенного покрова агроландшафтов. Это, прежде всего, касается наиболее сложных в экологическом отношении эрозионноопасных территорий. В связи с принятием мировым научным сообществом парадигмы экологизации хозяйственной деятельности, применение новейших методических и технологических разработок должно быть направлено на приведение в соответствие природно-ресурсного потенциала сельскохозяйственных земель и возможной интенсивности их использования.

Влияние водной эрозии на состояние почвенно-земельных ресурсов – многогранная актуальная проблема. В области эрозиоведения накоплен огромный эмпирический материал. Более полувека ведутся попытки обобщить собранные данные в виде математических моделей, выражающих зависимость поверхностного смыва почв (т/га в год или мм/год) от климатических, топографических, почвенно-литологических и хозяйственных факторов. Одной из наиболее широко используемых является модель WaTEM/SEDEM v.2004, учитывающая взаимодействие между эрозионным потенциалом дождевых осадков, эродируемостью почв, эрозионным индексом возделываемых культур в среднемноголетнем севообороте и

особенностями рельефа. Алгоритм расчета базируется на модифицированном универсальном уравнении смыва почв RUSLE. В настоящее время отсутствуют единые стандарты и требования к использованию ЦМР при эрозионном моделировании. В разных работах применяются ЦМР разного разрешения, построенные на основе разных источников, характеризующихся различной детальностью отображения рельефа местности. Для проведения эрозионного моделирования в среднем и мелком масштабе используются ЦМР, полученные на основе данных дистанционного зондирования. Все больше работ появляется по увеличению разрешения цифровой модели рельефа с помощью нейронных сетей и алгоритмов машинного обучения.

Увеличение разрешения и точности цифровой модели рельефа (ЦМР) на основе сверточной нейронной сети и с учетом морфометрических параметров рельефа обеспечивает крупномасштабные исследования процессов деградации сельскохозяйственных земель и в частности таких ее видов как эрозия и подтопление. Выполнение оценок эрозии и подтопления на основе математических моделей предусматривает использование ЦМР и ГИС-моделирования отдельных морфометрических параметров. Рельеф является базовым фактором перераспределения вещественно-энергетических потоков в ландшафтах и выступает в роли «каркаса» эрозионных процессов, определяющего их интенсивность. Получение ЦМР высокого разрешения, необходимых для проведения крупномасштабных исследований крайне затруднительно или дорогостояще. Увеличение разрешения общедоступных моделей рельефа с помощью нейронных сетей актуально для получения исходных данных при математическом моделировании эрозионных процессов и подтопления на землях сельскохозяйственного назначения.

Материалы и методы исследований. Использование нейронной сверточной сети и геоинформационный анализ цифровых моделей рельефа являются методологической основой представленного исследования. Апробация разрабатываемой глобально-локальной сети на основе расчета морфометрических характеристик местности в сверхвысоком разрешении предусматривает геосистемный подход к автоматизированному анализу картометрических параметров местности, автоматизированное дешифрирование и анализ результатов лидарной съемки и геоинформационное моделирование условий землепользования эродированных агроландшафтов. Автоматизированный анализ в базах данных ГИС включает векторизацию

и растеризацию (сплайн, кригинг) данных, автоматизированную переклассификацию, калькулятор растров, GRID- и TIN-моделирование, специальные модули базы геоданных формата ArcInfo.

Результаты и их обсуждение. Поиск и обоснование репрезентативных участков осуществлялись на основе следующих факторов: вертикальное расчленение рельефа, крутизна склона, проявление экстремальных геоморфологических процессов, сельскохозяйственная освоенность земель, интенсивность проявления эрозии на сельскохозяйственных землях. Оценка факторов выполнялась на уровне административных районов Беларуси. В качестве исходных использовались соответствующие карты Национального атласа Беларуси, результаты морфометрического анализа рельефа и сопутствующие тематические базы данных. Принималось во внимание морфометрическое районирование Беларуси, разработанное Д.М. Курловичем на основе таких показателей как абсолютная высота, м; глубина расчленения рельефа, м/км²; густота расчленения рельефа, м/км²; крутизна склонов. Согласно схеме морфометрического районирования, территория Беларуси подразделяется на 5 областей и 60 районов.

Область Полоцкой низины охватывает региональный гипсометрический уровень одноименной низины с окружающими ее на западе небольшими по площади грядовыми равнинами. Она занимает 8 % территории Беларуси. Рельеф здесь преимущественно мелкорасчленен по вертикали и слаборасчленен по горизонтали, преобладают очень сильно пологие склоны.

Область Центрально- и Восточно-Белорусских возвышенностей и равнин занимает региональный гипсометрический уровень Белорусской гряды. Ее площадь составляет 32 % территории республики. Рельеф здесь средне- и мелкорасчленен по вертикали и слаборасчленен по горизонтали, по площади доминируют очень сильно пологие и очень пологие склоны.

Область низин бассейна р. Неман охватывает региональный гипсометрический уровень Неманской и Вилейской низин, занимает в пределах Беларуси лишь 5 % ее территории. Преобладает рельеф мелкорасчлененный по вертикали, умеренно расчлененный по горизонтали с очень сильно пологими склонами.

Область Предполесских равнин занимает 25 % территории республики и охватывает серию равнин, представляющих собой региональный гипсометрический уровень, занимающий промежуточное положение между возвышенностями Белорусской гряды и низинным Полесьем. Рельеф здесь мелкорасчленен по вертикали и слаборасчленен по горизонтали, доминируют по площади очень сильно пологие склоны.

Область Полесской низины охватывает региональный гипсометрический уровень одноименной низины. Она занимает 30 % территории Беларуси. Рельеф очень мелкорасчленен и мелкорасчленен по вертикали, умеренно расчленен по горизонтали, доминируют по площади очень сильно пологие склоны.

Выбор административных районов для размещения репрезентативных участков был выполнен на основе сопряженного анализа карт вертикального расчленения рельефа, крутизны склонов, экстремальных геоморфологических процессов, эрозии почв и сельскохозяйственного освоения земель.

Сформированная структура базы геоданных включает тематические блоки геоморфологических, почвенных, климатических, растительных и агротехнологических характеристик репрезентативных участков. Увеличение пространственного разрешения ЦМР производилось по трем типам нейронных алгоритмов: билинейная интерполяция, бикубическая интерполяция и чересстрочная развертка. Билинейная интерполяция (bilinear interpolation) использует для определения значения ячейки выходного растра значения четырех ячеек, ближайших к центру выходной ячейки. Выходное значение представляет собой среднее этих четырех значений, вычисленное с учетом веса, определяемого расстояниями от центра выходной ячейки до центров соответствующих входных ячеек. Принцип действия бикубической интерполяции (bicubic interpolation) аналогичен билинейной, за исключением того, что среднее значение искомой ячейки с учетом веса, зависящего от расстояния, вычисляется по 12 ближайшим ячейкам. Чересстрочная развертка (interlace) – метод хранения и отображения изображений, при котором информация о каждом пикселе хранится и отображается построчно, но, в отличие от построчной развертки, каждая строка начинается с разных позиций.

Данные нейронные алгоритмы были опробованы для трех масштабных уровней преобразованной ЦМР – с увеличением в 4, 8 и 16 раз.

Для того чтобы определить влияние детальности ЦМР на результаты эрозионного моделирования, на примере растров, полученных на территорию репрезентативного участка № 2, расположенного у д. Курсевичи Поставского района, была рассчитана статистика по ячейкам.

Полученные для растров значения максимального и среднего значений LS-фактора и среднеквадратического отклонения представлены в таблице 1. В качестве контрольных значений использовалась статистика по ячейкам растра LS-фактора, рассчитанного по исходной ЦМР без использования нейронных алгоритмов.

Статистика по ячейкам растров LS-фактора, рассчитанного по исходному и преобразованным цифровым моделям рельефа

Тип нейронного алгоритма	Увеличение детальности, раз	Максимальное значение LS-фактора	Среднее значение LS-фактора	Средне-квадратическое отклонение
Сложности местности	4	13,80	0,17	0,30
	8	22,11	0,18	0,32
	16	33,86	0,19	0,34
Диска Пуассона	4	27,88	0,17	0,40
	8	48,68	0,17	0,42
	16	204,28	0,16	0,59
Исходная ЦМР без преобразований		10,26	0,38	0,84

Анализ таблицы показывает, что из полученных с помощью нейронных алгоритмов изображений наиболее информативными оказались растры с наименьшим увеличением (в 4 раза). При значительном увеличении пространственного разрешения (в 8 и особенно в 16 раз) средние значения LS-фактора также уменьшаются в 2 и 4 раза соответственно по сравнению с 4-кратным увеличением. Это происходит вследствие того, что с увеличением детализации эрозионные формы рельефа с высокими значениями LS-фактора занимают меньшее число ячеек по сравнению с мелкомасштабными изображениями, а большая часть остальных ячеек принимает значения, близкие к нулю.

Заключение. Проведенные исследования показали, что с увеличением детальности ЦМР с помощью рассмотренных нейронных алгоритмов эрозионные формы рельефа локализуются в ограниченном пространстве, при этом небольшие перепады значений LS-фактора на основной территории агроландшафтов теряются и стремятся к нулю. В целом в результате работы нейронных алгоритмов получаются более четкие и контрастные изображения, что позволяет точнее определять наиболее уязвимые участки сельскохозяйственных земель, нуждающиеся в первоочередном проведении противоэрозионных мероприятий независимо от физико-географического положения оцениваемых агроландшафтов.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ПОДВОДНОГО ЛАНДШАФТА ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧИТИНСКОЙ ТЭЦ-1

А. Б. Шойдоков

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Чита, Россия, shdkvlv.sc@yandex.ru*

Приводится краткая характеристика биоразнообразия донных беспозвоночных подводного ландшафта водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1. Изучение и картографирование донных природных комплексов выполнено по результатам отбора проб в октябре 2022 г. Установлено, что с периода исследований 1985-1991 гг. в подводном ландшафте озера Кенон произошли изменения.

Ключевые слова: биоразнообразие; донные беспозвоночные; подводный ландшафт; водоем-охладитель; ТЭЦ.

Введение. Ввод в эксплуатацию Читинской ТЭЦ-1 в 1965 году нарушил естественный термический и гидрохимический режим озера Кенон. Произошедшие изменения после запуска теплоэлектростанции способствовали началу формирования особой геоэкологической системы водоема-охладителя, которая нехарактерна для природно-климатических условий Забайкальского края. Разработка современных методов контроля за состоянием таких систем предполагает изучение процессов обмена вещества и энергией между донными природными комплексами, в которых немаловажная роль принадлежит донным беспозвоночным (организмам зообентоса). Своей деятельностью донные беспозвоночные способны оказывать значительное влияние на биогеохимические процессы, происходящие в водоемах [3]; менять облик донных ландшафтов [2] и литоральных биоценозов [1]. Исходя из этого целью исследования стало установить видовое разнообразие зообентоса подводного ландшафта озера Кенон.

Материалы и методы исследований. Озеро Кенон – один из крупных водоемов бассейна Верхнего Амура (52.03915°с. ш., 113.38446°в. д.) (рис. 1), основной компонент Кенонской территориально-природной системы, водоем-охладитель Читинской теплоэлектростанции (ТЭЦ-1), важнейший объект водо-, электро- и теплообеспечения города краевого центра Забайкальского края – города Читы, и его пригородной территории; водоем, имеющий рыбохозяйственное значение; а также излюбленное местными жителями место отдыха.

Площадь озера составляет 15,2 км², длина 5,6 км, ширина (средняя) 2,9 км. Средняя глубина 4,8 м, максимальная 6,2 м.

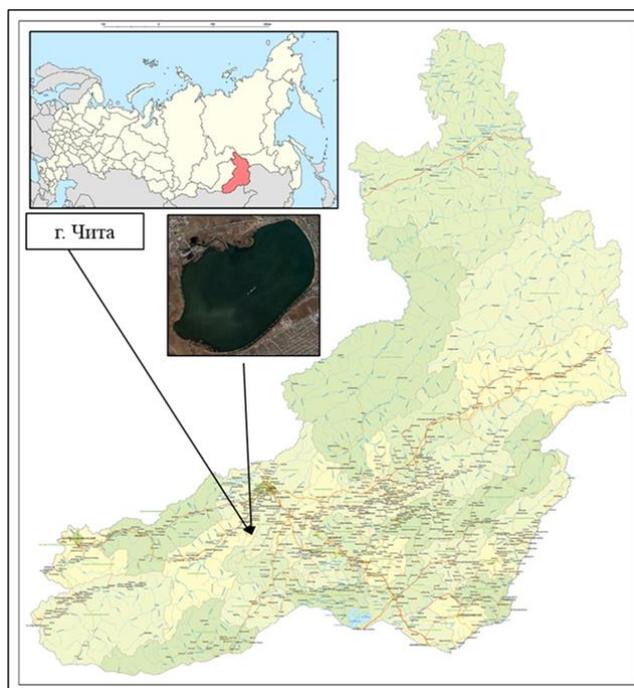


Рис. 1. Месторасположение озера Кенон

Отбор проб выполнен в октябре 2022 г. на озере Кенон на 32-х равномерно распределенных мониторинговых станциях. Пробы донных отложений и донных беспозвоночных отобраны в однократной повторности с использованием дночерпателя Петерсена с площадью захвата 0,025 м². Тип грунта оценен в соответствии с [4]. Пробы донных беспозвоночных отмыты от грунта через мельничное сито с размером ячеек 0,3 мм. Идентификация и учет организмов донных беспозвоночных выполнен с использованием микроскопом МБС-10 и МикМед-1. Весовые характеристики организмов определены на весах торсионных ВТ-500 с точностью ± 1 мг. Статистические расчеты выполнены в программе Microsoft Excel. Картирование подводных ландшафтов озера Кенон с составом крупных групп организмов зообентоса выполнено в программе ArcGIS 10.8 с использованием инструментов Spatial Analyst без учета береговой зоны водоема.

Результаты и их обсуждение. Карта-схема донных природных комплексов озера Кенон на основе типов донных отложений с составом крупных групп организмов зообентоса представлена на рис. 2.

По результатам отбора проб в октябре 2023 г. установлено, что в подводном ландшафте водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1 53 вида донных беспозвоночных, в составе которых преобладали личинки комаров-звонцов – хирономиды (74,1 %).

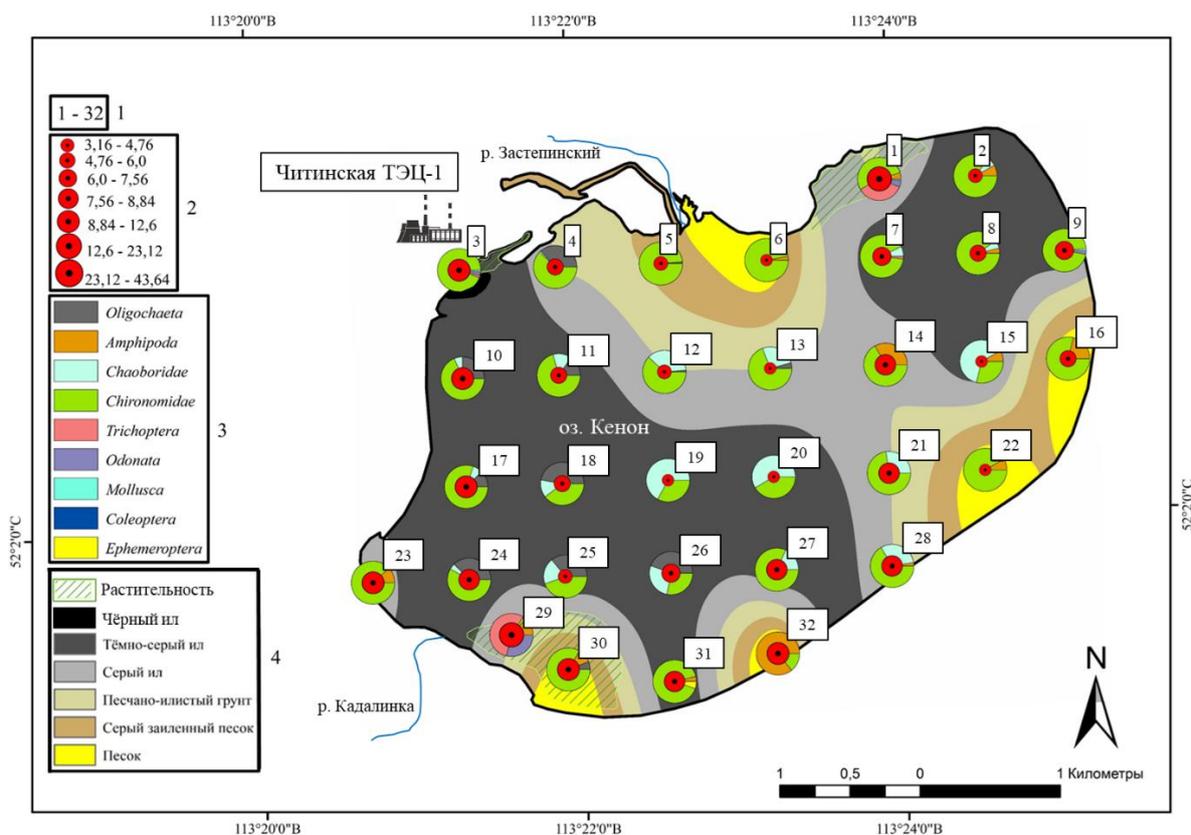


Рис. 2. Донный комплекс озера Кенон с составом крупных групп организмов зообентоса, октябрь 2022 г.:

1 – номера станций исследования; 2 – значения биомассы, г/м²; 3 – крупные группы донных беспозвоночных; 4 – донные природные комплексы (на основе типов грунта)

Общая численность донных беспозвоночных ($M \pm SE$) по всему подводному ландшафту водоема-охладителя составила $5502,5 \pm 1058,4$ экз./м² и на отдельных донных комплексах достигала 32960 экз./м². По численности доминировали хирономиды *Tanytarsus bathophilus*, *Tanipus punctipennis*, и *Procladius choreus*.

Биомасса донных беспозвоночных по всему подводному ландшафту озера Кенон составила $11,2 \pm 1,6$ г/м² и на отдельных донных комплексах достигала 43,6 г/м². По биомассе доминировали хирономиды *Tanytarsus bathophilus*, *Chironomus plumosus (cyngulatus?)*, *Procladius choreus*, а также байкальская литоральная амфипода *Gmelinoides fasciatus* (вид-вселенец).

Сравнение полученных материалов в октябре 2022 г. с данными периода исследований 1985-1991 гг. позволяют отметить изменения видового состава донных беспозвоночных. Например, в 1985-1991 гг. около 50 % от массы всех организмов зообентоса составлял *Chironomus* gr. В 2022 г. хирономус встречался единично. Помимо этого, в литоральном донном комплексе отмечены высокие показатели биомассы вида-вселенца

из озера Байкал – литоральной амфиподы *Gmelinoides fasciatus*, не отмечавшейся в водоеме в период исследований 1985-1991 гг.

Заключение. Проведенные исследования позволили установить современный видовой состав донных беспозвоночных в подводном ландшафте озера Кенон – водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1. Отмечено, что с периода исследований 1985-1991 гг. в подводном ландшафте озера Кенон произошли изменения.

Библиографические ссылки

1. Барков Д. В., Курашов Е. А. Значение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.) в структуре макрозообентоса литорали о. Валаам (Ладожское озеро) // Электронный научный журнал «Исследовано в России». 2005. С. 820-833.

2. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / А. Ф. Алимов [и др.]. Москва : Зоол. ин-т РАН, 2004. 436 с.

3. Максимов А. А. Межгодовая и многолетняя динамика макрозообентоса на примере вершины Финского залива. Санкт-Петербург : Нестор-История, 2018. 258 с.

4. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов [и др.]. Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 239 с.

РАЗДЕЛ IV ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В СИСТЕМЕ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 502.6+908

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ И АПРОБАЦИЯ ЭКСКУРСИИ «БОГАТСТВО НИЖЕГОРОДСКОЙ ПРИРОДЫ: СЕРДЦЕ ОЗЕРА СВЕТЛОЯР» НА ТЕРРИТОРИИ ВОСКРЕСЕНСКОГО РАЙОНА

А. Е. Асташин, М. А. Малышева, Д. В. Маркова

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет
им. К. Минина», г. Нижний Новгород, Россия, astashinfizgeo@yandex.ru*

В статье приведена схема экологического маршрута «Богатство Нижегородской природы: сердце озера Светлояр» на территории Воскресенского района Нижегородской области. Цель авторов – составление программы маршрута и его апробация. На данной территории расположены ряд растений, занесенных в региональную Красную книгу, также здесь расположено знаменитое озеро Светлояр. Понимание высокой природоохранной значимости территории влечет за собой корректировку характера организации отдыха рекреантами в сторону более осторожного, щадящего формата с учетом ландшафтных особенностей. В тексте приведены точки интереса для туристов и кратко даны их описания.

Ключевые слова: Природный парк; озеро; Красная книга; растение; Нижегородская обл.; Озеро Светлояр.

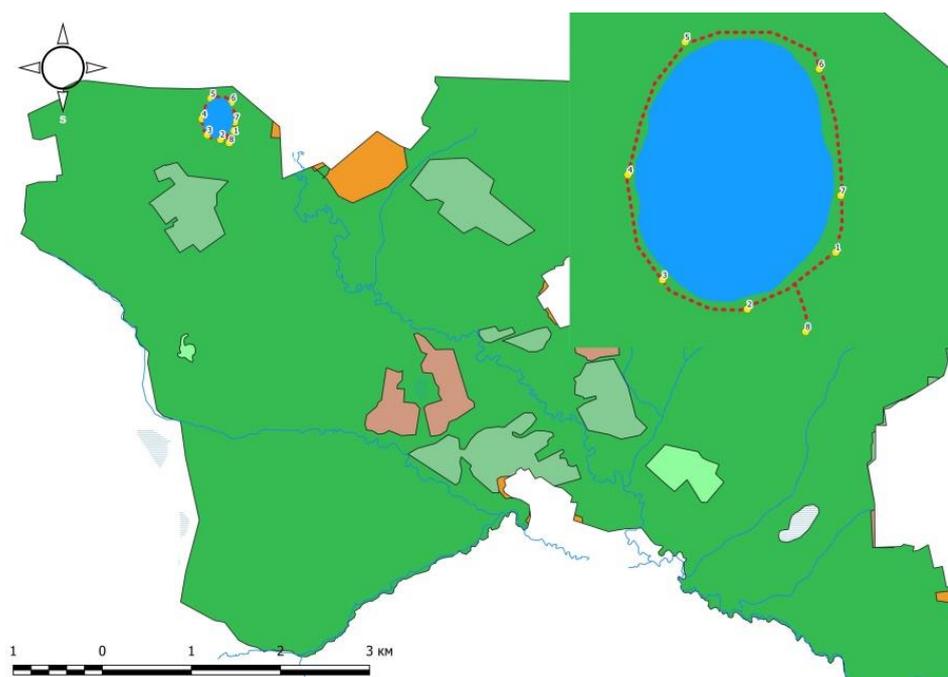
Введение. Уникальные ландшафты озера Светлояр и его окрестностей, с которыми связана знаменитая легенда о граде Китеже, служат одной из важнейших точек притяжения туристов на территории Нижегородской области. Цель данной статьи: разработать экскурсию «Богатство Нижегородской природы: сердце озера Светлояр» на территории Воскресенского района.

Задачи:

1. Дать комплексную характеристику озера Светлояр на территории Воскресенского района;
2. Разработать план туристского продукта на основе определенных критериев;
3. Провести апробацию туристского продукта «Светлояр – жемчужина Нижегородской области».

Материал и методы. При разработке программы экскурсии авторы опирались как на материалы собственных ландшафтно-географических исследований, так и на опубликованные данные географов, биологов, гидрологов, краеведов [1-7].

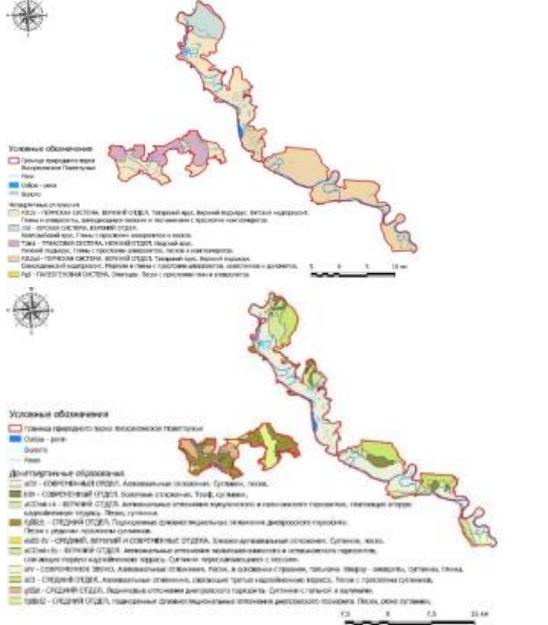
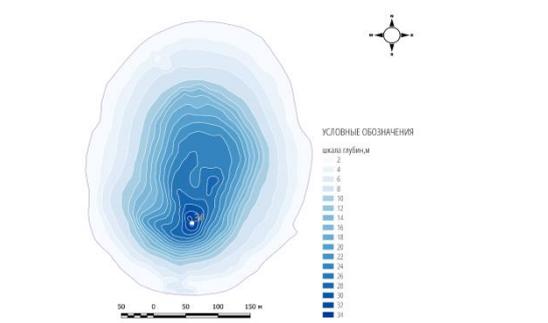
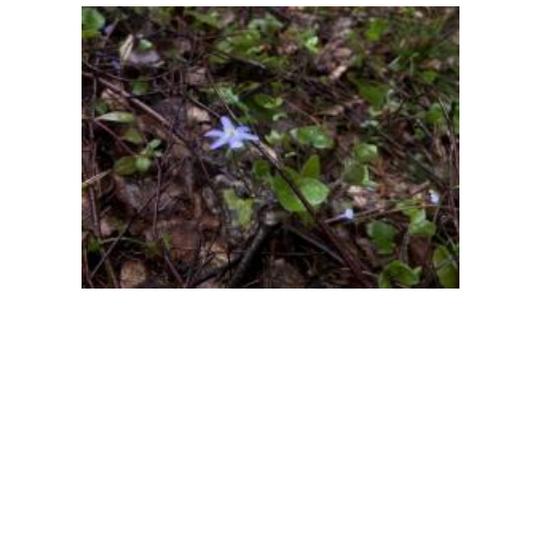
Результаты и их обсуждение. Картограмма разработанного экскурсионного маршрута приведена на рисунке, а перечень точек интереса на маршруте – в таблице.



Маршрут «Богатство Нижегородской природы: сердце озера Светлояр» на территории Воскресенского района

Точки интереса на разработанном маршруте

Номер точки интереса	Тема	Дополнительные материалы
1.	На первой остановке экскурсоводы расскажут о общих фактах озера Светлояр, его размерах, форме и глубине. Познакомятся со всеми возможными легендами о его происхождения.	

Номер точки интереса	Тема	Дополнительные материалы
2.	<p>На второй остановке познакомимся с геологическими картами территории озера Светлояр и природного парка «Воскресенское Поветлужье», тем самым узнаем многие теории происхождения озера.</p>	
3.	<p>На третьей точке познакомимся с теорией происхождения озера по мнению наших, нижегородских ученых ...</p>	
4.	<p>На четвертой точке мы погрузимся в захватывающий мир растений и животных у озера Светлояр. Одним из удивительных растений, которые можно встретить здесь, является печеночница благородная - захватывающее представление семейства Лютиковых, также известное как перелеска. Сильное корневище этого растения позволяет ему сохранять питательные вещества еще с осени, а весной оно поражает всех своим красивым цветением.</p>	

Номер точки интереса	Тема	Дополнительные материалы
5.	Рассказ о животном мире озера Светлояр и окрестных лесов.	
6.	<p>На пятой точке расскажем об окрестностях озера, о том, что можно посмотреть рядом.</p> <p>Музей «Китеж» Часовня Казанской иконы Божьей Матери Паломническая тропа Три креста и три могилы у озера Светлояр Священный камень-следовик «Стопочка Богородицы» Неподалеку от озера находится святой родник Кибелек.</p>	
7.	Проведем викторину по всему маршруту	-
8.	<p>И в завершении поднимемся по берегу вблизи Церкви Казанской иконы Божией Матери. Расскажем интересные факты о истории строительства церкви.</p> <p>А в конце полюбуемся красивыми видами озера Светлояр и сделаем фото на память!</p>	

Одной из главных достопримечательностей парка является живописное и таинственное озеро Светлояр, расположенное на окраине исторического села Владимирское. Этому озеру часто приписывают загадочное происхождение, предполагая, что оно возникло в результате падения метеорита.

Однако популярностью пользуется также легенда о загадочном городе Китеже. Известный писатель-историк П. И. Мельников-Печерский описывал тайну этого града следующим образом: «Этот город до сих пор существует, но его нельзя увидеть... Он как будто скрыт от нас Божьим велением... В тихие летние вечера на озере Светлояр, отражаются стены, церкви, монастыри, княжеские дворцы... И в ночи слышен звон колоколов Китежа ... ». Наша экскурсия начнется у берега озера Светлояр, где мы остановимся в 6 точках, чтобы узнать историю возникновения этого загадочного водоема. Длина маршрута составляет 1,8 км. При посещении озера Светлояр вы узнаете об удивительном разнообразии озера. Вы также встретите печеночницу благородную — редкую растительность, которая занесена в Красную книгу Нижегородской области. Кроме того, вы сможете насладиться красотой, окружающей вас природы, которая произрастает в этих местах и является важным компонентом природной экосистемы озер. Этот маршрут оставит незабываемые впечатления и подарит знания об истории возникновения и развития озера, их растительного и животного мира.

Заключение. В ходе разработки маршрута установлено, что ландшафты берегов озера Светлояр имеют комплексное историческое, краеведческое, геологическое, природоохранное значение. Авторами разработан план туристского продукта, который передан для дальнейшего использования администрации природного парка «Воскресенское Поволжье».

Статья подготовлена в рамках реализации проекта «Экокомпас: студенческая наука» (соглашение от 30.05.2024 г. № 075-15-2024-594). Мероприятие проводится в рамках реализации гранта в форме субсидий из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ.

Библиографические ссылки

1. Ландшафтно-рекреационный анализ территории Краснобаковского района Нижегородской области: научное издание // А. Е. Асташин [и др.]. Н. Новгород : Поволжье, 2014. 60 с.

2. Баканина Ф. М., Пожаров А. В., Юртаев А. А. Ландшафтное районирование Нижегородской области как основа рационального природопользования // Великие реки 2003: генеральные доклады, тезисы докладов Международного конгресса. Н. Новгород : ЮНЕСКО, 2003. С. 288–290.

3. Карта дочетвертичных образований: листы О-38-XXVIII, масштаб 1: 200000. Карта составлена в Волжской комплексной геологоразведочной экспедиции. [Электронный ресурс] URL: <https://vsegei.ru/ru/> (дата обращения: 01.11.2023).

4. Карта четвертичных образований. Фондовые данные АО «Волгагеология». Четвертичные отложения. Листы О-38-XXVIII; Масштаба 1: 200000 (дата обращения: 01.11.2023).

5. Климат в Нижегородской области ежемесячно // GoodMeteo. URL: <https://goodmeteo.ru/> (дата обращения: 01.11.2023).

6. ООПТ России // Воскресенское Поветлужье. URL: <http://oopt.aari.ru/oopt/> (дата обращения: 01.11.2023).

7. Природный парк «Воскресенское Поветлужье». URL: <http://vetluga-park.ru/> (дата обращения: 01.11.2023).

АРКТИКОВЕДЕНИЕ – ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Н. М. Бызова

Национальный парк «Русская Арктика», г. Архангельск, Россия, bntgeo@yandex.ru

Проект «Арктиковедение» представляет собой интеграцию современных научных знаний и национально-регионального компонента в образовании и воспитании молодежи, способствует развитию активной современной личности, адаптированной к новым научным и технологическим знаниям. Реализация проекта осуществляется в рамках внеурочной и учебной деятельности обучающихся всех ступеней образовательных учреждений.

Ключевые слова: Арктиковедение; учебная программа; учебно-методический комплекс.

Введение. Благодаря сотрудничеству Национального парка «Русская Арктика» с образовательными учреждениями города Архангельска под руководством Министерства образования Архангельской области созданы условия для разработки и внедрения проекта «Арктиковедение» в образование и воспитание молодежи [2].

Программы учебных курсов «Арктиковедение» для различных ступеней образовательных учреждений позволяют дать комплексное представление о природных особенностях, хозяйстве, населении как зарубежной Арктики, так и стратегически важной Арктической зоны Российской Федерации.

Программы учебного курса «Арктиковедение» с учетом возрастных особенностей обучающихся, предполагают существенное расширение познаний об Арктике, получение практических навыков по различным предметам из общественно-научной (история, обществознание, экономическая и социальная география) и естественно-научной (физика, химия, биология, физическая география) областей знаний.

Материалы и методы исследований. Программы учебного курса «Арктиковедение» разработаны на основе межпредметного взаимодействия общественно-научных и естественно-научных предметов на основе требований Федеральных государственных образовательных стандартов к структуре и содержанию рабочих программ учебных курсов, а также к достижению личностных, метапредметных и предметных образовательных результатов. Большое внимание уделено основным положениям Концепции развития географического образования в Российской Федерации,

Концепции преподавания учебного курса «История России» в образовательных организациях Российской Федерации. Учитывались и целевые приоритеты в воспитании детей дошкольного, младшего и подросткового возраста на уровне дошкольного, начального, основного общего и высшего образования.

Содержание программ основано на достоверной современной информации о состоянии природной среды в Арктике при современном изменении климата с учетом охраны и рационального природопользования, что имеет важное значение для молодежи при получении ими дальнейшего профессионального образования.

Результаты и их обсуждение. Арктика – самый северный регион Земли, единая природная территория вокруг Северного полюса с суровыми природно-климатическими условиями, богатыми природными ресурсами и самобытным населением. В состав Арктики наряду с Северным Ледовитым океаном входят арктические острова, часть материковых побережий Евразии и Северной Америки.

Высокоширотное положение, большая протяженность, различный характер поверхности при дефиците света и тепла влияют на физико-химические, биологические процессы морских и наземных природных комплексах. Современное экологическое состояние Арктики зависит не только от природных условий территории, но и от истории открытия, освоения и характера природопользования в прошлое и настоящее время. Коренное население во многом сохранило многовековой уклад жизни в суровых условиях Арктики, где в приоритете всегда присутствуют гармония обитания в окружающем мире и бережное отношение к природно-ресурсному потенциалу территории.

Разработка учебных программ «Арктиковедение», их содержания, методик, технологий обучения и воспитания с учетом возрастных особенностей обучающихся, обеспечило преемственность между этапами образовательного процесса от дошкольного, начального, среднего до высшего образования. За время работы по проекту «Арктиковедение» разработана и внедрена парциальная программа «Здравствуй, Арктика!» для детей старшего дошкольного образования. Основываясь на начальных знаниях детей о природном и социальном мире, в программе выделены основные разделы: «Здравствуй, Арктика!», «Животный мир Арктики», «Растительный мир Арктики», «Арктика и человек». Планируемые результаты на этапе завершения освоения образовательной программы позволяют сформировать у дошкольников системные знания о взаимосвязях природных объектов между собой и средой обитания, о влиянии человека на окружающий мир.

На основе Федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования, Концепции духовно-нравственного развития и воспитания личности гражданина России, Государственной программы Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации разработана и успешно внедрена Программа курса внеурочной деятельности «Арктиковедение» для начальной школы. Она является логическим продолжением парциальной программы старшего дошкольного образования и представлена следующими разделами: «Царство снега и льда», «Покорение Арктики», «Растительный мир Арктики», «Животный мир Арктики», «Коренное население Арктики».

Содержание курса представляет широкую возможность реализовать интеграционные связи с содержанием обязательных предметных областей и предметов учебного плана. Допускает начинать обучение с любого года, варьировать темами в зависимости от опыта учителя и подготовленности обучающихся.

Программа учебного курса Арктиковедение для 5-9 классов общеобразовательных школ представляет собой следующий этап в развитии проекта. Программа учебного курса «Арктиковедение» разработана на основе межпредметного взаимодействия общественно-научных и естественно-научных предметов с учетом Федеральных государственных образовательных стандартов для основного общего образования. Содержанию программы «Арктиковедение» направлена не только на получение новых знаний, но и на достижение личностных, метапредметных и предметных образовательных результатов, с учетом основных положений Концепции развития географического образования в Российской Федерации и Концепции преподавания учебного курса «История России», «Биологии» в образовательных организациях Российской Федерации. Достоверная современная и разнообразная информация об Арктике необходима для данной возрастной категории молодежи при выборе будущей профессии.

В связи с ростом интереса молодежи к арктическим проблемам разработана и внедрена Дополнительная общеобразовательная программа «Арктиковедение» для обучающихся 7-9 классов ГАОУ ДО Архангельской области «Центр выявления и поддержки одаренных детей «Созвездие». Данная программа носит углубленный, практикоориентированный характер, который способствует развитию познавательного интереса обучающихся к Арктике, ее природным, социально-экономическим, культурно-историческим явлениям и процессам.

В 2022-2023 учебном г. разработана и внедрена для студентов нескольких направлений подготовки и специальностей Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова общеуниверситетская программа «Арктиковедение» в качестве дисциплины по выбору

в составе философско-мировоззренческого модуля в соответствии с самостоятельными установленными университетом образовательными стандартами. Данная программа имеет комплексный, междисциплинарный характер. Она актуальна для обучения в рамках всех основных специальностей и направлений подготовки университета, так как обеспечивает теоретическую и практическую поддержку при изучении профильных дисциплин, позволяет наполнить их естественнонаучной, статистической, исторической, правовой и иной информацией об Арктике, формирует у студентов активную жизненную позицию в получении новых знаний, необходимых для дальнейшей профессиональной деятельности.

Одним из неотъемлемых условий эффективной реализации проекта «Арктиковедение» является создание учебно-методического комплекса, включающего дидактические материалы, учебные пособия для обучающихся и учебно-методические рекомендации для учителей, соответствующие организационной форме образовательного процесса.

Подготовлены и изданы программы курса «Арктиковедения для старшего дошкольного возраста [4], начальной школы [5], интерактивный словарь для младших школьников «Арктическая азбука» [1], которые прошли экспертизу и рекомендованы к печати ГАОУ ДПО «Архангельский областной институт открытого образования».

Книга «Приближая Арктику» [3] в интересной доступной форме продолжает знакомить обучающихся с уникальными арктическими объектами, событиями и явлениями. Система ссылок, словарь терминов существенно расширяет содержание очерков об Арктике и позволяет организовать разнообразные виды деятельности как на уроках, так и во внеурочное время.

На базе ГАОУ ДПО «Архангельский областной институт открытого образования» и опорного учебного заведения при РАН МБОУ МО «Город Архангельск» «Средняя школа № 45» проектом предусмотрено регулярное повышение квалификации учителей. Методические семинары, городские конференции для педагогических работников, директоров и учителей общеобразовательных школ города Архангельска и Архангельской области существенно расширяют возможность для педагогических работников получать достоверную информацию об Арктике, обмениваться опытом и проверять эффективность своей работы.

Результаты их методической деятельности по внедрению программ Арктиковедение в обучение, публикуются по решению редакционно-издательского совета Архангельского областного института открытого образования. Авторские разработки учителей внеурочных занятий и

рекомендации по реализации курса «Арктиковедение» позволяют осуществлять обмен опытом, способствуют формированию устойчивого интереса обучающихся к Арктике как стратегически важному региону России.

Заключение. Учебный курс «Арктиковедение» позволяет расширить и дать дополнительную информацию об Арктике, получить новые практические навыки из различных областей знаний. Поэтапное освоение материала, знакомство с арктическим регионом в течение каждого этапа образования и учебного года исключает фрагментарность полученных знаний, способствует формированию осознанного понимания и видения научных и практических проблем Арктики.

Учебно-методический комплекс «Арктиковедение» предоставляет учителям и учащимся, преподавателям и студентам возможность познавать Арктику, способствует укреплению нравственного потенциала личности, ее самосознания, национальной гордости за сохранение и развитие духовных традиций. Знание экономической, экологической, социально-культурной структуры Арктики, ее исторических и национальных особенностей, обогащает содержание учебного и воспитательного процесса для сохранения и развития духовно-нравственных традиций России.

В 2020 года проект «Арктиковедение» был удостоен Диплома победителя в номинации «Экологическое воспитание и просвещение» в международном проекте фонда имени В.И. Вернадского «Экологическая культура. Мир и согласие». Коллектив детского сада № 157 «Сиверко» г. Архангельск, инициатор и разработчик программы «Арктиковедение» в дошкольном образовании, в 2023 году на VII всероссийском конкурсе инициативного бюджетирования стал победителем в конкурсе лучших проектов «Модели и практики инициативного бюджетирования» в номинации «Самый оригинальный проект» и получил специальный приз научного журнала «Российская Арктика».

Учебно-методический комплекс Арктиковедение представляет интерес не только для образовательных учреждений Архангельской области, но может быть рекомендован федеральному учебно-методическому объединению при Министерстве просвещения Российской Федерации для внедрения в учебно-образовательную и воспитательную деятельность общеобразовательных учреждений Арктической зоны Российской Федерации и других регионов России.

Библиографические ссылки

1. Арктическая азбука: интерактивный словарь для младших школьников // Н. М. Бызова [и др.]; под общ. ред. А.Г. Кирилова; Нац. парк «Русская Арктика»; МБОУ «СШ № 45». Архангельск : ООО «Типография А4», 2018. 80 с.

2. *Бызова Н. М.* Арктиковедение – школьный инновационный образовательный проект // Окружающая среда Санкт-Петербурга. 2022. № 1 (23). С. 41-44.

3. *Бызова Н. М.* Приближая Арктику: книга для чтения // Под общ. ред. А.Г. Кирилова; Национальный парк «Русская Арктика». Архангельск : ООО «Типография А4», 2020. 144 с.

4. Парциальная программа «Здравствуй, Арктика!» для детей старшего дошкольного возраста // Н. М. Бызова [и др.]. Архангельск : ИЗДАТЕЛЬСТВО АО ИОО, 2023. 49 с.

5. Программа курса внеурочной деятельности «Арктиковедение» для начальной школы / И. Ф. Полякова [и др.]. Архангельск : ООО «Типография А4», 2019. 32 с.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА УРОКАХ ГЕОГРАФИИ

Т. С. Воронова

*ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», г. Москва,
Россия, voronova.t@mgpu.ru*

Одним из трендов современного образовательного процесса является его информатизация. В статье рассматриваются некоторые аспекты использования электронных картографических ресурсов на уроках географии. Приведены примеры ресурсов, целесообразных для использования при изучении нового или отработки изученного материала, а также, ресурсы для создания простых карт и картосхем.

Ключевые слова: компьютерные технологии; электронные карты; интерактивные карты; онлайн конструкторы карт.

Введение. Одним из трендов современного образования является его информатизация. Информационные технологии повсеместно внедрены в учебный процесс: от графических и текстовых материалов до электронных приложений и онлайн сервисов. В географическом образовании достаточно активно применяются различные виды информационных технологий и ресурсов. Примерами могут быть: виртуальные экскурсии; электронные образовательные платформы; электронные карты; конструкторы карт; виртуальные лаборатории и др.

Материалы и методы исследований. Материалами для рассмотрения данного вопроса стали статьи в научных журналах и сборниках конференций, интернет-ресурсы, работы автора по использованию различных видов электронных ресурсов в образовательном процессе со школьниками и студентами, а также результаты педагогической практики студентов-географов Московского городского педагогического университета.

Результаты и их обсуждение. География – одна из школьных дисциплин, в которой важную роль играет наглядность. Особое место здесь занимает географическая карта. В связи с этим будет рассмотрен один из аспектов использования информационных технологий в географическом образовании – применение электронных картографических материалов. На схеме, рис.1 представлены возможности использования электронных карт на уроках географии в школе.

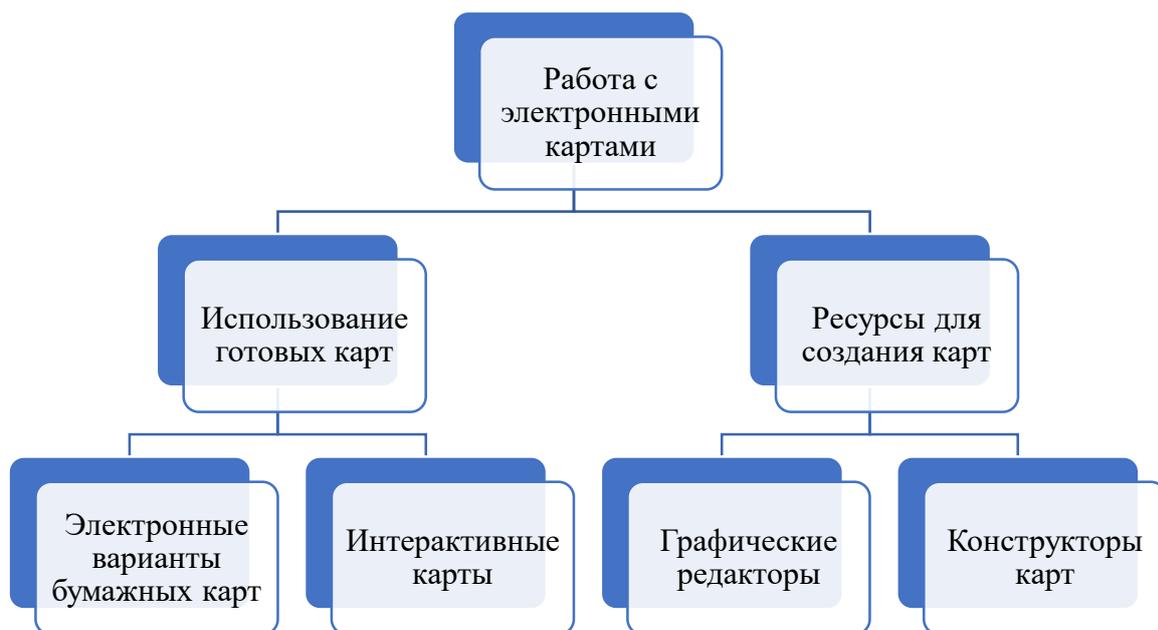


Рис 1. Возможности использования электронных карт на уроках географии

Электронная карта — географическая, цифровая картографическая модель, визуализированная или подготовленная к визуализации на экране средства отображения информации в специальной системе условных знаков, содержание которой соответствует содержанию масштабируемых карт [5]. К электронным картам можно отнести электронные варианты бумажных карт (например, отсканированные); карты, созданные с помощью специализированного программного обеспечения (графические редакторы, геоинформационные системы); интерактивные карты как учебные наглядные пособия, разработанные специалистами для каждого курса географии; интерактивные общегеографические карты, размещенные на специальных платформах в интернете, в том числе картографические сервисы, конструкторы карт, динамические модели [3, с. 90]. В зависимости от темы, цели, задач урока, возраста учащихся, степени их подготовленности, учитель выбрать работу с конкретным видом электронных карт. Но, например, при изучении некоторых тем целесообразно обратиться к онлайн ресурсам, на которых размещены интерактивные карты-динамические модели, например, карты погоды. В сети Интернет существует достаточное количество таких карт. Работа с подобными ресурсами позволяет: получить информацию об изменении климатических параметров в режиме реального времени; получить наглядное представление о циркуляции атмосферы в динамике и т. д. [3, с. 100].

Один из наиболее простых и доступных ресурсов для создания несложных карт – графические редакторы. Они могут являться стандартными установками на любом компьютере, специализированными программами или онлайн-редакторами. Суть работы в таких программах заключается в том, что

на бланковую (контурную) карту с помощью инструментария наносится информация (цвет, значки, буквенно-цифровые символы).

Другим ресурсом для создания простейших карт или картосхем являются конструкторы карт. Их можно разделить на две группы: специально разработанные программы и онлайн-сервисы. В качестве примера первой группы конструкторов можно привести «Конструктор интерактивных карт с автоматически проверяемыми заданиями» [4]. Программа достаточно проста в использовании. В конструкторе как учитель, так и ученик могут создавать и редактировать карты, наносить и удалять объекты, работать с несколькими слоями одновременно и по отдельности [2, с. 195]. Кроме того, данный конструктор может быть использован учителем в качестве тренажера для отработки или для проверки усвоения изученного материала. Вторая группа – это онлайн-сервисы, так называемые онлайн конструкторы карт. На сегодняшний день таких ресурсов существует достаточно много. Среди примеров можно назвать «Конструктор карт Яндекса», «2ГИС. Конструктор карт», «Maps-creator», «Build a map», «Scribble Maps» и др. Такие конструкторы созданы на основе существующих картографических сервисов и включают несложный набор инструментов для создания точечных, линейных и площадных объектов. Особенностью таких ресурсов являются: наличие готовой картографической подосновы с географической привязкой; набор сходных инструментов для рисования (метки, линии, полигоны, окружности); подходят для создания простейших точечных, линейных и площадных объектов; часто используются для отрисовки маршрутов. На рис.2. представлена страница онлайн конструктора 2 ГИС, с нанесенными на базовую карту объектами: фрагментом маршрута, с ключевыми точками и многоугольником, показывающим озелененную территорию.

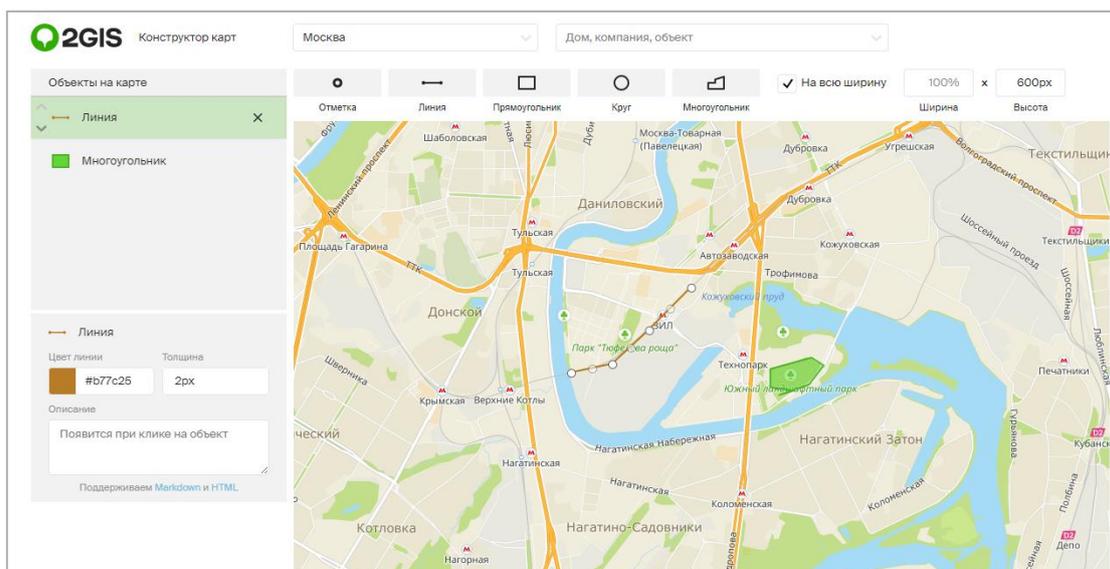


Рис 2. Интерфейс «2 ГИС. Конструктор карт»
Составлено по: [1].

Заключение. Таким образом проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что существуют разнообразные компьютерные технологии и электронные ресурсы для их использования на уроках географии. Как у учителя, так и у учеников есть возможность работы с готовыми картографическими материалами, например, размещенными в свободном доступе в сети Интернет, так и создавать несложные карты и картосхемы с помощью специальных программ и сервисов.

Библиографические ссылки

1. 2 ГИС. Конструктор карт. URL: <https://makemap.2gis.ru> (дата обращения: 07.09.2024).

2. *Воронова Т. С.* Методы построения и использования компьютерных карт в школьной географии // Информационные технологии в образовании: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. Саратов : Наука, 2015. С. 194-196.

3. *Воронова Т. С.* Возможности использования интерактивных карт при изучении некоторых тем школьного курса географии // Информационные технологии в образовании. 2022. № 5. С. 89-93.

4. Конструктор интерактивных карт с автоматически проверяемыми заданиями. URL: <https://obr.1c.ru/markit/> (дата обращения: 07.09.2024).

5. Электронная карта / Большая Российская энциклопедия. URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/4929407> (дата обращения: 07.09.2024).

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ УЧАЩИХСЯ (НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ ШКОЛЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ)

Д. И. Гладких, О. С. Антипова

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
dddanna14@gmail.com, antipova11olga@gmail.com*

Приводится краткая характеристика теоретико-методологических основ формирования экологической культуры учащихся. Изучение возможностей применения инновационных подходов осуществлялось в рамках создания и анализа практической деятельности Школы экологического воспитания (на базе ГУО «Средняя школа № 181 г. Минска»). Приведены результаты исследований в области формирования экологической культуры применительно к учащимся II и III ступеней общего среднего образования.

Ключевые слова: экологическая культура; экологическое воспитание; инновационные подходы; внеурочная деятельность; информационные компьютерные технологии.

Введение. Проблемы формирования экологической культуры населения на современном этапе развития человеческого общества являются актуальными в связи с увеличением воздействия на окружающую среду. Особую роль в данном вопросе играют педагогические науки. Основная задача современной системы образования сводится к развитию не только профессионально грамотной, но и гуманистически сориентированной личности, которая способна постигать многообразие и сложность природных, социально-нравственных и духовных проблем, умея адекватно реагировать на происходящие изменения. Формирование экологической культуры происходит в результате синтеза двух относительно независимых, взаимопроникающих и взаимодействующих процессов: экологического образования и экологического воспитания [1]. Анализ современных исследований в данной предметной области показал, что экологическому воспитанию уделяется меньшее внимание по сравнению с экологическим образованием. К тому же, следует учесть тот факт, что как педагогов, так и учащихся часто не устраивают традиционные формы и методы организации учебно-воспитательного процесса в области изучения экологии. Необходимо поиск эффективных форм представления экологических знаний, способствующих их практическому применению учащимися не только в процессе учебы, но и в условиях повседневной жизни. В качестве одного

из примеров удачного соединения инновационных подходов в области формирования экологической культуры учащихся нами рассматривается создание Школы экологического воспитания.

Материалы и методы исследований. Теоретическая часть работы построена на анализе классических трудов и современных исследований в области экологического образования и воспитания, актуальных учебно-методических материалов, воспитательных программ и нормативно-правовых актов Беларуси. Для практической части работы использованы методы социологических исследований (опрос, наблюдение, анкетирование), методы формирования общественного сознания личности (убеждение, пример, рассказ, дискуссии), методы организации деятельности и поведения детей (упражнения, выработка привычек, педагогические требования и ситуации), методы, корректирующие и стимулирующие деятельность и поведение учащихся (моральное поощрение, соревнование), инновационные игровые и информационные компьютерные технологии (далее ИКТ). Особенностью проведенного исследования является рассмотрение проблемы воспитания экологической культуры применительно к учащимся II и III ступеней общего среднего образования.

Результаты и их обсуждение. Процесс формирования экологической культуры является длительным и сложным, поэтому необходимо начинать его с детства. Однако понимание сложных концепций в экологии возможно лишь с определенного возраста, когда человек уже способен задействовать большую часть потенциала своего интеллекта. Таким образом, наиболее перспективным для формирования экологической культуры возрастным сегментом являются учащиеся II (5-9 классы) и III (10-11 классы) ступеней общего среднего образования.

Необходимым условием также является развитие у учащихся интереса к экологии. Классические методики и методы общего образования не всегда эффективны в современном обществе. Новое поколение не настроено на заучивание общеизвестных фактов, изучение большого объема литературы и монотонного описания выявленных человечеством проблем. Психология современного ребенка указывает на то, что дети поколения Z («зумеры», родившиеся приблизительно в интервале 1997-2012 гг.) не привыкли находить и решать проблемы самостоятельно. Кроме того, у данного поколения нет понятия, где и как проводить поиски информации для решения проблем. Важным для них является мотивация и внимание к их личности, использование гаджетов и новаторских технологий. Родителями редко закрепляется чувство самостоятельности у ребенка, эта функция перекладывается почти полностью на педагогов. Поколение А («альфа», родившиеся с 2013 г.) отличается повышенным чувством собственного достоинства и практичностью во всем, но быстро утрачивает

интерес к чему-либо, их трудно поразить или осчастливить. «Альфы» очень быстро прогоняют информацию через себя и проводят ее детальный анализ, но тяжело удерживают в уме получаемые сведения [2]. В связи с этим при формировании экологической культуры у современного общества необходимо делать упор не только на учебные материалы, но и на развитие самостоятельности, вовлеченности, чувство заботы, любви, сострадания и ответственности, то есть на воспитание человеческих качеств учащихся. В совокупности с практикоориентированным подходом это приведет к формированию целостного понимания необходимости сохранения окружающей среды и гармонизации отношений между обществом и природой.

Проблема формирования экологической культуры не ограничивается только образовательным аспектом, поэтому достигнуть ее решения только за счет изучения экологии в рамках учебных занятий будет недостаточно. Важной составляющей, на взгляд авторов, является экологическое воспитание учащихся при непосредственном руководстве педагога. Наиболее эффективной формой реализации данной концепции является создание Школ экологического воспитания. В рамках исследования процесса формирования экологической культуры учащихся на базе ГУО «Средняя школа № 181 г. Минска» создана Школа экологического воспитания (далее Школа). Основополагающими аспектами обучения в ней выбраны следующие: внеурочная форма деятельности; самостоятельный выбор учащимся данной дисциплины; углубленное изучение экологии не за счет теории, а вследствие фактической практической работы учащихся и педагога; использование инновационных методов изучения. Несмотря на то, что в Школе отдельные теоретические занятия (лекции, например) почти полностью отсутствуют, для развития базы теоретических знаний используется подход, заключающийся в поиске экологической проблемы и ее решения. Он реализуется в ходе различных мероприятий, которые дифференцированы для учащихся разного возраста.

Школьники 5-7 классов еще не готовы самостоятельно идентифицировать экологические проблемы. На помощь им приходит педагог, который проводит самостоятельно или с помощью экскурсовода различные экскурсии (посещение эколого-просветительских центров, музеев краеведческой и природоохранной направленности, экологических троп, парков, ООПТ тематических выставок и экологических акций). Так, в рамках деятельности Школы, учащиеся уже посетили Республиканский центр экологии и краеведения, музей природы и экологии Республики Беларусь, музей землеведения факультета географии и геоинформатики БГУ, совершили экскурсии по паркам Минска (парк Павлова, Парк Горького, парк Челюскинцев, парк «Северный берег», Лошицкий усадебно-парковый

комплекс), изучили экологические тропы «Легенды белорусской флоры» (Центральный ботанический сад), «Птичья полянка», «Город птиц», «Цна» и др. В ходе экскурсий учащиеся видят и изучают окружающий мир, им предоставляется возможность самостоятельно высказаться об увиденном и услышанном. Параллельно педагог задает наводящие вопросы на выявление проблем, которые могут возникать на данных территориях. Таким образом, учащиеся начинают не только видеть окружающий их мир и изучать его, но и анализировать конкретную ситуацию, предполагать последствия развития выявленных проблем. Подобная наглядность и возможность прочувствовать суть и важность изучаемых процессов в природе в значительной степени повышает интерес учащихся к экологическим проблемам.

Одним из инновационных и перспективных направлений для вовлечения учащихся в процесс изучения материала является использование игровых технологий. Игровая деятельность улучшает внимание, ловкость, воображение, умение командной работы. В большей части игр легко работать с постановкой проблем и достижением их решения. Кроме того, игры развивают соревновательный дух. Проведенные игры в рамках экскурсий для учащихся Школы: создание фотовыставки «Парки Минска» в аккаунтах учеников в социальной сети Инстаграм, создание книги «Большой гид по зеленушкам моего города» с примерами сухоцветов и фотографиями, проведение квестов по поиску растений и животных парков. В ходе посещения экотроп учащиеся Школы создавали информационные буклеты на основе заполнения карточек, участвовали в ролевых играх. Участие в различных конкурсах сильно мотивирует детей к обучению. Большей части необходима только поддержка и некоторые советы. При первых самостоятельных достижениях у учащихся развивается дух «хочу больше делать сам». У 5-7 классов приоритетными конкурсами являются творческие: участие в создании фотоколлажей, видеороликов, мини-проектов. Занятия по изготовлению творческих поделок в Школе проводятся с параллельным изучением происхождения материалов и их применением в повседневной жизни людей.

Благодаря использованию ИКТ возможно значительно расширить пути изучения тем экологической направленности. Но, несмотря на все плюсы использования, нельзя забывать о том, что ИКТ только инструмент для познания, который не может заменить реальную практическую деятельность, в которой приобретаются знания и умения. Одним из методов использования ИКТ является создание видеороликов, в ходе чего формируется способность кратко и четко формулировать суть экологической информации. Создание фотоколлажей формирует эстетическое развитие

учащихся, они начинают познавать основы дизайна и визуального представления информации (в будущем - в научно-исследовательской и практической деятельности).

Необходимым условием для формирования экологической культуры является внедрение в жизнь учащихся личных экопривычек. Для этого с самого начала обучения в Школе каждым ребенком создается книга «Моя экокоституция», которая заполняется по мере взросления. Она хорошо отражает приобретаемые навыки и формирует чувство ответственности за свои действия. В книге есть 3 раздела: экопривычки дома, экопривычки в городе, экопривычки на природе. Также имеются правила по заполнению книги. Например, если экопривычку вводит не только ребенок, но и члены его семьи, учащемуся выдается специальная наклейка. Тем самым развивается мотивация к распространению экологических навыков, приобретаемых самим учащимся. За внедрение определенного количества экопривычек ребенку также выдается наклейка. Учащиеся стремятся быстрее заполнить книгу, вдохновляются вести экодружественный образ жизни. Как показывает практика Школы, привыкание к постоянному соблюдению привычек происходит стремительно, через месяц школьники уже не замечают, как придерживаются их. Таким образом, выработанные действия закрепляются на подсознательном уровне учащихся и сопровождают их дальше по жизни.

Приобретенные в 5-7 классах экологические знания предоставляют возможность дальнейшего выбора изучаемого направления в экологии. Учащиеся 8-11 классов уже могут ответить на вопросы о том, что их интересует, чем в дальнейшем они хотят заниматься в Школе. Сформированные целеполагания позволяют углубиться в научно-исследовательскую деятельность. Более серьезный характер работ дает возможность воспитать у школьников инициативу и ответственность за возлагаемую на них работу. Научно-исследовательская деятельность знакомит учащихся с новыми понятиями: «методы» и «методика», которые в рамках учебных занятий подробно не рассматриваются. Происходит понимание, как проводятся экологические исследования. На данном этапе учащиеся знакомятся с различными видами научных экспериментов, возрастает интерес к изучению местности и сохранению природы своей страны, что содействует гражданско-патриотическому воспитанию личности.

Учащимся должна быть понятна тема исследования. Лучше, чтобы ученик сам выбрал ее, а педагог только подкорректировал. Научно-исследовательская работа предполагает использование теоретических знаний и практических умений для проведения экспериментов (оценки, прогноза и др.). Первым этапом исследовательской деятельности становится

целеполагание. Корректная постановка целей и задач часто вызывает затруднение у учащихся, поэтому выполняется с помощью научного руководителя. Далее определяются объект и предмет исследования, происходит изучение существующего опыта в выбранной области, подробно изучаются методики проведения работ. На основе изученных материалов учащиеся разрабатывают собственную методику. При этом происходит изучение методов экологического картографирования, знакомство с ГИС-технологиями, построение различных схем и диаграмм.

Огромное значение при научно-исследовательской деятельности имеет практическая направленность работ. В процессе исследования, учащиеся приобретают навыки четко формулировать изучаемую экологическую проблему, находить причины ее появления, разрабатывать методику исследования и проведения экспериментов, делать практические выводы, предлагать мероприятия для минимизации экологических последствий.

Заключение. Проведенные исследования подтверждают важность сочетания экологического образования и воспитания в процессе формирования экологической культуры учащихся. Синергетический эффект этих двух составляющих достигается и особенно ярко проявляется в рамках внеурочной деятельности. Использование инновационных подходов, таких как создание Школ экологического воспитания, открывает широкие возможности для роста экологической грамотности населения. Повышается эффективность обучения за счет внедрения инновационных форм представления экологической информации и взаимодействия педагогов с новыми поколениями учащихся. Перспективными направлениями для формирования экологической культуры учащихся является: установление и поддержание связей Школы экологического воспитания с профильными ВУЗами; более широкое использование социальных сетей в процессе экологического воспитания и популяризации экологических знаний.

Библиографические ссылки

1. Кезин В. Г. Экологическая культура и место экологических отношений в ее составе // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2014. № 3 (24). С. 55-62.
2. Теория поколений...X, Y, Z и A (альфа) - кто есть кто? [Электронный ресурс] / ПГУ им. Т.Г. Шевченко. URL: <http://spsu.ru/news/4525-teoriya-pokolenij-x-y-z-i-a-al-fa-kto-est-kto> (дата обращения: 20.07.2024).

ОТ ОБУЧЕНИЯ К ПРАКТИКЕ, ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ: К 100-ЛЕТИЮ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ БЕЛАРУСИ

Ю. А. Гледко, П. С. Лопух

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
gledko74@mail.ru, lopuch49@mail.ru*

Рассматриваются вопросы подготовки кадров для нужд государственной гидрометеорологической службы Беларуси. Показана необходимость взаимодействия образовательных организаций и подразделений Белгидромета в целях адаптации образовательного процесса к современным условиям и повышения качества образования.

Ключевые слова: гидрометеорология; подготовка кадров; образовательный процесс; Белгидромет.

В 2024 году 100-летний юбилей отмечает Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет) Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. 1 июля 2024 года состоялась международная научно-практическая конференция «Достижение Республики Беларусь по обеспечению гидрометеорологической безопасности в условиях изменчивости и изменения климата».

БГУ на конференции представили заведующий кафедрой общего земледования и гидрометеорологии Юлия Александровна Гледко и профессор кафедры Петр Степанович Лопух. С приветственным словом перед присутствующими выступил Министр природных ресурсов и охраны окружающей среды Сергей Михайлович Масляк.

О важности подготовки кадров для нужд государственной гидрометеорологической службы в своем докладе рассказала Ю.А. Гледко.

Белорусский государственный университет - это единственный в республике образовательно-научный центр по гидрометеорологии и проведению комплексных исследований атмосферы и гидросферы с использованием современных геоинформационных технологий. Специальность 6-05-0532-02 «Гидрометеорология» является уникальной в Республике Беларусь, подготовка кадров по ней осуществляется только на факультете географии и геоинформатики Белорусского государственного университета. Выпускающей кафедрой является кафедра общего земледования и гидрометеорологии.

Подготовка специалистов в области гидрометеорологии в Белорусском государственном университете начата с 2006 года в рамках специальности «География» направление «Гидрометеорология».

С 2013 года на основе производственного направления открыта новая специальность 1-31 02 02 «Гидрометеорология» с пятилетним сроком обучения (с 2018 г. четырехлетним) и присвоением квалификации «Географ. Гидрометеоролог». С 2024 года обучение ведется по специальности 6-05-0532-02 «Гидрометеорология» с присвоением квалификации «Гидрометеоролог» (рис. 1).

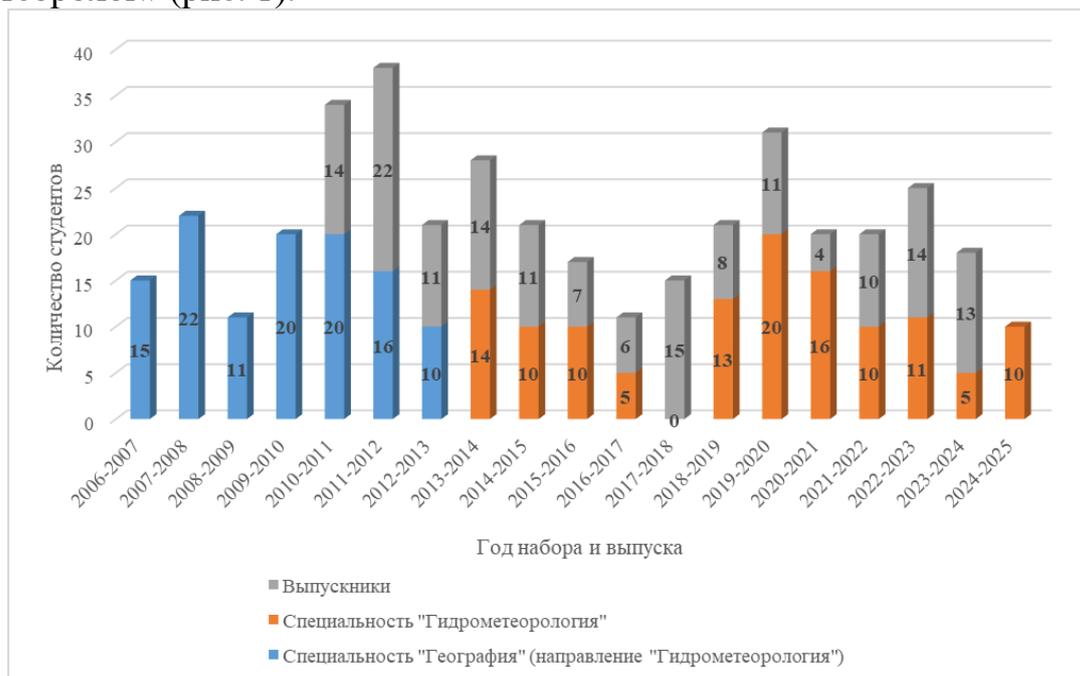


Рис. 1. Количество поступивших и выпускников по специальности «Гидрометеорология» в БГУ

К преимуществам обучения по данной специальности можно отнести: получение навыков использования современных численных методов анализа гидрометеорологической информации, включая технологии искусственного интеллекта; изучение языков программирования для обработки геоданных и проведения научных исследований, соответствующих мировому уровню; наличие собственного гидрологического и метеорологического оборудования, в том числе автоматизированной метеорологической станции; наличие филиала на базе ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» с возможностью обучения на производстве и получения доступа к фондовым материалам.

За без малого два десятка лет подготовлены высококвалифицированные специалисты в области гидрометеорологии, которые успешно работают на таких должностях как инженер-гидролог, инженер-метеоролог,

инженер-агрометеоролог, инженер-синоптик (1 и 2 категории) в системе учреждений Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, производственных и проектных организациях, а также в качестве инженера-исследователя, младшего научного сотрудника, в научных учреждениях в соответствии с должностными инструкциями и квалификационной характеристикой специалиста. Несмотря на то, что основное количество вакансий приходится на Белгидромет (рис. 2), специалисты-гидрометеорологи могут быть востребованы также в проектных институтах и организациях, которые работают в сфере добычи полезных ископаемых, строительства и транспорта, занимаются проектно-изыскательской деятельностью. Также выпускники могут найти работу в экологических организациях и МЧС. Еще один вариант для выпускников – это преподавание и наука. В настоящее время на профильной кафедре идет смена поколений, хотя наука по-прежнему финансируется достаточно скромно. Университетские исследователи могут пользоваться мировыми образовательными ресурсами, электронными каталогами, передовой учебной литературой и базами данных гидрометеорологической информации, печатать работы в иностранных изданиях и участвовать в международных конференциях и форумах.

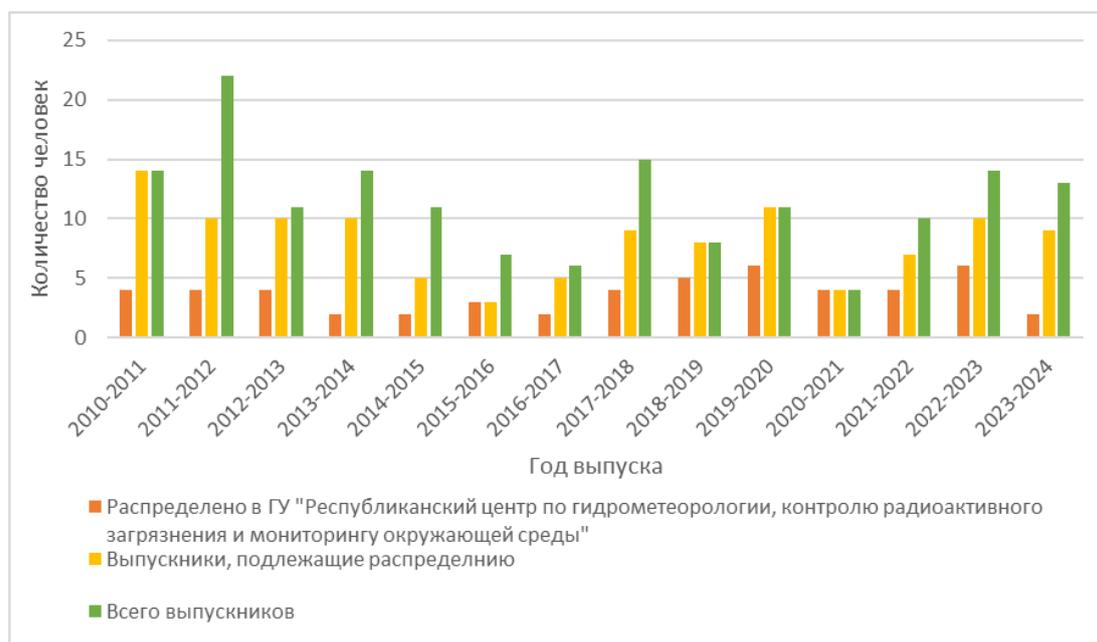


Рис. 2. Распределение выпускников специальности «Гидрометеорология» в учреждения Белгидромета

Интенсивные процессы структурных изменений, протекающие в экономике Республики Беларусь, обусловили высокий спрос на специалистов нового формата, которые должны исходя из данной исторической, экономической и политической ситуации, протекающей в стране,

успешно реализовать эти процессы. Именно запросы практики диктуют цели, методы и содержание высшего образования. В настоящее время дуальная система подготовки является одной из самых эффективных форм подготовки профессиональных кадров в мире, при которой осуществляется одновременное теоретическое и производственное (практическое) обучение. Данная система обучения является одним из возможных способов объединения интересов предприятия, будущего специалиста и государства, решая задачи подготовки специалистов, максимально отвечающих требованиям работодателей; создания дополнительных возможностей повышения эффективности подготовки кадров; взаимосвязи различных систем (наука и образование, наука и производство), приводящее к качественным изменениям в профессиональном образовании. По своей сути дуальная система обучения означает параллельное обучение в образовательном учреждении и на производстве, в основе которого лежит принцип взаимосвязи теории с практикой. Такой подход к получению профессии имеет неоспоримые преимущества перед классической формой обучения и успешно применяется в настоящее время в сфере профессионального образования в области гидрометеорологии.

Преимуществами системы дуального обучения являются: практическая часть обучения проводится в Белгидромете; содержание учебных планов, программ по дисциплинам специальности согласуются с работодателями; обучение на предприятии способствует лучшей мотивации учащихся, которые изначально понимают суть получаемой специальности; при трудоустройстве выпускников возможно немедленное применение знаний, приобретенных во время обучения.

Особое значение в реализации принципов дуального обучения отводится филиалу кафедры общего землеведения и гидрометеорологии, открытому на базе Белгидромета в 2006 году. Филиал кафедры создан в целях укрепления связей университета с производством и усиления практической направленности подготовки специалистов по специальности «Гидрометеорология», закрепления теоретических и практических знаний, профессиональных компетенций студентов, проведения совместных научных исследований с использованием учебно-научной базы кафедры и научно-производственной базы Белгидромета. В целях лучшей адаптации студентов в процессе обучения к конкретным производственным условиям, получению ими навыков работы в трудовых коллективах ряд занятий по учебным дисциплинам проводится непосредственно в Белгидромете. Одним из перспективных направлений подготовки специалистов в области гидрометеорологии в настоящее время является расширение баз

производственных практик и открытие филиалов кафедры в организациях, деятельность которых непосредственно зависит от ожидаемых условий погоды.

При кафедре функционирует магистратура (рис. 3, 4). БГУ единственный ВУЗ который готовит магистров по специальности 7-06-0532-02 «Гидрометеорология» в республике. Будущие магистры приобретают навыки использования современных информационных технологий для решения научно-исследовательских и инновационных задач; овладевают методикой оценки величины и возмещения ущерба от опасных метеорологических явлений применительно к разным субъектам хозяйствования при решении исследовательских задач рационального природопользования; приобретают навыки использования синоптической информации для численного моделирования прогноза погоды на мезомасштабном уровне; составления долгосрочных метеорологических прогнозов, на основе современных информационных технологий; анализа синоптических условий образования опасных явлений погоды для обоснования прогнозов их влияния на различные виды экономической деятельности и др. В 2024 году впервые осуществлен выпуск обучающихся по программе углубленного высшего образования по специальности 7-06-0532-02 Hydrometeorology (Profiling Water resources management and climate risks).

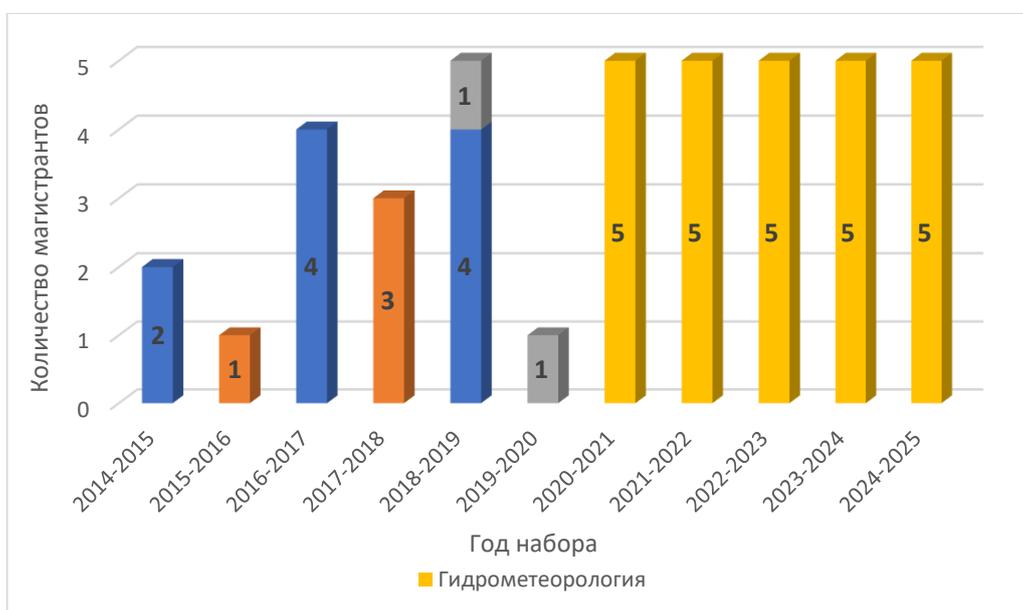


Рис. 3. Количество выпускников, поступивших в магистратуру

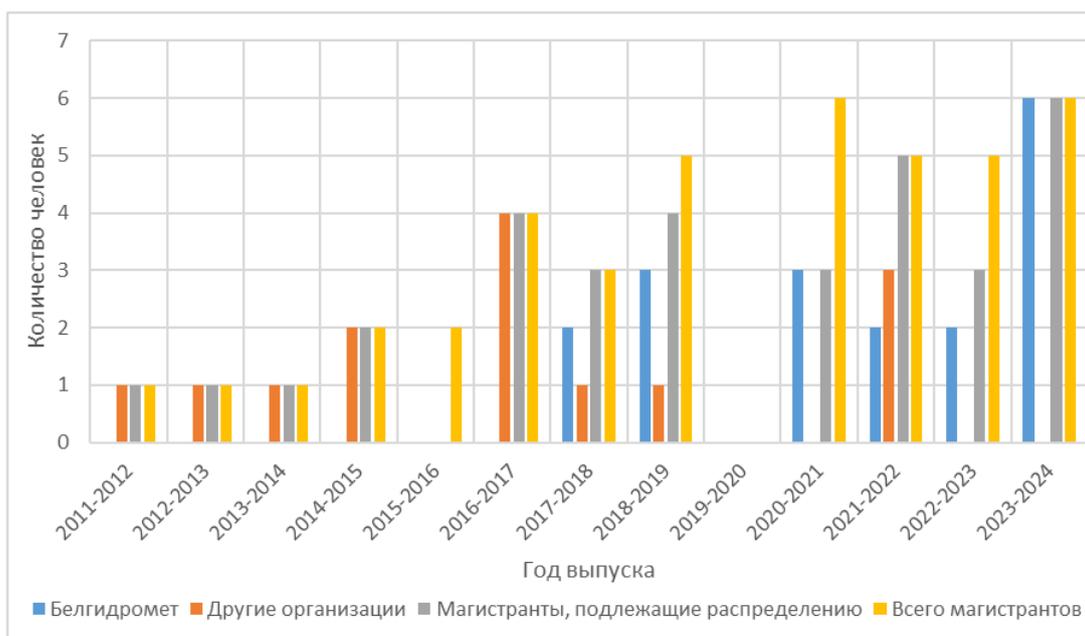


Рис. 4. Распределение выпускников специальности 7-06-0532-02 «Гидрометеорология»

Подготовка кадров высшей квалификации на кафедре через аспирантуру осуществляется по специальности 25.03.01 – физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов по географическим наукам. Общее количество обучающихся в аспирантуре в 2023-2024 учебном году составило 4 человека, из которых 3- сотрудники Белгидромета. В 2024-2025 учебном году планируется поступление 2 сотрудников Белгидромета, что свидетельствует о высокой заинтересованности руководства учреждения в развитии научного потенциала, увеличении публикационной активности сотрудников, а также выполнении научно-исследовательских работ.

ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА ООПТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: КОНЦЕПЦИЯ И ДИЗАЙН

Е. К. Головня, А. Б. Кафтанчикова

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
golovnya.gf@yandex.by, abkaft@rambler.ru*

В работе представлена концепция и дизайн интерактивной карты по особо охраняемым природным территориям (ООПТ) Республики Беларусь. Целью проекта является предоставление наглядного представления о распределении и характеристиках ООПТ, популяризация экологического туризма и повышение экологической осведомленности при помощи интерактивной карты.

Ключевые слова: интерактивная карта; ООПТ; Республика Беларусь; экологический туризм; дизайн.

Введение. В современной картографии все большую популярность приобретают интерактивные карты, которые предоставляют пользователям не только географическую информацию, но и возможность взаимодействия с ней. Данная работа рассматривает концепцию и дизайн интерактивной карты по ООПТ Республики Беларусь с возможностью дальнейшей реализацией с использованием современных Web-ГИС технологий.

Материалы и методы исследований. Материалами для исследований послужили уже существующие интерактивные карты, на их примере изучались возможности данных картографических продуктов; различные программные картографические сервисы и продукты: ArcGIS, QGIS, Mapbox и ГИС «Панорама», а именно рассматривались и сравнивались их возможности, чтобы подобрать оптимальный для реализации самой интерактивной карты по ООПТ Республики Беларусь. Далее для демонстрации задуманной концепции были подобраны графические сервисы: Figma, Canva, которые помогут адаптировать дизайн под различные виды устройств для просмотра и взаимодействия с будущей интерактивной картой.

Результаты и их обсуждение. В контексте развития информационных технологий мультимедийные карты становятся все более востребованными. Отличаясь от традиционных карт богатством данных и интерактивностью, они позволяют пользователям активно взаимодействовать с информацией, изменяя масштаб, выбирая объекты для получения дополнительной информации и активируя различные слои данных.

Мультимедийные карты предоставляют информацию в режиме реального времени, например, о погоде, движении транспорта или состоянии

природных объектов, что особенно важно в ситуациях, требующих оперативного принятия решений. Они могут включать информацию о географических объектах, явлениях, социально-экономических показателях, достопримечательностях и исторических событиях. Использование ярких цветов, символов и анимации делает мультимедийные карты наглядными и удобными для восприятия.

Гибкость мультимедийных карт позволяет пользователям изменять масштаб, фильтровать данные и добавлять дополнительные слои информации. Они находят широкое применение в различных сферах: география, геология, экология, транспорт, туризм, образование. Цифровой формат обеспечивает легкость обновления и распространения.

Мультимасштабные карты позволяют пользователю настраивать уровень детализации в зависимости от его нужд. При создании мультимедийных карт важно правильно выбрать картографическую проекцию, чтобы минимизировать искажения. Существует несколько способов создания интерактивных карт: использование специализированного программного обеспечения, разработка собственного программного обеспечения или интеграция готовых решений.

Мультимедийные карты представляют собой перспективное направление в развитии картографии, находя широкое применение в различных сферах деятельности.

Перед тем, как приступить к технической реализации мультимедийной карты, необходимо пройти через ряд подготовительных этапов, чтобы обеспечить ее эффективную работу и соответствие поставленным задачам. Первоначально необходимо определиться с целью создания карты, т. е. понять, какие задачи она должна решать. Это позволит сформулировать требования к картографическому продукту и выбрать подходящие технические средства и инструменты для ее разработки.

Следующим шагом является анализ данных, которые будут использоваться для создания карты. Необходимо оценить качество, актуальность и пригодность географической информации, изображений, видео, аудио и других мультимедийных элементов, чтобы обеспечить надежность и точность представляемых данных.

После анализа данных необходимо выбрать подходящее программное обеспечение для создания карты, определить формат данных и технические параметры, которые будут отвечать поставленным целям.

Одним из ключевых этапов является создание концепции и дизайна мультимедийной карты. На этом этапе определяются основные элементы карты, ее структура, цветовая схема, шрифты и другие визуальные аспекты, чтобы обеспечить удобство и наглядность представления информации для пользователя.

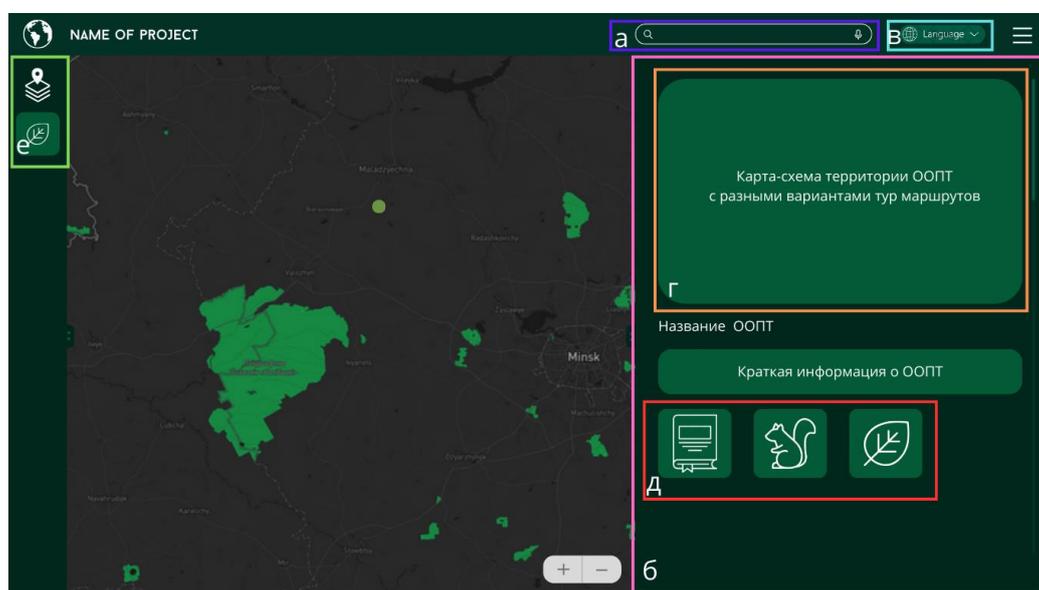
Основной идеей для работы послужила экологическая повестка на 2030 год. А именно расширить осведомленность и популярность среди населения нашей страны об особо охраняемых природных территориях Республики Беларусь.

Основная цель – создать наглядное представление о распределении и характеристиках охраняемых природных территорий в Беларуси, включая информацию о национальных парках, заповедниках, природных заказниках, ландшафтных заказниках и других объектах.

Основные задачи карты:

- Предоставление тематической информации о биоразнообразии и природных ресурсах.
- Популяризация экологического туризма и образование.
- Обеспечение доступа к актуальной и достоверной информации.
- Повышение осведомленности об охране природы и экологических проблемах.

В процессе создания дизайна будущей мультимедийной карты были задействованы два графических сервиса: Canva и Figma. Выбор цветовой гаммы, включающей белый, серый и зеленый цвета, обеспечивает гармоничный и привлекательный визуальный эффект, отражая тему природы и создавая приятный визуал для пользователя.



Дизайн интерактивной карты ООПТ:

- а* – поисковая строка; *б* – панель для дополнительной информации об ООПТ;
в – кнопка выбора языка карты; *г* – окно для картосхемы объекта, *д* – кнопки об истории, видах флоры и фауны данного ООПТ; *е* – панель для выбора слоев карты с необходимым типом информации

Разработаны две интерактивные панели, которые повышают функциональность карты:

- **Панель выбора слоев:** Позволяет пользователю выбирать тип ООПТ (заказники, заповедники, национальные парки) и формировать карту в соответствии с его интересами.

- **Панель с информацией об объекте:** Предоставляет сведения о расположении, истории, флоре и фауне конкретной ООПТ. Это позволяет пользователю глубоко ознакомиться с выбранным объектом.

Дизайн карты адаптирован к стандартным мониторам, планшетным компьютерам и смартфонам. Это гарантирует оптимальное отображение и функциональность карты на любом устройстве.

Разработка дизайна мультимедийной карты по ООПТ Республики Беларусь является важным шагом в подготовке к технической реализации. Он обеспечивает удобство использования карты и позволяет предоставлять пользователю информацию о ООПТ в наглядном и интерактивном формате.

Заключение. Разработанные концепция и дизайн интерактивной карты ООПТ Республики Беларусь, при дальнейшей реализации, обеспечит удобный общественный доступ к актуальной информации о природном наследии страны, что в свою очередь поможет и далее развивать и популяризировать экологический и рекреационный туризм среди населения.

В дальнейшем планируется реализовать функциональные возможности карты, включая интерактивные маршруты и дополнительные мультимедийные материалы, а также возможность предоставить доступ к данной карте через запуск сервиса в WEB-пространстве.

Библиографические ссылки

1. Нацыянальны атлас Беларусі / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. Минск : Белкартаграфія, 2002. 292 с.
2. Берлянт А. М. Картография. Москва : Аспект-Пресс, 2002. 336 с.
3. Билич Ю. С., Васмут А. С. Проектирование и составление карт: Учебник для ВУЗов. М. : Недра, 1984. 364 с.
4. Востокова А. В., Кошель С. М., Ушакова Л. А. Оформление карт. Компьютерный дизайн: учебник / Под ред. А. В. Востоковой. М. : Аспект Пресс, 2002. 288 с.
5. Гультурзаева Р. Е. Особенности и методы создания мультимедийного картографического произведения // Экономика и социум. 2022. № 7 (98). С. 191-197.
6. Зятькова Л. К., Комиссарова Е. В., Колесников А. А. Современные Web-технологии для создания интерактивных мультимедийных картографических произведений // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 2, Ч. 1. С. 95-98.

7. *Картавцева Е. Н., Малолетко Е. А.* Динамическое картографирование в мультимедийных картографических произведениях // Избранные доклады 68 Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. Томск, 2022. С. 789-792.

8. *Лисицкий Д. В., Комиссарова Е. В.* Новый аналого-цифровой метод формирования и использования картографического отображения геопространства с применением мультимедийных средств // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2020. Т. 26, № 1. С. 361-374.

9. *Лисицкий Д. В., Комиссарова Е. В., Колесников А. А.* Теоретические основы и особенности мультимедийной картографии // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2017. Т. 22, № 3. С. 72-87.

10. *Лисицкий Д. Н.* Геоинформатика. Новосибирск : Изд-во СГГУ, 2012. 115 с.

11. *Матушкин А. С.* Цифровая картография : учебное пособие. Киров : ВятГУ, 2017. 121 с.

12. Нацыянальны атлас Беларусі. Мн. : Белкартографія, 2002. 292 с.

13. *Салищев К. А.* Картоведение. Москва : Изд-во МГУ, 1990. 408 с.

14. *Салищев К. А.* Проектирование и составление карт. Москва: Изд-во МГУ, 1978. 240 с.

15. Сущность мультимедийной картографии / Д. В. Лисицкий [и др]. // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19-29 апреля 2011 г.). Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 1, ч. 2. С. 31-36.

КЕРЖЕНСКИЙ ЗАПОВЕДНИК КАК ПРИРОДНО-ИСТОРИЧЕСКИЙ ПАМЯТНИК

С. В. Завьялова

Нижегородский институт путей сообщения, филиал Приволжского государственного университета путей сообщения, zavyalova_sv@mail.ru

В статье рассказывается об одном из уникальных мест Нижегородского региона – Керженском заповеднике, богатом флорой и фауной и имеющем свою историю.

Ключевые слова: Керженский заповедник; Нижегородская область; природно-исторический памятник.

Введение. Наша земля щедра на чудеса и красоты. Нижегородское Поволжье... В средней полосе Европейской России трудно найти такой край, где на сравнительно небольшой территории встречалось бы такое разнообразие природных ландшафтов. К сожалению, в условиях бурного научно – технического прогресса с каждым годом в оборот вовлекается все большее природных ресурсов, меняется облик Земли на глазах, поэтому очень важно сохранить в неприкосновенном виде отдельные особо ценные уголки природы.

Памятниками не только природы, но и истории являются так называемые пограничные леса, священные рощи и рукотворные памятники природы - ботанические сады, дендрарии, парки, рощи.

В Нижегородской области остатками пограничных лесов являются массив Зеленого Города, обширные лесные территории в верховьях Кудьмы, отделявшие до XVIII века Березополье, старинную русскую область от области мордвы; леса по Керженцу, которые были естественной границей Нижегородской земли и областей, заселенных марийцами. Эти леса, несмотря на длительную эксплуатацию, сохранились и послужили основой заказников, заповедников.

Государственный природный биосферный заповедник «Керженский» расположен на территории Борского и Семеновского городских округов Нижегородской области. В декабре 1987 г. исполком Горьковского областного Совета народных депутатов принял решение об организации государственного заповедника Керженский площадью 46 940 гектаров. Охранная зона включает часть правобережья Керженца и простирается по периметру заповедника полосой в три километра [1].

Основан Керженский заповедник был в 1993 г.

Материалы и методы исследований. В течение многих лет на территории заповедника проводятся исследования.

Результаты и их обсуждение. Каковы природные условия заповедника? Он расположен на севере подзоны смешанных широколиственно-еловых лесов, на границе с подзоной южной тайги. Рельеф местности представлен песчаной равниной с дюнами и болотистыми низинами. Пески местами собраны в гряды, бугры. Богаты водные ресурсы заповедника: реки, озера, болота. Все реки относятся к бассейну Керженца: Вишня, Большая Черная, Малая Черная, Пугай - наиболее крупные реки. На территории заповедника много озер, их около тридцати. В заповеднике в естественном состоянии сохранились торфяные болота, их около тридцати девяти. Растительный покров торфяных болот очень разнообразен и богат. Болота имеют большое ресурсоохранное значение как места произрастания ягодных кустарничков: клюквы, голубики, брусники, водоохранное и представляют большую научную ценность.

Вишенское, Масловское, Большое П-Пальники – самые крупные из болот – объявлены решениями Горьковского облисполкома 1973, 1978 гг. памятниками природы [1].

Животный мир заповедника также разнообразен. Здесь обитают более 170 «краснокнижных» видов живых организмов: беркут, бородастая неясыть, серый журавль, кулик-сорока, зимородок, обыкновенная гадюка, медянка, садовая соня, выдра, венерин и крапчатый башмачки, неоттианта клубочковая. Здесь насчитывается 191 вид птиц, 23 вида рыб, 49 видов зверей, 8 видов амфибий и 6 видов рептилий. Керженский заповедник — место обитания красивейших и очень редких бабочек — аполлона, мнемозины, махаона и подалирия [2].

В Керженском заповеднике наиболее распространены такие пернатые, как кукушки, ржанки, сизоворонки, воробьиные, голубеобразные, дятлы. Из хищных птиц встречаются ушастые совы, неясыти, скопы, мохноногие и воробьиные сычи. Также можно увидеть глухарей, ястребов-тетеревятников, серых журавлей, осоедов, канюков, черных коршунов.

Млекопитающих здесь всего 49. К ним относятся кабан, полчок, куница, заяц-русак, черный хорь, лисица, еж, крот, бурый медведь. Наиболее распространенные грызуны — полевая мышь, полевка, желтогорлая мышь и белка. Из краснокнижных животных здесь обитают северные олени и европейские норки. В настоящее время увеличивается численность барсуков, речных бобров и летучих мышей [3].

Керженский заповедник проводит работы по восстановлению русской выхухоли и среднерусской белой куропатки, по восстановлению лесного подвида северного оленя.

Лесные массивы Керженского заповедника состоят из хвойных деревьев, берез, ольхи. В заповеднике можно отметить несколько типов сосновых лесов: широколиственно – сосновые, типичные сосновые, заболоченные сосновые леса, сосновые подтаежные леса. Подлесок обычно редкий, но разнообразный по составу кустарников (бересклет, можжевельник, черемуха, шиповник и другие виды).

Керженский заповедник привлекает ценителей нетронутой природной красоты со всей страны. Здесь проложены экотропы, по которым гости заповедника могут ходить как самостоятельно, так и в сопровождении экскурсовода. Туристы могут арендовать гостевой домик и отдыхать на лоне природы.

В XVII – XVIII веках керженские леса служили убежищем для бежавших сюда хранителей старой веры, старообрядцев, которые не приняли реформу Никона, строили в этих местах скиты. В окрестных селениях хранится множество предметов материальной культуры гонимой старины.

В Заволжье в районе Керженца в XV веке существовал административный центр, центром которого могла быть крепость, обнаруженная в 1959 г., как свидетельствует историк и краевед Кирьянов И.А. [1].

Заключение. Нам нужны эти места особого людского притяжения, они будут нужны и потомкам. Ценность этих объектов исключительно велика и в научном, и в эстетическом отношении.

Библиографические ссылки

1. Заповедные места Нижегородской области // Ф. М. Баканина [и др]. 1991.
2. Керженский заповедник в Нижегородской области. [Электронный ресурс]. URL: https://www.tourister.ru/world/europe/russia/city/nizhniy_novgorod/reserves/41738 (дата обращения 10.10.2024).
3. Керженский заповедник [Электронный ресурс]. URL: <https://iskatel.com/places/kerzhenskiy-zapovednik> (дата обращения 10.10.2024).

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ОХРАНЯЕМОГО ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА «ЯРУШКИНСКИЙ ПАРК» г. ИЖЕВСКА

Н. Г. Зыкина

Удмуртский государственный университет, г.Ижевск, Россия, ngzykina@yandex.ru

Рассмотрены основные негативным процессы на территории ОПК «Ярушкинский парк»: активизация эрозии из-за сброса снега с прилегающих территорий, инвазия борщевика Сосновского, захламливание парка ТБО, формирование костровищ (свыше 115), загрязнение почв Cu и Zn. Естественные дерново-подзолистые почвы парка значительно преобразованы. Отмечены агрогенные и постагрогенные варианты, абраземы, стратоземы и турбоземы, что отразилось на химических характеристиках и ферментативной активности почв.

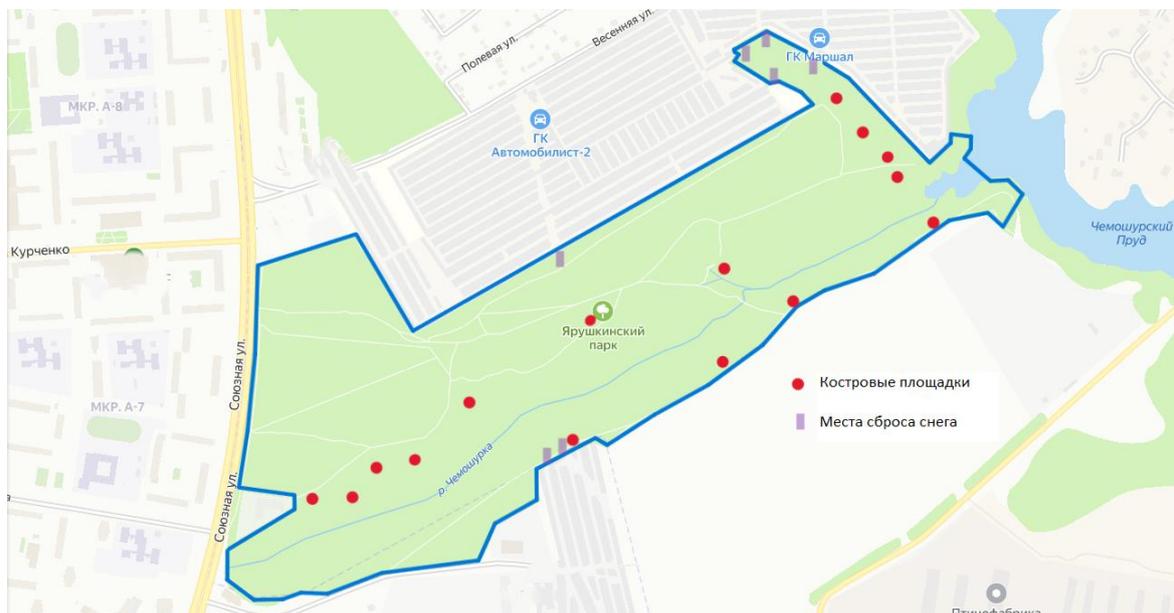
Ключевые слова: особо охраняемые природные территории; почвы урбанизированных территорий; охрана почв; загрязнение почв.

Введение. По состоянию на конец 2023 г. в России насчитывалось около 12 тысяч особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Площади ООПТ в РФ ежегодно увеличиваются, так с 2017 г. они выросли на 5 % до 244,2 млн. км² [7]. Большая часть территорий расположена вне урбанизированных экосистем, однако формирование ООПТ в условиях городской среды – общепринятая практика. Это позволяет сохранить естественные участки, имеющие ценность не только в эстетическом и рекреационном, но и в природоохранном, культурном, познавательном плане. Такие природные объекты позволяет повысить уровень комфортности среды, инвестиционной привлекательности районов, положительно влияет на здоровье населения [9, 11, 13, 14]. Лидером по количеству охраняемых объектов природной среды в РФ является г. Москва, где к 2023 г. зарегистрировано 153 ООПТ с общей площадью более 20 тыс. га [5, 8]. Лидером среди городов Приволжского федерального округа, является г. Пермь, где создано 29 ООПТ и их площадь в 2023 г. составила 13,3 тыс. га [6]. В г. Ижевске охраняемые территории имеют площадь 312,6 га (менее 1 % от площади города). Это памятники природы «Урочище «Пазелинское» и «Урочище «Верховья Ижевского пруда», которые имеют региональный статус [7]. Единственным ООПТ расположенным рядом с селитебным многоэтажным ландшафтом в городе является охраняемый природный комплекс (ОПК) «Ярушкинский парк».

Материалы и методы исследований. В ходе полевых почвенно-экологических исследований ОПК «Ярушкинский парк» выявлялись негативные для экосистемы процессы, определена длина троп и местонахождение стихийных костровых площадок.

Исследованы почвенные профили, отобрано 30 смешанных проб. В образцах определены: обменная (pH_{KCl}) и гидролитическая кислотность (H_T), сумма поглощенных оснований (S), содержание подвижных соединений фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) по Кирсанову, содержание гумуса по Тюрину. Содержание кислоторастворимых форм меди и цинка ($1n\ HCl$) определялось атомно-адсорбционным методом. Проверена активность инвертазы колориметрическим и каталазы газометрическим методами [11].

Результаты и их обсуждение. Исследуемый природный комплекс площадью 37,8 га является наиболее посещаемым ООПТ г. Ижевска. Он испытывает не только значительную рекреационную нагрузку, но и всестороннее антропогенное влияние. Территориально парк не входит в городскую черту, а относится к Завьяловскому району Удмуртской Республики [7]. Однако он вплотную примыкает к многоэтажной застройке (ул. Союзная) г. Ижевска (рисунок).



Территория охраняемого природного комплекса «Ярушкинский парк»

Парк был создан лишь в 2020 г., до июня 2013 г. большая часть его территории входила в состав Удмуртского ботанического сада. Комплекс располагается в подтаежном равнинном типе ландшафта, в пределах северного подрайона Иж-Камского низко возвышенного,

эрозионно-денудационного, увалисто-холмистого ландшафта, в Восточном геоморфологическом подрайоне города [1]. Территория парка характеризуется сочетанием вторичных пойменных, склоновых и приводораздельных лесов и лугов на ландшафтах трансэлювиального и гидроморфного типа. Значительная часть территории представлена зарастающими березой, осиной и сосной суходольными лугами, сформированными на заброшенных в 90-е года прошлого века пахотных угодьях. Останцы коренного елового леса сохранились по крутым склонам речной долины и в овражно-балочных комплексах.

В целом для парка типичны долговременные антропогенные нагрузки. Для рассмотрения рисков деградации природного комплекса, были выделены граничащие с ОПК объекты городской инфраструктуры. С запада парк ограничен дорожным полотном ул. Союзной. Вдоль улицы высока как механическая нагрузка, обусловленная формированием тропиной сети, так и геохимическая, связанная с поступлением автотранспортных выбросов. К этому добавляется периодическое накопление на территории ТБО, особенно по тропиной сети и вдоль реки, где отмечена высокая плотность костровищ. Всего на левобережной, наиболее посещаемой, части парка, отмечено 11 площадок с остатками более чем 100 костровищ разного срока давности.

С северной и северо-восточной стороны к территории ОПК «Ярушкинский парк» прилегают гаражные кооперативы (ГК). Они способствуют загрязнению территории парка, особенно при сбросе снежных масс в зимний период.

В южной части, на правобережье реки, Ярушкинский парк ограничен межквартальной дорогой и гаражным кооперативом, рядом с которым в 2023 г. началось строительство жилого комплекса. Рекреационная нагрузка в настоящее время здесь значительно меньше, чем на левобережной стороне. Тропиной сеть не выражена из-за изменения структуры сообществ с активной инвазией борщевика Сосновского. С территорий ГК выявлены сбросы снежных масс в сторону реки, что привело к увеличению водосброса в пойму реки и активизации естественной водной эрозии, характерной для правобережья. Отмечено развитие трех оврагов с вершинами у приворотных площадок гаражного комплекса. Самый крупный (более 10 м между склонами) подступает к стене гаражей (бровка в 2м). Максимальная глубина оврага весной 2024 г. приблизилась к 10 метрам, противостоять процессу не могут даже крупные деревья. Вся минеральная масса выносится в пойму реки, пойменные почвы покрыты делювиальными

отложениями. Помимо овражной эрозии вдоль ГК отмечено самое значительное захламление ТБО на всей правобережной части парка.

Ниже по течению реки, к юго-восточной части ОПК примыкают сельхозугодия. Это залежь с ивняком, а также зарослями борщевика Сосновского и золотарника канадского, что способствует распространению этих инвазивных видов, входящих в Черную книгу Республики [12], на почвы парка. На правобережье отмечено всего 15 костровищ (4 площадки), это связано не только с меньшей площадью, но и с активным ростом борщевика.

Исходные растительные сообщества на большей части парка были изменены в результате вырубki леса и распашки выровненных участков. С начала функционирования Удмуртского ботанического сада состав растений был измен за счет высадки с 1992-1996 гг. до 2017 г. 50 аллей разного породного состава [2]. В результате распространения агрессивных инвазивных видов, естественные сообщества на необрабатываемых участках замещаются люпином многолистным, золотарником канадским и борщевиком Сосновского. Сейчас эта проблема касается не только сохранения биоразнообразия, но и здоровья посещающих парк людей. Летом 2023 г., после предписаний прокуратуры, проведены покосы борщевика и вспашка почв наиболее засоренных участков. Для полного уничтожения данного вида, требуется систематическая обработка. Значительные площади вдоль реки все еще заняты борщевиком Сосновского, а аборигенные виды растений здесь полностью вытеснены или значительно угнетены.

Таким образом, для территории ОПК характерна долговременная антропогенная нагрузка разного характера и интенсивности, что отрицательно отражается как на растительном, так и на почвенном покрове. Плотность пешеходных троп в парке невелика – менее 200 м на га, большинство троп проходят по левобережью, их общая длина составляет около 7 км.

В ходе исследования парка было выявлено значительное разнообразие почвенного покрова и сочетание естественных и преобразованных в ходе антропогенной деятельности почв. В настоящее время естественные дерново-подзолистые почвы в ОПК сохранились локально, на участках коренного леса. Агрохимические показатели данных почв позволяют охарактеризовать их как слабокислые с малым содержанием протонов (таблица).

Химические характеристики почв ОПК «Ярушкинский парк»

	pH	H _r	S	K ₂ O	P ₂ O ₅	V	гу-мус	Cu	Zn
	КСІ	ммоль/100 г почвы		мг/кг		%		мг/кг	
Естественные дерново-подзолистые почвы (n=4)									
Среднее	5,2	1,77	8,6	62,5	29,3	82,6	2,26	8,1	2,1
Стандартная ошибка	0,16	0,12	1,10	11,1	1,3	1,12	0,22	3,86	1,34
Медиана	5,2	1,8	8,4	65,0	30,1	82,9	2,1	5,3	1,2
Стандартное отклонение	0,32	0,24	2,2	22,2	2,6	2,2	0,45	6,69	2,69
Минимум	4,9	1,43	6,6	35	26	79,7	1,87	3,2	0
Максимум	5,5	1,98	11,2	85	31	84,9	2,9	15,7	6,03
Трансформированные дерново-подзолистые почвы (n=12)									
Среднее	5,53	1,32	10,09	139,3	170,3	86,9	1,85	11,9	1,49
Стандартная ошибка	0,15	0,12	1,00	22,1	25,7	1,69	0,19	4,29	0,83
Медиана	5,5	1,37	8,35	105	142,4	84,7	1,55	5	0,57
Стандартное отклонение	0,57	0,44	3,75	82,7	96,0	6,32	0,69	12,86	2,61
Минимум	4,8	0,46	5,94	55	54,5	78,4	1,04	2,5	0
Максимум	6,3	2,07	17,8	350	333	97,5	3,42	43,1	8,44

Общее количество поглощенных элементов питания, гумуса и подвижных форм фосфора и калия – низкое. Это свидетельствует о невысоком плодородии, что в целом типично для естественных почв республики [3, 4].

Средняя степень обогащенности почв парка инвертазой ($26,7 \pm 3,6$ мг глю/сут*г) и каталазой ($3,7 \pm 0,7$ мл O₂/г*мин) отражает более высокую биологическую активность, по сравнению с фоновыми почвами [3]. Это может быть связано с аэрогенным влиянием города и обогащением почв микроэлементами. Так содержание меди и цинка в естественных почвах ОПК выше фоновых [4] показателей в 2 - 9 раз для меди и до 5 раз для цинка.

Исходная сельскохозяйственная обработка почв привела к формированию на территории агродерново-подзолистых почв и агроземов. Мощность турбированного горизонта колеблется от 30 до 49 см. В ходе планировки грунта и строительстве на прилегающих к ОПК территориях, почвы трансформировались еще значительней, и в парке появились аброземы, турбоземы и стратоземы. Эти почвы располагаются локально и представлены в большей степени вдоль ул. Союзной и гаражных кооперативов. В данный период нарушенные почвы заняты не только вторичными луговыми сообществами, но и активно зарастают с формированием сосновых, березовых и осиновых колок. Поэтому нарушенные почвы относятся к реградированным подтипам

со слаборазвитым гумусовым горизонтом. Для них типично очень низкое содержание гумуса и протонов, среднее (ближе к низкому) количество поглощенных катионов и слабокислая реакция среды. По данным характеристикам почвы близки к естественным.

Значительно выше в трансформированных почвах количество подвижных форм калия и фосфора (в 2,2 и 5,8 раза соответственно). Повышение содержания фосфора может быть связано, как с агрогенным использованием, так и с выходом на поверхность горизонтов средней части профиля, где фосфатов значительно больше. В горизонте ВТ естественных дерново-подзолистых почв содержание подвижного фосфора в среднем составило 181 мг/кг. В целом трансформированные почвы имеют такую же биологическую активность, как и естественные почвы ОПК. Степень обогащенности почв парка инвертазой ($24,7 \pm 2,2$ мг глю/сут*г) и каталазой ($2,7 \pm 0,6$ мл O₂/г*мин) – средняя. Содержание меди и цинка в данных почвах повышено локально. Наиболее загрязненные почвы расположены вдоль ул. Союзной: содержание меди в них 21,6 мг/кг, а цинка – 17,9 мг/кг. Максимальное количество меди (43,1 мг/кг) приурочено к турбоземам вдоль гаражных кооперативов, а также к аллювиальным серогумусовым глеевым почвам, расположенным между гаражными кооперативами в северо-восточной части парка (42,0 мг/кг). Содержание цинка в них еще выше – 130 мг/кг, тогда как на других участках парка, среднее содержание меди и цинка в данных почвах составило 6,6 и 12,4 мг/кг соответственно. Это свидетельствует о загрязнении, в том числе за счет сброса снежных масс с гаражных территории в парк.

Заключение. Охраняемый природный комплекс «Ярушкинский парк» подвержен значительным антропогенным воздействиям, что отрицательно отражается на его состоянии. К наиболее негативным процессам, свидетельствующим о неустойчивом состоянии парка, относятся: замена естественных растительных сообществ инвазивными видами, развитие эрозионных процессов и загрязнение почв. Система мероприятий по борьбе с борщевиком Сосновского в настоящее время не привела к снижению его распространения. В г. Ижевске остро стоит проблема сохранения зеленой зоны, при этом опыт формирования ООПТ и поддержания их в устойчивом состоянии невелик. Процессы саморегуляции в ОПК «Ярушкинский парк» нарушены, необходим мониторинг и разработка системы мер по устранению негативных процессов.

Статья подготовлена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ «Биоразнообразие природных экосистем Заволжско-Уральского региона: история его формирования, современная динамика и пути охраны» (FEWS-2024-0011).

Библиографические ссылки

1. География Удмуртии: природные условия и ресурсы: в 2 ч / Под. ред. И. И. Рысина; Ч. 1. Ижевск : Изд. Дом «Удмуртский университет», 2009. 256 с.
2. Город-сад – Ярушки [Электронный ресурс]. URL: <https://gorodsad.org/yarushkinskiy-dendropark/> (дата обращения: 29.05.2024).
3. *Ковриго В. П.* Почвы Удмуртской Республики. Ижевск : РИО Ижевск. ГСХА, 2004. 490 с.
4. *Кузнецов М. Ф.* Микроэлементы в почвах Удмуртии. Ижевск : Изд-во Удм. ун-та, 1994. 284 с.
5. Общие сведения об особо охраняемых природных территориях по Российской Федерации за 2023 г. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/1-ООПТ_2023.xlsx (дата обращения: 29.05.2024).
6. ООПТ Москвы список [Электронный ресурс] // Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. URL: <https://www.mos.ru/eeco/function/departament/oopt-moskvy/> (дата обращения: 29.05.2024).
7. Особо охраняемые территории Перми [Электронный ресурс] // Сайт муниципального образования город Пермь. URL: <https://www.gorodperm.ru/actions/ecology/citynature/greenfund/guardterrs/> (дата обращения: 29.05.2024).
8. Приказ Минприроды УР от 12.01.2024 N 015-п «Об утверждении Перечня особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения Удмуртской Республики» [Электронный ресурс] // Сайт Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Удмуртской республики. URL: <https://minpriroda-udm.ru/> (дата обращения: 17.04.2024).
9. *Слащева А. В., Гусейнов А. Н., Роберт А. Э.* Красная книга почв особо охраняемых природных территорий в мегаполисе // Геополитика и экогеодинамика регионов. Т. 8 (18), Вып. 4. 2022. С. 249-257.
10. *Стадолин М. Е., Ямчук Е. В.* Особо охраняемые природные территории местного значения: проблемы управления и развития // Актуальные вопросы управления. Вестник Университета. 2017. № 3. С. 195-199.
11. *Хазиев Ф. Х.* Методы почвенной энзимологии. М., 2005. 250 с.
12. Черная книга флоры Удмуртской Республики: монография / О. Г. Баранова [и др.]; под общей редакцией О. Г. Барановой; Минобр. РФ, Удм. гос. ун-т, Удм. рег. отд-ние РБО. Москва : [б. и.]; Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2016. 67 с.
13. *Черных Д. В.* Локальные системы особо охраняемых природных территорий: реалии и перспективы: монография. Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т водн. и экол. проблем. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2008. 88 с.
14. *Шатрова А. И.* Особо охраняемые природные территории в крупнейших городах РФ [Электронный ресурс] // АТПС. 2018. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobo-ohranyaemye-prirodnye-territorii-v-krupneyshih-gorodah-rf> (дата обращения: 29.05.2024).

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДИГРЕССИИ
НА ТУРИСТИЧЕСКОМ МАРШРТЕ «ПРИРОДА –
ВЕЛИКИЙ СКУЛЬПТОР» НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА
«КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ»**

**С. Д. Иванихина¹⁾, А. А. Кнорре²⁾, А. Е. Барабанцова²⁾, А. В. Гирева²⁾,
Т. Н. Жилина¹⁾**

¹⁾ *Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия, ivanikhina s@mail.ru, zhilinatn@mail.ru*

²⁾ *Национальный парк «Красноярские Столбы», г. Красноярск, Россия,
nau-stolby@yandex.ru*

Приведены результаты оценки рекреационной дигрессии туристического маршрута «Природа – великий скульптор» на территории национального парка «Красноярские Столбы» по состоянию на июль 2023 г. Сделаны выводы о большом влиянии рекреационной нагрузки на площадных участках у скал «Первый», «Перья», «Львиные ворота», «Бабка» и «Дед». Для обеспечения сохранности природных комплексов национального парка требуется проведение регулярного рекреационного мониторинга и принятие управленческих решений для обеспечения восстановления нарушенных участков.

Ключевые слова: национальный парк «Красноярские Столбы»; особо охраняемые природные территории; природные ландшафты; рекреационный мониторинг.

Введение. Внутренний туризм в России стал пользоваться особой популярностью. Одним из привлекательных туристских направлений является Красноярский край, и в частности, национальный парк «Красноярские Столбы».

Национальный парк «Красноярские Столбы» является государственным природоохранным, научно-исследовательским и эколого-просветительским учреждением федерального значения, имеющим целью изучение естественного хода природных процессов и явлений, сохранение генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных для горно-таежных лесов Восточного Саяна экологических систем, а также уникальных сиенитовых останцев, известных под названием «столбы» [2].

В результате доступности природных территорий, возрастает и антропогенное воздействие на природный комплекс. Реализация положительного потенциала туризма невозможна без комплексного рассмотрения всех условий и факторов организации рекреационной деятельности, и

важной необходимостью для обеспечения сохранности природных комплексов является проведение регулярного рекреационного мониторинга.

Материалы и методы исследований. Фактический материал был получен при проведении мониторинга рекреационных нагрузок научным отделом НП «Красноярские Столбы» на участке основного туристического маршрута в районе Центральных Столбов летом 2023 г. Также использованы данные архивных материалов НП, включая, проектную документацию, картографические материалы, «Летопись природы» разных лет и иные научные исследования сотрудников ООПТ.

Основным методом ведения полевых исследований было описательное обследование, заключающееся в оценке текущего экологического состояния компонентов природного комплекса на подвергающемся рекреационному воздействию маршруте. В качестве техники полевых наблюдений параметров состояния экосистем в зоне рекреационных нагрузок была определена техника систем экспресс-оценки экологического состояния природного комплекса и его отдельных компонентов, основанных на визуальной оценке его класса состояния с использованием разработанной шкалы стадий рекреационной дигрессии по В.И. Россомахину [4].

Национальный парк (ранее заповедник «Столбы») создан в 1925 г. по инициативе местных жителей для сохранения уникального живописного уголка природы от варварской рубки леса и добычи природного камня. Территория расположена на северо-западных отрогах Восточного Саяна, представляет собой типичный участок среднегорного таежного ландшафта площадью в 47 219 га.

Основной достопримечательностью территории парка являются сиенитовые скалы, причудливой формы схожие с исполинскими великанами с угадываемыми очертаниями людей, животных и мифологических существ. «Красноярские Столбы» по праву являются визитной карточкой, брендом Красноярского края и города Красноярска [2].

В национальном парке выделены три функциональные зоны с разным режимом охраны: *заповедная зона*, составляет почти 90 % всей площади нацпарка, доступ для туристов полностью закрыт, посещать ее могут лишь сотрудники на выполнения природоохранных и научно-исследовательских работ; *зона особой охраны*, составляет 6 % всей территории, режим такой же, как и в заповедной зоне, однако есть возможность доступа по специальному разрешению и *рекреационная зона* занимает 4 % территории, при условии соблюдения Правил поведения на ООПТ, вход для туристов свободный [3]. Рекреационную зону ежегодно посещают около одного миллиона человек, иногда в выходной день по самому популярному маршруту «Центральных Столбов» проходит до 20 тысяч посетителей.

Результаты и их обсуждение. В рамках проведения экологического этапа мониторинга осуществлялась оценка рекреационной дигрессии туристического маршрута «Природа – Великий скульптор». Протяженность маршрута составляет более 13 км, продолжительность его прохождения 5–7 часов.

Экологический мониторинг включал работы по оценке состояния природных комплексов в сфере механического воздействия – вытаптывания, приводящего к рекреационной дигрессии, сокращению площади ненарушенных экосистем и их фрагментации вследствие развития дорожно-тропиночной сети. Оценка проводилась вдоль линейных объектов (троп) и на площадных рекреационных объектах возле основных достопримечательностей – скал. В качестве оцениваемых параметров, характеризующих состояние природных комплексов, определялись следующие: ширина и глубина основной тропы; трансформация растительного покрова; трансформация почвенного покрова; стадия рекреационной дигрессии природных комплексов вдоль троп.

В качестве основной методики определения стадий рекреационной дигрессии была взята методика Виктора Ивановича Россомахина. Оценка степени деградации лесной среды проводится по 5-балльной шкале, в основу которой положены показатели повреждений древостоя, подроста и подлеска, живого напочвенного покрова и лесной подстилки, степень вытоптанности территории. Методика является наиболее подходящей для природных комплексов национального парка «Красноярские Столбы», поскольку они представляют собой лесные ландшафты, подверженные линейному и частично площадному воздействию.

Результат исследования показал, что наибольшая, 5-ая степень деградации растительного и почвенного покрова наблюдается на площадном участке у Первого Столба (рис. 1), Перьев и Деда. Здесь отмечены зоны наибольшего площадного вытаптывания, почвенный покров сильно деградировал, подстилка практически отсутствует, наблюдается выход на поверхность оголенных корней.

Высокая посещаемость данного участка объясняется тем, что это первый наиболее близкий скальный массив из всего маршрута, а также наиболее массово посещаемый для подъема на вершину скалы любителями и используемый для скалолазания профессионалами.

В 2012 году от дороги (часть основного маршрута) до Первого Столба обустроена рекреационная лестница для восстановления участка, имеющего наибольшую стадию дигрессии и максимально нарушенного за более 100 лет рекреационного использования территории.



Рис. 1. Пятая стадия рекреационной дигрессии (фото С.Д. Иванихиной, 15.06.2023)

Площадной участок у Первого Столба (5 стадия дигрессии) переходит в сеть разветвляющихся троп, ведущих к другим достопримечательностям. После Первого Столба туристы обычно отправляются к Бабке и Деду. Степень рекреационной дигрессии здесь продолжает сохраняться на высоком уровне. Массово представлены оголенные корневые системы, наличие валунов, почвенный покров уплотнен, а ширина тропы составляет от двух до 7,5 метров, на всем протяжении сохраняя показатели в среднем 3–4 м. На обочинах троп отмечается зарастание такими синантропными видами как подорожник (*Plantago sp.*) и клевер (*Trifolium pratense*, *Amoria repens*), по краям тропы встречается майник двулистный и множество злаков, частично формируется подстилка, что свидетельствует о переходе к четвертой стадии дигрессии.

Лестница от Перевала к Первому Столбу – отрезок маршрута, который проходит подавляющее число туристов, однако часть посетителей пренебрегает настилами и использует естественную тропу. Данный участок представляет собой пологий склон со средним уклоном 11° . Деревья в удовлетворительном состоянии с куртинами растительности средней густоты, имеется подстилка, почти на всем протяжении восстанавливается почва, по краям наблюдается зарастание сорной растительностью. В среднем ширина составляет три метра. Изменение лесной среды соответствует третьей стадии дигрессии (рис. 2).

Вторая стадия дигрессии определена также на участке тропы слева от лестницы. Здесь отмечается наличие почвы, подстилки, равномерно расположен подлесок, имеются зарастающие тропы между деревьями, по краям наблюдается обильное зарастание. Установка лестницы над деградировавшим участком стала примером инженерного обустройства троп, положившего начало управленческим решениям для восстановления природного комплекса, который десятки лет подвергался антропогенной нагрузке.

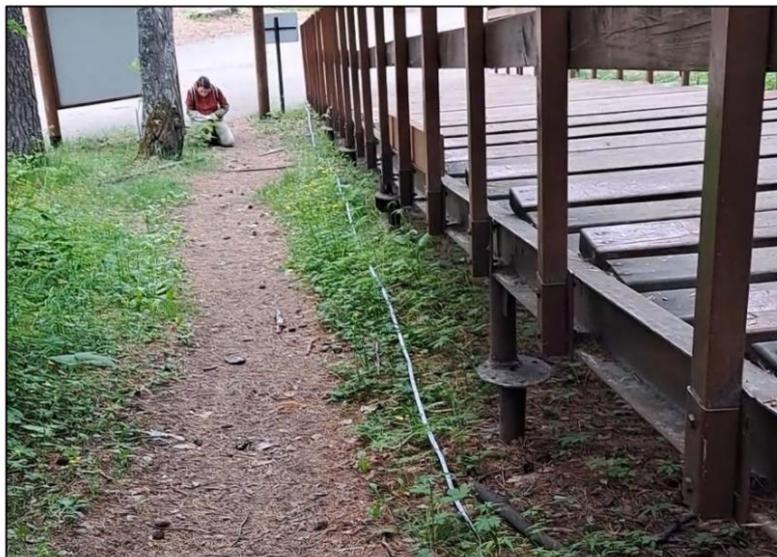


Рис. 2. Третья стадия рекреационной дигрессии (фото С.Д. Иванихиной, 15.06.2023)

Это позволило сократить объемы уничтожения напочвенного покрова, вытаптывания почв, и расширения тропиной сети. Однако ежегодное увеличение числа посетителей национального парка не позволяет комплексу восстанавливаться в естественном темпе, осложняя процесс сохранением нагрузки на прилежащие к лестнице тропы.

Менее популярным является маршрут от Первого к Третьему Столбу, характеристики рекреационной привлекательности которого уступают самым популярным Столбам национального парка. Он имеет высокую историческую ценность, однако эстетическая и спортивная ценность находятся на невысоком уровне, что объясняет сокращение массового потока туристов в данном направлении. К тому же эта часть закольцованного общего маршрута несколько лет была закрыта для посещения из-за большого числа усохших деревьев пихты сибирской, что послужило некоторому восстановлению при снижении нагрузки. На большем протяжении степень дигрессии соответствует третьей стадии и только с приближением к Третьему Столбу возрастает до 4, переходя в участок площадного воздействия.

Тропа от Третьего до Четвертого Столба протяженностью около 300 м характеризуется преобладанием 3 и 4 стадий рекреационной дигрессии. Участок представлен склоном с максимальным уклоном 13° и средним 7° . В целом, наблюдается постепенное восстановление природного комплекса после снижения рекреационных нагрузок. Однако, влияние рельефа также сказывается на процессе восстановления и замедляет его в условиях сохранения нагрузки на склоновый участок.

Заключение. Доступность, уникальные природные объекты с высокой эстетической ценностью, чистый воздух и наличие туристической инфраструктуры – факторы, способствующие высокому рекреационному потенциалу и привлекательности территории национального парка «Красноярские Столбы» для туристов.

В целом состояние троп по туристическому маршруту можно оценить, как критическое – три площадных участка в пятой стадии дигрессии, один – в четвертой стадии, около 44,1 % троп – в 4 стадии дигрессии, 43,4 % - в 3 стадии, около 12,5 % - во 2 стадии.

Использование рекреационных лесов, как отмечают Н.С. Казанская, В.В. Лапина и Н.Н. Марфенин (1977, с. 94) требует соблюдения системы мер ухода за ним, включающей научно обоснованное планирование рекреационных нагрузок, не нарушающих устойчивости биоценоза, архитектурно-планировочные мероприятия, лесовосстановительные работы и непосредственное обслуживание рекреационных территорий. Необходимым на территории национального парка «Красноярские Столбы» является проведение ежегодного рекреационного мониторинга по единой методике, адаптированной к его природным условиям.

Библиографические ссылки

1. *Казанская Н. С., Лапина В. В., Марфенин Н. Н.* Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования). М. : Лесн. пром-сть, 1977. 96 с.
2. Национальный парк «Красноярские Столбы» [Электронный ресурс]. URL: <https://kras-stolby.ru/> (дата обращения: 10.10.2024).
3. Проект организации и ведения лесного хозяйства Государственного учреждения Государственный природный заповедник «Столбы» Федеральной службы в сфере природопользования Министерства природных ресурсов Российской Федерации. Красноярск, 2007. Кн. 1. 337 с.
4. *Россомахин В. И.* Научное обоснование выделения зеленых зон, организации территории и принципы ведения лесного хозяйства в них: (На примере зеленых зон Ленинграда, Владивостока, Южно-Сахалинска, Сортавалы, пос. Струги Красные): автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Ленингр. Лесотехн. акад. им. С. М. Кирова. Ленинград, 1976. 20 с.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ТОЛЩИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЗАКАЗНИКА РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ «ВЫДРИЦА»)

А. А. Калина

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
aleksandrkalina2006@gmail.com*

Были проведены геологические изыскания в рамках исследования четвертичной толщи территории заказника республиканского значения «Выдрица» (Светлогорский район Гомельской области). Дана оценка перспективы и возможностей проведения научных исследований особо охраняемых природных территорий, важность подобных работ. Приведены краткие характеристики результатов работы и обработки собранного материала. Изучение территории и выполнение работ проводились в рамках международной научной волонтерской программы заказника «Выдрица».

Ключевые слова: заказник «Выдрица»; четвертичная толща; особо охраняемые природные территории.

Введение. Заказник республиканского значения «Выдрица» общей площадью 17403,38 га, расположен на территории Жлобинского и Светлогорского районов Гомельской области на пойме и надпойменных террасах р. Березины [12]. Образован с целью сохранения в естественном состоянии его природных комплексов крупных лугово-пойменных, старично-озерных, болотных, лесо-болотных и лесных массивов, с характерными для них ландшафтными особенностями – рельефом, почвой, флорой и фауной, а также сложившимся здесь своеобразным гидрологическим режимом Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 14.10.1999 № 1586 «Об образовании республиканского ландшафтного заказника «Выдрица» в целях сохранения в естественном состоянии уникального природного комплекса с популяциями редких и исчезающих видов растений и животных, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь (в редакции постановлений Совета Министров Республики Беларусь от 12.11.2008 № 1697, от 30.06.2012 № 611, от 21.10.2015 № 884) [3]. Согласно пункта 3 статьи 22 Закона Республики Беларусь от 15.11.2018 № 150-З «Об особо охраняемых природных территориях» Совет Министров Республики Беларусь был преобразован из республиканского ландшафтного заказника «Выдрица» в республиканский заказник «Выдрица» в связи с изменением его границ, режима охраны и использования [4].

Более 89 % территории заказника занимают леса, также присутствуют пойменные луга (3,3 %) и низинные болота (1,6 %). Здесь произрастает 16 видов растений, и обитает 33 вида животных, включенных в Красную книгу Республики Беларусь [11]. Уникальность заказника подтверждается также наличием редких биотопов. Исследуемая ООПТ имеет статус Рамсарской территории [5]. Все это обуславливает важность ее использования в экологическом туризме, а также проведения научных исследований заказника.

Проведение геологических исследований. При выполнении исследований четвертичной толщи заказника (08 – 14.07.2024) использовались различные структурные и описательные методы, выполнены многочисленные зачистки береговых обнажений реки Березина (правый берег), заложены полноразмерные и мелкоразмерные шурфы.

Каждое выполненное мероприятие было согласовано и одобрено руководством заказника [10]. Количественные характеристики проведенной работы отражены в таблице.

Мероприятия, выполненные для определения состава и структуры четвертичной толщи территории заказника «Выдрица»

№	Выполненное мероприятие	Географическая привязка
1.	Зачистка (0,9 м)	70 м выше по течению от заплыва на озеро Старик, правый берег р. Березина
2.	Ступенчатая расчистка (5 м)	350 м ниже по течению от экотурбазы «Уречье», правый берег р. Березина
3.	Зачистка (1,2 м)	940 м выше по течению от экотурбазы «Уречье», правый берег р. Березина
4.	Зачистка (1 м)	50 м ниже по течению от зачистки 3, правый берег р. Березина
5.	Зачистка (1,8 м)	900 м выше по течению от экотурбазы «Уречье», левый берег р. Березина
6.	Зачистка (1,3 м)	20 м ниже по течению от зачистки 4, правый берег р. Березина
7.	Шурф	Квартал 72 [1, стр. 15]
8.	Шурф	Квартал 7 [1, стр. 15]
9.	Шурф полноразмерный	Квартал 7 [1, стр. 15]
10.	Шурф полноразмерный	Квартал 7 [1, стр. 15]

В таблице описаны не все выполненные расчистки и заложенные шурфы, а только те, которые показали наиболее качественные и характерные структурные особенности слагаемой толщи. В общей сложности было выполнено 10 зачисток, 7 шурфов, зафотографировано около 1300 м обнажений береговых разрезов левого и 40 м правого берега реки Березина.

Дополнительно были отобраны образцы грунта и минералы для петрографического анализа в количестве 26 шт. Собранный практический материал поможет определить актуальное состояние геологического характера местности, уточнить современное представление о геолого-геоморфологической истории территории заказника. В период проведения исследований не было выявлено отклонений от установленного ранее представления простираения четвертичной толщи данной местности [7].

В связи с особенностями выполнения работ на особо охраняемой природной территории были заранее определены наиболее важные условия проведения исследований:

- минимизация вмешательства в местные биосистемы;
- полное сохранение уникального ландшафта заказника;
- предотвращение сохранения каких-либо антропогенных следов в местной экологической системе заказника;
- фиксирование взаимосвязи общего состояния флоры и геологическими характеристиками территории, слагающими ее породами;
- применение наиболее качественных, интенсивных методов изучения, позволяющих соответствовать нормам безвредного проведения работ.

Условия проведения работ и процедуры внешнего вмешательства в местные экосистемы в рамках проведения научного исследования были заранее согласованы с руководством заказника и не противоречили законодательным актам Республики Беларусь.

В 2024 г. в заказнике республиканского значения «Выдрица» была впервые реализована международная научная волонтерская программа [6]. В рамках программы были реализованы исследования по различным направлениям: экология, орнитология, биология, гидробиология, геология и др. Проведение геологических исследований местности, расположенной на особо охраняемой природной территории, имеющей статус республиканского значения накладывало дополнительные трудности и требования к выполнению работ. С целью выполнения процедур минимизации вмешательства в местные биосистемы были проведены следующие действия:

- все заложенные шурфы были приведены в первоначальный вид после проведения описания и фиксации структуры грунта;
- для выполнения зачистки берегового обнажения изначально выбирались участки с минимальным количеством внешнего верхнего слоя грунта, необходимого к удалению;
- использовался принцип дифференциации и сопоставления важности проведения исследования в конкретном месте заказника и экологической ценности данной территории; в местах нахождения уникальных

представителей флоры, местных биосистем изыскания не проводились, на менее ценных участках территории выполнялись мелкие и средние по масштабу работы, крупные элементы исследования были проведены в наименее ценных с точки зрения биоразнообразия и экологической сохранности фрагментах заказника.

Необходимо отметить, что на всех этапах проведения исследований учитывалась уникальность и ценность данной природной территории [9]. Никакого вреда, ущерба местным экосистемам в рамках проведенных геологических изысканий нанесено не было.

Во время проведения исследований на постоянной основе выполнялись наблюдения взаимосвязи между слагаемыми грунтами изучаемого участка территории заказника и произрастающей на данном участке растительности. В ходе наблюдений была выявлена косвенная связь влияния характера слагаемых грунтов на состояние растений (рисунок). Данное явление требует подтверждения и более детальных обще экологических исследований.



а



б

Наглядный пример вероятной связи характера грунтов и состоянием растений:
а – листья дуба, зараженные болезнью, благоприятным фактором для развития которой является высокая влажность; *б* – оглеенная почва, свидетельствующая о постоянном или продолжительном переувлажнении почвенного горизонта

Перспективы и возможности проведения научных исследований ООПТ. Предполагалось, что проведение подобных работ станет уникальным опытом в связи с незначительным вмешательством человека

в местные экосистемы, а значит теоретически отсутствием антропогенных слоев, ваназиев в местных грунтах. Результаты полевого обследования территории заказника «Выдрица» свидетельствовали о низком уровне антропогенной нагрузки на экосистемы [2, стр. 44]. Предположения о минимальном присутствии антропогенных следов в изучаемом грунте подтвердились. Несмотря на определенные ограничения проведения исследовательских работ на ООПТ, возможность изучения четвертичной толщи при соблюдении определенных норм и правил представляется выполнимой задачей. Исходя из положительного опыта проведения подобных работ в заказнике республиканского значения «Выдрица», можно прогнозировать вероятный успех изучения четвертичной толщи других подобных особо охраняемых природных территорий. При грамотном подходе к выполнению подобных задач никакого вреда биосистемам изучаемой территории не наносится, изменения ландшафта не происходят [8].

Заключение. Успешный опыт проведения исследований четвертичной толщи заказника республиканского значения «Выдрица» доказал возможность и эффективность выполнения подобных работ на особо охраняемых природных территориях при выполнении ряда условий по качественному и безвредному изучению исследуемых участков. Важность подобных исследований зависит от степени изученности и ценности ООПТ. Однако работы по определению вещественного и структурного состава четвертичной толщи способны помочь восстановить геологическую историю местности, определить характер залегания слоев грунта, что в дальнейшем можно использовать в качестве составления структуры локализации полезных ископаемых и так далее. Стоит отметить, что одним из существенных положительных факторов проведения исследований особо охраняемых природных территорий является минимальное антропогенное вмешательство в местные экосистемы, что существенно способно повысить качество проведения работ и положительно повлиять на окончательный результат. Данное суждение было подтверждено успешными практическими работами на территории заказника «Выдрица». Основываясь на положительном опыте проведения геологических изысканий в рамках исследования четвертичной толщи заказника республиканского значения «Выдрица», можем сделать вывод, что проведение подобных работ имеет большое значение для общей характеристики геологической изученности местности, а также располагает значительным потенциалом и всеми необходимыми возможностями для дальнейшего развития.

Библиографические ссылки

1. План управления заказником республиканского значения «Выдрица» / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2021.
2. Стратегия развития экологического туризма для республиканского заказника «Выдрица» на 2024-2028 гг. / Протокол заседания рабочей группы по развитию экологического туризма Межведомственного экспертно-координационного совета по туризму при Совете Министров Республики Беларусь от 2024 г.
3. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 14 октября 1999 года № 1586 «Об образовании республиканского ландшафтного заказника «Выдрица» (в ред. постановлений Совмина от 12.11.2008 № 1697, от 30.06.2012 № 611, от 21.10.2015 № 884).
4. Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 61 от 01.02.2020 г. о преобразовании республиканского ландшафтного заказника «Выдрица» в «Заказник республиканского значения «Выдрица».
5. *Власов Б. П.* Разработка плана управления государственного природоохранного учреждения «Заказник республиканского значения «Выдрица»: отчет о НИР (заключ.). БГУ; рук. Б. П. Власов. Минск, 2021.
6. Светлагорскія навіны, Новости Светлогорска и Светлогорского района [Электронный ресурс]. URL: <https://sn.by/2024/08/26/vydrica-mezhdunarodnaya-volonterskaya-programma/> (дата обращения: 17.09.2024).
7. *Соловей И. Н., Смян Н. И.* Почвы Белорусской ССР. Минск : Ураджай, 1974.
8. *Борисов В. Л., Белоусова Л. С., Винокуров А. А.* Охраняемые природные территории мира: национальные парки, заповедники, резерваты. Справочник. М. : Агропромиздат, 1985.
9. Национальный план действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Беларусь на 2006-2010 годы. Мн. : РУП «БелНИЦ «Экология», 2006.
10. *Кухарчик Ю. В.* Геология четвертичных отложений: пособие. Минск : БГУ, 2011.
11. Подготовка представлений о преобразовании заказников республиканского значения, включая определение координат поворотных точек их границ, в соответствии со схемой, в том числе «Выдрица», «Ольманские болота»: Отчет о НИР; ГНПО «НПЦ по биоресурсам»; Науч. рук. В. В. Устин. Минск : НАН Беларуси, 2019.
12. Официальный сайт Светлогорского районного исполнительного комитета. [Электронный ресурс]. URL: <http://svetlogorsk.by/ru/> (дата обращения: 16.09.2024).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЫ «ЗЕЛЕНАЯ ЭКОНОМИКА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИИ»

Е. Г. Кольмакова, Н. В. Гагина, Н. М. Писарчук

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, kalmazkova@bsu.by,
nata-gagina@yandex.ru, pisarchuk@bsu.by*

География выступает своеобразным «очагом» взаимопроникновения и синтеза естественных и гуманитарных наук, проходит как связующий компонент в системе «природа – человек – общество». В Белорусском государственном университете разработаны и апробированы инновационные междисциплинарные магистерские программы с географическим компонентом, в том числе для гуманитарных специальностей. Среди них профилирующая «Зеленая экономика и устойчивое развитие организации» (для специальности «Экономика»). Описаны методические подходы к проектированию содержания данной образовательной программы, включающей новые инновационные дисциплины, востребованные на практике.

Ключевые слова: междисциплинарность, геоэкология, зеленая экономика, экологический менеджмент, высшее образование; магистерские программы.

Введение. В современном мире человечество является главной движущей силой, преобразующей окружающую среду. Фундаментальные преобразования природной среды и самого общества представляют собой глобальный вызов всему человечеству и требуют комплексного, скоординированного реагирования со стороны научного сообщества для эффективного управления ими. Одним из ответов на радикальную трансформацию окружающей среды и общества в научном и образовательном пространстве является усиление междисциплинарности. География, как комплексная наука о природе, населении и его экономической деятельности, может выступать в качестве фокуса, в котором происходит взаимопроникновение и синтез наук как естественнонаучного, так и социально-гуманитарного профиля. Географические знания в этом контексте могут быть эффективно интегрированы не только с тесно связанными естественнонаучными дисциплинами, такими как биология, химия, физика, астрономия, математика, экология и другие, но и с гуманитарными дисциплинами, например, в области журналистики, экономики, менеджмента, дизайна, логистики и т. д.

Материалы и методы исследования. Образовательная программа составлена в соответствии с Кодексом Республики Беларусь об образовании, Образовательными стандартами специальности «Экономика» и типовым учебным планом [1, 2, 3] с учетом методических рекомендаций по разработке и утверждению учебных планов и индивидуальных планов работы магистрантов [4].

Результаты и их обсуждение. Ниже представлен опыт авторов в разработке междисциплинарной магистерской образовательной программы с географическим компонентом. Эта «пилотная» магистерская программа – профилирующая «Зеленая экономика и устойчивое развитие организации» – предназначена для гуманитарной специальности 7-06-0311-01 Экономика. Программа была впервые реализована в 2023/2024 учебном году совместно несколькими факультетами БГУ – экономико-географическим и геоинформатическим для обучения иностранных студентов магистратуры английскому языку. Он был подготовлен для очной формы обучения, со сроком обучения один год и присвоением квалификации магистра наук.

Обучение рассчитано на 1 год и 60 зачетных единиц. Всего на географические дисциплины отведено 212 часов, что составляет 40 % от всех часов в учебном плане. Учебные дисциплины по географии объединены в три смысловых модуля [5]:

1) модуль «Экологическая инженерия» включает дисциплины «Зеленая экономика и зеленый маркетинг», «Экологические основы территориального планирования»;

2) модуль «Управление зеленой экономикой» включает дисциплины «Углеродная нейтральность и экологическая устойчивость», «Оценка воздействия на окружающую среду»;

3) факультативный модуль «Устойчивое развитие и экологический менеджмент» включает дисциплины «Управление экологическими рисками» и «Международное сотрудничество и охрана окружающей среды»; альтернативный факультативный модуль «Информационные технологии в экологии» содержит курсы «Методы обработки экологических данных», «Веб-дизайн и визуализация экологической информации».

Выбор и включение учебных дисциплин с географическим и экологическим компонентами в учебный план по экономической специальности обусловлено необходимостью формирования у будущих магистров в области зеленой экономики знаний и практических навыков по следующим блокам вопросов:

- механизмы и инструменты функционирования ресурсосберегающей экономики;

- экологические основы и практика «зеленого» планирования городских ландшафтов;
- углеродная нейтральность в целях устойчивого управления окружающей средой;
- экономическая оценка воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду;
- управление экологическими рисками хозяйствующих субъектов;
- международное сотрудничество в области охраны окружающей среды;
- цифровые методы сбора, анализа и управления экологической информацией.

Следует отметить, что впервые в образовательных программах нашей страны был предложен курс по углеродной нейтральности, который соответствует текущей глобальной экологической повестке дня. Углеродная нейтральность – это достижение хозяйствующим субъектом, сектором экономики или регионом в целом нулевых выбросов углекислого газа и его аналогов в природную среду в процессе производственной деятельности путем сокращения этих выбросов или их компенсации с помощью углеродно-негативных проектов. Достижение углеродной нейтральности является одной из ключевых задач мировой экономики для достижения целей устойчивого развития в контексте защиты окружающей среды и борьбы с глобальным потеплением.

Выводы. Географические и экологические дисциплины востребованы для подготовки специалистов по образовательным программам как естественного, так и социально-гуманитарного профилей как связующий компонент в системе «природа – человек – общество» в условиях углубления мультикультурализма общества и усиливающейся глобализации мировой экономики. Целесообразность создания подобных проектов обусловлена радикальной трансформацией окружающей среды и общества, которая в научном и образовательном пространстве проявляется в усилении междисциплинарности. С этой целью в 2023/2024 учебном году в Белорусском государственном университете была разработана и успешно апробирована инновационная междисциплинарная программа «Зеленая экономика и устойчивое развитие организации».

Библиографические ссылки

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь: 14.01.2022, № 154-З: принят Палатой представителей 21.12.2021: одобрен Советом Республики 22.12.2021: в ред. Закона Республики Беларусь 14.01.2022 / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. Минск, 2022.

2. Образовательный стандарт углубленного высшего образования по специальности 7-06-0311-01 Экономика: с. 33. URL: https://edustandart.by/media/k2/attachments/decree_163_31-05-2023.pdf (дата обращения: 20.12.2023).

3. Примерный учебный план по специальности 7-06-0311-01 Экономика. URL: https://edustandart.by/media/k2/attachments/pl_7-06-0311-01_021222.FR12.pdf (дата обращения: 20.12.2023).

4. Методические рекомендации по разработке и утверждению учебных планов и индивидуальных планов работы магистрантов для реализации содержания образовательной программы высшего образования II ступени: утв. Министром образования Респ. Беларусь 18.11.2019. Минск: Мин-во образования Республики Беларусь, 2019. С. 13.

5. Учебный план углубленного высшего образования по специальности 7-06-0311-01 Economics. Profiling: Green Economy and Sustainable Development of an Organization. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/304711> (дата обращения: 20.12.2023).

АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

О. А. Крутских, Е. А. Мальцева

*Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж, Россия,
olj.kru@yandex.ru, maltsievakat@gmail.com*

Приводятся примеры методических приемов активизации познавательной деятельности на уроках географии при изучении отраслей хозяйства РФ. Благодаря различным приемам уроки становятся интересными, сюжетными, командными.

Ключевые слова: методические приемы изучения; активизация познавательной деятельности.

Введение. Подход к образовательному процессу в сфере географии требует от педагогов максимального учета и внедрения методов и образовательных технологий, обеспечивающих эффективное и глубокое усвоение материала обучающимися [2, 3].

Важность серьезного отношения к подбору инструментов и стратегий дидактического воздействия трудно переоценить. Наиболее продуктивными окажутся такие подходы, которые привлекают обучающихся к активному, самостоятельному исследованию и открытию новых знаний, что в свою очередь способствует решению образовательных задач. Учитывая эту цель, крайне важно обеспечить атмосферу, в которой школьники будут мотивированы на учебу, что непосредственно влияет на изучение географии. Такую атмосферу можно создать, стимулируя интеграцию интеллектуального, творческого и социально-личностного аспектов в рамки образовательного процесса [1,4].

Материалы и методы исследований. При изучении географических тем, совместно со студентами продумываем варианты применения новых приемов обучения, которые направлены на активизацию познавательной деятельности, повышения интереса к урокам географии.

Результаты и их обсуждение. Рассмотрим в качестве примера применение методических приемов при изучении темы «Морской комплекс» в курсе географии 9 класса. Данные приемы универсальные и могут быть использованы при изучении любой физико-географической или экономико-географической темы.

На этапе мотивации можно воспользоваться приемом «Экивоки». Для этого необходимо вызвать по очереди три школьника, каждый кидает

кубик. После того как ему выпадает число от 1-6 он берет карточку и объясняет, слово таким способом, который ему выпал: 1 – объяснить словами; 2 – произнести слово наоборот; 3 – изобразить с помощью рисунка; 4 – показать с помощью жестов; 5 – отвечать на вопросы только да/нет. После того, как обучающиеся угадают 3 слова можно поинтересоваться «Какая связь между этими словами».

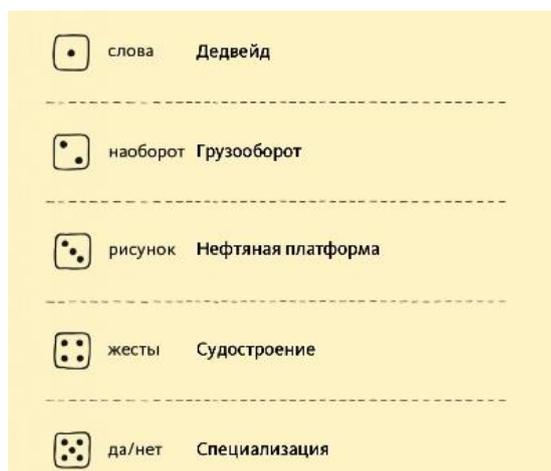


Рис. 1. Пример карточки для «Экивоки»

Интересным приемом работы с текстом при изучении морского комплекса является прием «Дорожные знаки». Обучающиеся делятся на пять групп, каждой группе дается текст о морехозяйственном бассейне России. Также им раздаются карточки дорожных знаков. По ходу чтения текста, обучающиеся должны расставить карточки в зависимости от позиции в тексте: знак главная дорога – главная мысль текста; знак стоп – суть предложения не ясна; знак круговое движение – необходимо прочесть текст несколько раз; знак прямо – информация ясна; знак заправка – необходимо развернутое пояснение. После прочтения текста поднимается вверх последняя карточка – праздничный день. После начинается разбор задания с учителем.

Важной составляющей изучения морского комплекса является изучение судостроения России. При его изучении можно рекомендовать следующие приемы:

Прием «Сито». Данный прием можно использовать для определения каких-либо отличительных черт объекта. Давая один целостный объект, обучающиеся с каждым этапом «просеивания» должны отделять информацию о предмете. В нашем случае это тема «Судостроение России». Задача обучающихся отделить составляющие данного понятие не менее 5 раз. Итог задания может выглядеть следующим образом (рис. 2).



Рис. 2. Прием «Сито» по теме «Судостроение России»

В качестве примера дается большая обширная тема «Судостроение России», затем выделяются два его главных вида, после с каждым разом выделяются все меньшие понятия, оставляя в конце уже конкретные судна, относящиеся к определенному виду судостроения. Данный прием поможет не только больше узнать об отраслях судостроения, но и научит обучающихся отделять понятия от общего к частному.

В качестве творческого задания на уроке может быть прием «Паспорт». Данный прием используется для составления обобщенной характеристики какого-либо объекта. В данном случае обучающемуся необходимо заполнить паспорт определенного судна, которое ему досталось. Задание лучше выполнять в мини-группах по пять человек. Разнообразить его можно, раздав характеристики судов в хаотичном порядке. Таким образом, обучающимся сначала нужно прочесть текст, выяснить о каком судне идет речь и обменяться с другой группой, которой принадлежит текст. После этого команда может приступить к заполнению паспорта.

Прием «Займи позицию» хорошо подойдет к нестандартному уроку или уроку формы «дебаты». Для этого приема выбирают четырех обучающихся, им выдаются карточки с цитатами. После подготовки, каждый по очереди выходит к доске, читает свою цитату и выступает с той позицией, которая написана у него в карточке. После каждого выступления остальные обучающиеся голосуют «за» или «против» его позиции. Задача каждого выступающего склонить на свою сторону как можно больше обучающихся. Голосовать можно за каждую позицию, если она является убедительной.

Одним из приемов на закрепление знаний является прием «Число». Обучающиеся дается табличка с фактами, напротив каждого есть число. Задача школьника определить, какие факты являются верными, а после

этого сложить числа, и назвать учителю получившуюся сумму. Если обучающиеся правильно ответили, то получится определенное число, которое является верным.

В качестве домашнего задания можно использовать прием «Шпаргалка». Обучающиеся собирают все, что узнали за урок в так называемую шпаргалку, она должна быть хорошо оформлена и иметь качественное содержание. На следующем уроке ученики представят свои шпаргалки на аукционе, лучшие из них будут «проданы», т. е. вознаграждены хорошей оценкой.

Заключение. Используя обновленные и инновационные приемы, урок приобретает свежесть, заставляя школьников проявлять скрытые таланты и интеллектуальные способности. Педагогический креатив каждого урока, не ограниченный устоявшимися практиками, постоянно привносит элементы неожиданности, способствующие комплексному пониманию учебного материала.

Библиографические ссылки

1. *Абаева Л. М.* Развитие познавательной активности учащихся на уроках географии. URL: <https://urok.1sept.ru/articles/675408> (дата обращения 10.10.2024).

2. *Савина И. Н.* Использование различных методических приемов на уроках географии. URL: https://urok.pf/library/statya_ispolzovanie_razlichnih_metodicheskikh_prie_164726 (дата обращения 10.10.2024).

3. *Селевко Г. К.* Энциклопедия образовательных технологий. М. : Народное образование, 2005. Т. 1. 556 с.

4. *Сулов В. Г., Вукс С. В.* Методические аспекты проектирования современного урока географии // География в школе. 2024. № 2. С. 26-29.

РАЗРАБОТКА И АКТУАЛИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРОП

С. В. Лайко

*Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва,
Российская Федерация, sofia.milaya2014@yandex.ru*

Характеризуется актуальность внедрения новых и актуализации старых требований, связанная со строительством и эксплуатацией экологических троп. Рассматривается нормативно-правовая база, связанная с использованием рекреационных маршрутов, их главные характеристики и виды.

Ключевые слова: экологическая тропа; ГОСТ; рекреационный маршрут; природная зона; заказник; каньон; колхидские леса.

Введение. Когда четверть века назад в нашей стране начали появляться первые подобные тропы, их называли «учебными тропами природы». Подразумевалось, что такой путь — это место, где люди «познают природу» или «природа учит людей». Другими словами, основной идеей создания тропы было (и остается) прежде всего экологическое просвещение и воспитание людей, посещающих охраняемые природные территории. Вот почему термин «рекреационный путь» или просто «экологическая тропа» в последнее время все чаще используется. Тропа способствует сохранению природы, а также решению проблем образования, обучения и воспитания. Чтобы сделать ее функционирование более рациональным, необходимо изучать и модифицировать существующие ГОСТы, которые могут утрачивать актуальность или не учитывать немаловажные моменты.

Материалы и методы исследований. Главный фокус исследовательской работы был направлен на установление недостатков в стандартах в сфере строительства и эксплуатации экологических троп. Для этого были совершены пешие маршруты по изучаемым экологическим тропам, находящихся в разных природных зонах, описаны их основные характеристики, изучена законодательная база, на основании которой было предложено внедрение релевантных требований к строительству и эксплуатации экологических троп.

Результаты и их обсуждение. В результате анализа выяснилось, что из всех ГОСТов ГОСТ Р 56642–2021 имеет наибольший потенциал в раскрытии характеристик, относящихся к воздействию рекреационных маршрутов на окружающую среду, и с экологической точки зрения рекомендуется разработка вспомогательного ГОСТа, посвященного регулированию влияния строительства и эксплуатации экологических троп на окружающую среду, а также

внедрению новых и актуализации старых требований в других существующих ГОСТах.

В ГОСТ Р 56642–2021 в пункте 5.3 описаны основные принципы минимизации воздействия экологического туризма (включая экологических троп) на окружающую среду: «Услуги экологического туризма, предоставляемые субъектами туристской индустрии, учреждениями, осуществляющими функции по управлению особо охраняемыми природными территориями, должны быть направлены: - на сохранение ненарушенных, уникальных природных территорий при изучении природы, культурных достопримечательностей и этнографических особенностей данной местности; - сохранение биологического и культурного разнообразия экологических систем; - поощрение устойчивого использования биологического разнообразия; - минимизацию негативных последствий экологического и социально-культурного характера, поддержание экологической устойчивости среды; - содействие в сохранении природы и бережного отношения к ней;...» [3]. Принципов много, однако они представлены довольно обобщенно, и их дополнению и раскрытию можно следовало бы посвятить отдельный норматив

Кроме того, в этом же ГОСТе присутствует термин «экологическая тропа», который определяется, как «естественным или искусственным способом образованная (сформированная) полоса движения на местности, используемая для организации движения посетителей по туристско-рекреационному маршруту; обустроенная необходимыми инженерными и навигационными объектами (информационными указателями), применяемая для движения людей (или вьючных животных, верховых лошадей и некоторых других средств передвижения) полоса земли либо поверхность искусственного сооружения - по линии туристско-рекреационного маршрута.» [3].

Можно увидеть, что были упущены два ключевых с экологической точки зрения момента: во-первых, в определении не упоминается о безопасности национальных маршрутов для посетителей, особенно если маршрут проложен через сложные формы рельефа (к примеру, далее упомянутый каньон «Белые скалы»). Во-вторых, не обозначена важность минимизации урона для окружающей среды в ходе строительства и эксплуатации экологических троп. Более точное определение звучало бы следующим образом: «экологическая тропа- естественным или искусственным способом образованная (сформированная) в соответствии с основными требованиями безопасности условий строительства и эксплуатации полоса движения на местности, используемая для организации движения посетителей по туристско-рекреационному маршруту, обустроенная необходимыми инженерными и навигационными объектами (информационными указателями), применяемая для движения людей (или вьючных животных, верховых лошадей и некоторых других средств передвижения) полоса земли либо поверхность искусственного сооружения – по линии туристско-рекреационного маршрута,

в ходе строительства и эксплуатации которой соблюдались принципы минимизации вреда окружающей среде, учитывающие особенности местности, в которой тропа пролегает».

Кроме того, в дополнение к нему вполне уместно создать другой ГОСТ или норматив, посвященный непосредственно экологически целесообразным технологиям строительства и эксплуатации экологических троп (к примеру, сокращение использования дерева в качестве покрытия экологических троп, так как урон окружающей среде при этом выше).

Для того, чтобы убедиться, что внесенные правки действительно актуальны, было проведено изучение и сравнение двух экологических троп с различных природных зон. В пределах одной большой страны экологические тропы могут сильно различаться. Это особенно ярко видно при их сравнении, ведь внешний вид экологические тропы может зависеть от многих факторов, таких, как бюджет города, климатические характеристики, рельеф и численность населения района, в котором экологическая тропа пролегает.

Было решено проанализировать экологическую тропу, пролегающую в каньоне «Белые скалы» (рис.1), Хостинский район Сочи, и экологическую тропу «У истоков рек» (рис. 2) из заказника «Теплый стан». Сравнение приведено в таблице.

Сравнение двух экологических троп из разных климатических зон

Характеристика тропы	«У истоков рек»	«Белые скалы»
Протяженность	4200 м	4500 м
Климат	Влажный умеренно континентальный	Субтропический влажно-лесной
Зона растительности	Смешанные и широколиственные леса	Смешанные леса колхидского типа, и колхидские водно-болотные комплексы
Рельеф	Теплостанская возвышенность, неоднородный, но без больших перепадов высот	Каньон, скалы, большой перепад высот
Численность населения наиболее крупного близлежащего населенного пункта	13 149 803 чел. (город Москва)	446600 чел. (город Сочи)
Материал	Преимущественно дерево, иногда почва	Сами скалы, железные поручни по бокам, изредка-дерево
Координаты	55.6 с. ш. 37.5 в. д.	43.5 с. ш. 39.8. в. д.
Функции	Специализированная, познавательно-прогулочная	Познавательно-прогулочная

Из сравнения были сделаны следующие промежуточные выводы:

1) Так как в Москве население гораздо больше, экологические тропы более доступны и оборудованы, они не располагаются в труднодоступных местах, таких, как скалы;

2) Биоразнообразие в колхидских лесах достаточно большое, именно поэтому там лучше не строить деревянные экологические тропы [2];

3) Так как формы амплитуда высот на Кавказе достаточно большая, туризм на экологических тропах в Сочи более специфический, и у троп в разных городах – разные цели;

4) Тем не менее, важно минимизировать вред окружающей среде в ходе строительства и эксплуатации экологических троп в обеих природных зонах, так как в Москве на экосистему кладется большая антропогенная нагрузка, а в районе «Белых скал»-большое биоразнообразие, которое необходимо сохранить.



Рис.1. Участок экологической тропы «Белые скалы»

В результате анализа двух троп были выявлены существенные различия между ними, что только подтвердило необходимость внедрения новых требований в существующие нормативы.



Рис.2. Участок экологической тропы «У истоков рек»

Напротив, наиболее исчерпывающий набор требований по безопасности экологических троп для человека представлен в ГОСТ Р 50644–94: были перечислены основные моменты, связанные с безопасностью эксплуатации экологических троп посетителями. «Вредные факторы (факторы риска) в туризме могут быть классифицированы следующим образом: травмоопасность; воздействие окружающей среды; пожароопасность; биологические воздействия; психофизиологические нагрузки; опасность излучений; химические воздействия; повышенная запыленность и загазованность; прочие факторы; специфические факторы риска» [5]. В данном ГОСТе расписаны правила защиты человека в случае воздействия неблагоприятных факторов, но, к сожалению, ничего о воздействии экологических троп на окружающую среду.

В ГОСТ Р 50681–2010 представляется возможным дополнить пункт 5.3.1 [4]: «Основными требованиями к туристским услугам и условиям обслуживания туристов являются: - соответствие назначению; - безопасность; - точность и своевременность исполнения; - эргономичность; - комфортность; - эстетичность; - информативность; - доступность; - экологичность», кроме того, применить дополнение термина «туристский маршрут», описанное в пункте 2. В данном случае это требование является ключевым, и его необходимо добавить к основным.

Заключение. Можно заключить, что проблема существующих ГОСТов в том, что в основном они акцентируют внимание на безопасности рекреационных маршрутов для человека, а не для окружающей среды, и получается, что нивелирование урона, который туристская тропа может нанести окружающей среде, прописано только в общих принципах и положениях.

Библиографические ссылки

1. *Голденков А. А., Купер Б.* Методические рекомендации по вопросам создания информационного обеспечения экологических образовательных центров и экологических троп на ООПТ. Минск, 2011. 92 с.

2. Туристские услуги. Экологический туризм. Общие требования Турыцкія паслугі. Экалагічны туризм. Агульныя патрабаванні: ГОСТ Р 56642–2021. Взамен ГОСТ Р 56642–2015; введ. РФ 2022-06-30. Москва: Российский институт стандартизации. Национальный стандарт Российской Федерации, 2022. 15 с.

3. Туристские услуги. Проектирование туристских услуг (Переиздание) Турыцкія паслугі. Праектаванне турыцкіх паслуг (перавыданне): ГОСТ Р 50681–2010. Взамен ГОСТ Р 50681–94; введ. РФ 2022-06-30. Москва : Российский институт стандартизации. Национальный стандарт Российской Федерации, 2020. 19 с.

4. Туристско-экскурсионное обслуживание. Требования по обеспечению безопасности туристов и экскурсантов : ГОСТ Р 50644–94. Введен впервые; введ. РФ 1994-07-01. Москва : Государственный стандарт Российской Федерации, 1994. 12 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АРЕАЛОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН

С. И. Ласточкина, В. Н. Пейхвассер

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
7.iris@mail.ru*

Приводится краткое описание технологии ГИС-картографирования ареалов функциональных санитарно-защитных зон на плане землепользования с применением программного комплекса AutoCAD.

Ключевые слова: санитарно-защитные зоны; агроэкологическое зонирование; территория землепользования; ГИС-картографирование.

Введение. Потенциально экологически опасные объекты при определенных условиях в процессе функционирования могут оказывать негативное воздействие на земельные, водные и другие природные ресурсы, а также здоровье и благополучие людей. Многие хозяйственные объекты являются экологически опасными. К постоянно действующим экологически опасным линейным антропогенным объектам, вокруг которых создаются санитарно-защитные зоны, относят объекты транспортной сети: дорожную сеть (железные и автомобильные дороги), трубопроводы различного назначения и линии электропередач [1].

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) представляет собой специальную территорию, участок земли с условной границей (полосой), разделяющий жилую зону населенных пунктов и хозяйственные объекты (территории предприятий) с особым режимом использования [4, 5]. СЗЗ устанавливается из такого расчета, что предприятия, являющиеся источниками выбросов в окружающую среду вредных и всевозможных аэрозольных веществ с отталкивающим запахом, а также повышенных уровней шума, вибрации, ультразвука, электромагнитных волн (радиочастот), должны находиться от жилой застройки на безопасном расстоянии. Границы СЗЗ условно фиксируются вокруг объектов и производств, являющихся источниками вредного воздействия на среду обитания и здоровье человека с целью уменьшения данного воздействия. Размеры СЗЗ с учетом экологического нормирования зависят от класса опасности объектов. Размер СЗЗ устанавливается с учетом класса опасности и розы ветров [2, 7].

Материалы и методы исследований. Исходными данными и материалами для ГИС-картографирования служат план землепользования в масштабе 1: 10 000 с нанесенными горизонталями, почвенная карта землепользования в масштабе 1: 10 000, планшеты учебных топографических карт в масштабе 1: 10 000 с отображением территории землепользования, характеристики картографируемой территории (наличие сельскохозяйственных организаций, промышленных предприятий, их природные и производственные показатели).

Результаты и их обсуждение. На плане землепользования следует выявить экологически опасные объекты землепользования, оказывающие негативное воздействие на земельные, водные и другие природные ресурсы, влияющие на экологическое состояние использования сельскохозяйственных земель, а также на здоровье и благополучие населения [5, 7]. Перед выполнением ГИС-картографирования, необходимо настроить рабочее пространство программного комплекса AutoCAD для оформления картографического материала.

Графическое оформление проектов с целью получения тематических планов землепользования выполним на основе подготовленного рабочего пространства в программном комплексе AutoCAD [6]. Возможности рабочих функций ПО AutoCAD, с помощью которых производится построение тематических планов землепользования рассмотрим на примере построения плана «Агроэкологическое зонирование территории» [2, 3].

Запускаем ПО AutoCAD. На экране монитора появляется изображение рабочего пространства программы. Основным рабочим инструментом, который необходим для выполнения задания, является инструмент «Полилиния». Он выбирается на панели инструментов в закладке «Рисование» → «Полилиния». С помощью данного инструмента можно начертить непрерывную линию и, если это необходимо, сделать замкнутым контур. Для начала измерим все площади видов земель, имеющиеся на плане землепользования. Инструментом «Полилиния» путем обводки необходимого контура участка. Активируя функцию «Свойства» правой кнопкой мыши, замыкаем рабочий контур участка, открываем в окне проекта значение вычисленной площади.

Если нужно вычислить площадь с вкраплением, т. е. если внутри контура находится участок, площадь которого нам не нужна, тогда сначала обводим это вкрапление. Для этого функцией «Свойства» → «Замкнуть» или кнопку «Esc» смыкаем площадь участка. И только, когда вычленена площадь вкрапленного участка, обводим необходимый участок описанным выше способом.

Для последующей корректной работы инструмента «Штриховка» все контуры, подлежащие штриховке, должны быть замкнуты. С этой целью сомкнем область, в которой будем производить все операции. Для этого

перейдем на вкладку «Главная» → «Полилиния». После активации данного инструмента необходимо выбрать начальную точку, с которой начнется построение линии.

Далее выбираем левый нижний угол растрового изображения с отображаемой тематической картой нажатием левой кнопкой мыши. После этого выделяем всю карту по периметру, двигаясь по часовой стрелке (рис. 1). После того как полилиния вычерчена с трех сторон, следует сомкнуть контур рабочего участка. С этой целью одним щелчком правой кнопки мыши вызываем функцию «Свойства» и выбираем команду «Замкнуть». В результате проделанных действий создан контур участка. При выделении вычерченного ранее контура в рабочем окне проекта необходимый контур будет подсвечен неоновым цветом.

На следующем этапе наносим все необходимые надписи на чертеже. Для добавления какой-либо подписи на панели инструментов «Рисование» используется инструмент «Многострочный текст». Этот инструмент расположен на вкладке «Аннотации» → «Многострочный текст». Параметры текста: «Высота», «Вес линий», «Тип шрифта» и т. д., можно и настраивать, и изменять. Для этого применяют функцию «Свойства» → «Высота текста». Чтобы отображалась функция «Вес линий», надо на нижней панели включить команду «Отображение линий в соответствии с весами». В результате проделанных действий в окне проекта отобразится линия в соответствии с толщиной, т. е. весом.

Далее рассмотрим непосредственно вычерчивание контуров и их последующую заливку на примере создания водоохранной зоны реки. С помощью инструмента «Полилиния» следует пройти по длине всей реки от нижней линии рамки до верхней, повторяя каждый ее изгиб. Так как объектная привязка настроена ранее, она позволит точно примкнуть полилинии к рамке снизу и сверху. После того как линия реки составлена, в окне проекта появится отображенное выделение объекта (рис. 2).

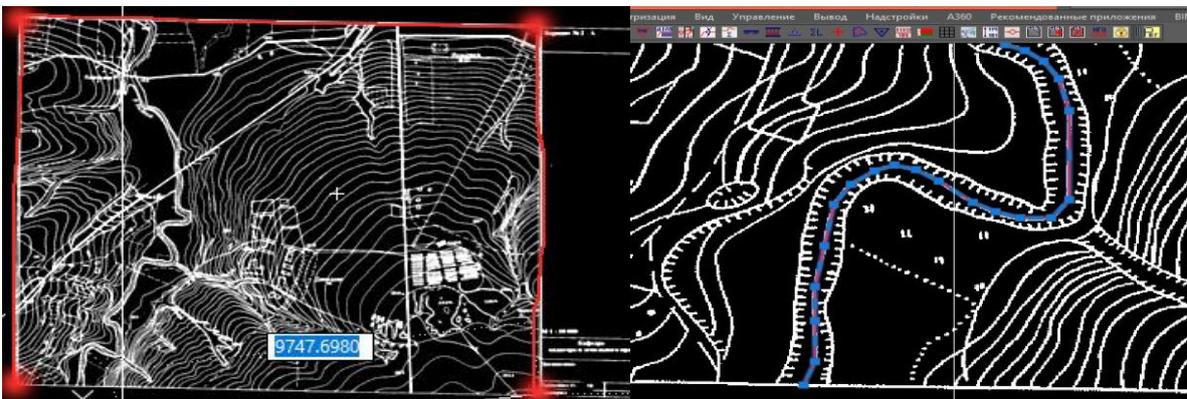


Рис. 1. Процесс выделения тематической карты

Рис. 2. Отображение объекта в окне проекта

Вычертив полилинию по реке, применим инструмент «Подобие». С его помощью получим границы водоохранной зоны по обеим сторонам реки. Далее выделяем полилинию реки, переходим на вкладку «Главная» → «Редактирование», выбираем команду «Смещение» и указываем расстояние смещения. В появившемся окне вводим величину водоохранной зоны. В том случае если водоохранная зона равна 100 м, то и в рабочем окне проекта в AutoCAD она тоже будет соответствовать 100 м, значение 150 м свидетельствует о том, что водоохранная зона равна 150 м, и т. д. После нажатия клавиши «Enter» следует перевести курсор влево и, щелкнув левой кнопкой мыши, с левой стороны проекта отчертить границу водоохранной зоны. Для получения правой границы проделываем те же операции, перемещая курсор вправо от реки. Искаженные границы правим инструментами «Удлинить» и «Обрезать».

В продолжении работы переходим на вкладку «Главная» → «Редактирование» и выбираем команду «Удлинить». Нажатием левой кнопкой мыши на линиях, которые необходимо продлить до рамки. Удлинив необходимые линии, зажимаем клавишу «Shift» и этим действием изменяем функцию «Удлинить» на противоположную – «Обрезать». В результате обрезаем необходимые линии.

Фоновое оформление выполняется путем цветовой заливки, полученных контуров водоохранной зоны. Для этого нам необходим инструмент «Штриховка». Он находится на вкладке «Главная» → «Рисование». На открывшейся вкладке выбираем образец типа «SOLID». Выбираем, например, цвет – синий, прозрачность заливки – 70 пикселей. Далее слева на панели нажимаем «Указать точку» щелчком мыши сначала на левой части водоохранной зоны, затем на правой. Завершаем этап нажатием клавиши «Enter». Получаем полупрозрачное изображение. В результате выполненных данных действий на растровом изображении будет составлена водоохранная зона на карте.

Отрисованная площадь инструментом полилиния должна быть замкнута (точно примыкать к рамке в окне рабочей программы). В противном случае инструмент «Штриховка» выдаст ошибку незамкнутого контура. В противном случае необходимо пересмотреть места примыкания линий к рамке и при необходимости подрезать или удлинить, как описано выше, и повторно выполнить штриховку. Все параметры (вес линии, цвет, образцы, величину текста и т. п.) можно изменить, выбрав элемент, и вызвать правой кнопкой «Свойства».

Контроль размеров отрисованного объекта на растровом изображении выполняется с использованием инструмента «Размер». Чтобы добавить на панель инструментов «Размер», необходимо на мониторе компьютера в левом верхнем углу рабочей версии программы AutoCAD

нажатием правой кнопкой мыши на значке «Параллельный/Нанесение параллельного линейного размера».

Далее в появившемся меню следует поочередно выбрать всплывающие команды «AutoCAD» и «Размер». Появившуюся в меню панель задач для удобства работы можно закрепить в левой стороне программы.

Правильное использование функций программы в процессе построения проекта позволяет выполнять множество графических операций. Например, измерить ширину водоохранной зоны, расположенной справа от русла реки; можно при помощи функции поочередно вызываемых команд «Главная» → «Аннотации» → «Размер параллельный». С помощью других функций программы возможно также на растровом изображении измерить площадь интересующего объекта. Эта операция выполняется через меню на панели инструментов инструментом «Полилиния», путем обводки контур нужного участка.

После выделения всех агроэкологических зон их границы оформляются на плане землепользования соответствующими условными знаками, а сами зоны отображаются способом качественного фона. Картографическое оформление результатов зонирования завершается вычерчиванием на плане землепользования карта-схемы агроэкологического зонирования с нанесением условных обозначений и углового штампа.

Далее, используя картографический материал «Схема функционального зонирования территории землепользования», следует сгруппировать итоговые площади и структуру видов функциональных зон землепользования, а также выполнить анализ результатов СЗЗ и агроэкологического зонирования территории, включая итоговые площади и структуру видов функциональных СЗЗ по всему землепользованию.

Для вывода готового проекта на печать следует активировать функцию «Печать файла». В меню рабочей программы AutoCAD, выбрав команды «Файл» → «Печать», произвести первоначальную настройку печати чертежа. С этой целью выбирается имя принтера (например, DWG to PDF). В результате проделанных действий получим файл формата *.pdf, который можно распечатать, не имея установленного комплекса AutoCAD. Указываем формат: ISO без полей А3 (420×297 мм). Выставляем галочки в командной строке «Параметры печати», приводя ими в действие перечень функций: учитывать веса линий, прозрачность при печати, учитывать стили печати. В командной строке «Смещение от начала (начало области печати)» выставляем галочку под фразой «Центрировать», в строке «Ориентация чертежа» выбираем «Альбомная».

В строке «Масштаб печати» выставляем галочку напротив фразы «Вписать». В области печати под вопросом «Что печатать» из перечня выбираем команду «Рамка». Далее, выбрав рамку, выделяем чертеж по

внешним углам рамки и нажимаем внизу диалогового окна кнопку «Применить к листу». С целью контроля правильности выбранных функций нажимаем кнопку «Просмотр». В случае правильной расстановки всех параметров нажимаем кнопку «ОК».

Заключение. Материалы ГИС-картографирования позволяют детально проанализировать результаты влияния ареалов функциональных санитарно-защитных зон, дать полную характеристику факторам, влияющим на агроэкологическое зонирование территории землепользования с дальнейшим формированием обновленных сведений в схемах агроэкологического зонирования территории изучаемого землепользования. Кроме того, вычисленные результаты СЗЗ и агроэкологического зонирования могут использоваться при разработке проекта внутрихозяйственного землеустройства территории и обоснования конкретных мер по охране земель и других природных ресурсов.

Библиографические ссылки

1. Основы экологии и охрана окружающей среды / А. Г. Банников [и др.]. 4-е изд. Москва : Колос, 1999. 304 с.

2. Ласточкина С. И., Швед И. М. Опыт использования ГИС-технологий при создании и обновлении цифровых топографических карт применительно к целям землеустройства и кадастра // «Землеустройство, геодезия и кадастр: прошлое-настоящее-будущее»: сб. науч. статей по матер. I Междунар. науч.-практ. конф., посв. 95-летию землеустроительного факультета, 25-27 сент., 2019 г. Горки : Изд-во БГСХА, 2020. С 190–197.

3. Ласточкина С. И., Северцов В. В. Особенности применения ГИС-технологий при изготовлении крупномасштабных топографических карт // Актуальные проблемы в землеустройстве и пути их решения: сб. науч. статей по матер. Межд. науч.-практ. конф., посв. 180-тию образ. БГСХА, 3-4 дек., 2020 г. Горки : БГСХА, 2021. С 93–98.

4. Ласточкина С. И., Северцов В. В. Охрана земель с основами ландшафтоведения и экологии : практикум. Горки : БГСХА, 2022. 137 с.

5. О государственной экологической экспертизе, стратегической экологической оценке и оценке воздействия на окружающую среду: Закон Республики Беларусь от 18 июля 2016 г. № 399-З, изм. и доп. от 15 июля 2019 г. № 218-З. / Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&r0=H11600399> (дата обращения 16.09.2024).

6. ПО AutoCAD. Руководство пользователя. New York : Esri, 2009. 376 с.

7. Свитин В. А. Теоретические основы формирования эффективной системы управления земельными ресурсами: монография. Горки : БГСХА, 2009. 340 с.

НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ В РАМКАХ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Э. В. Лопарева¹⁾, О. А. Крутских²⁾

¹⁾ МБОУ средняя общеобразовательная школа № 20, г. Воронеж, Россия,
lopareva.elina@yandex.ru

²⁾ ФГБОУ ВО Воронежский государственный педагогический университет,
г. Воронеж, Россия, olj.kru@yandex.ru

Представлены направления экологического образования и формирования экологической культуры обучающихся в рамках школьных и внешкольных, внеурочных мероприятий в целях изучения и сохранения окружающей среды и повышения культуры природопользования.

Ключевые слова: экологический всеобуч; внеклассная работа; акция; экологическая тропа; экологическая культура и патриотическое воспитание.

Введение. Важнейшей глобальной общечеловеческой проблемой современности стала экологическая проблема. Поэтому важной образовательной целью школы должно быть формирование у подрастающего поколения экологической культуры.

Цель экологического образования – это получение воспитательного и практико-деятельностного результата, то есть готовности учащихся школы к экологически ответственным действиям и поведению [1]. Концепция экологического образования ориентирована на овладение обучающимися социального опыта экологической культуры. Экологическое образование – это органическая и приоритетная часть системы образования, формирующее новое отношение не только к природе, но и к обществу, лично к человеку, а также к самому себе.

Формирование ценностного отношения к жизни на планете во всех ее проявлениях как основной нравственной категории экологической этики очень важно на современном этапе.

Материалы и методы исследований. В нашей школе имеются широкие возможности ведения природоохранительной работы с учащимися. Работа по экологическому образованию и формированию экологической культуры проводится по следующим направлениям:

Экологический всеобуч (культурно-просветительская деятельность). Учащиеся приобретают новые знания, которые будут необходимы им в

практической жизни, учатся решать экологические проблемы в повседневной жизни, грамотно себя вести в природе, чтобы не навредить и своему здоровью и, прежде всего, окружающей среде.

Школа тесно сотрудничает с центром экологической политики. Методисты центра, студенты ВГПУ, волонтеры оказывают помощь в проведении экологических мероприятий и предоставлении методических пособий: игры, видеоматериалы. Благодаря такому сотрудничеству в школе проводятся экологические мероприятия. Дети среднего звена в игровой форме проводят занятия в начальной школе по разделному сбору мусора, формируют агитационные бригады, которые проводят разнообразные экологические акции. Например, «Покормите птиц зимой», «Берегите первоцветы» и др.

Внеклассная работа (развитие творческого потенциала, воспитание грамотного экологического поведения). Такое направление требует желания, самостоятельности обучающихся, инициативы.

Одной из форм внеклассной работы является «Создание малой школьной экологической тропы», включающей участок Нагорной дубравы – памятника природы регионального значения.

Эта большая работа началась с пришкольной территории, на которой растет могучий старый дуб. Захотелось узнать возраст этого дерева. Решили провести практическую работу. Пригласили специалистов кафедры экологии Воронежской государственной лесотехнической Академии (ВГЛТА). В результате совместных проведенных исследований было установлено, что нашему могучему дубу, произрастающему у здания мастерских в школьном дворе, более 150 лет! Затем вместе со школьниками и родителями была облагорожена прилегающая территория, старому дубу присвоено звание «Дуб ветеран», изготовлена и повешена на дерево медаль, подтверждающая статус одного из старейших дубов Воронежа.

Также в школе провели конкурс на лучший герб школы (нашей школе в этом году исполняется 90 лет). И теперь на школьном гербе есть листья дуба, как символ дуба-покровителя нашей школы и желуди, которые символизируют сменяющиеся поколения учеников.

В годы Великой Отечественной войны в нашем микрорайоне шли ожесточенные бои, в школе был развернут госпиталь, окружающая территория подвергалась систематическим бомбардировкам, почти все здания были разрушены, леса выжжены, а наш дуб выстоял в это тяжелое время. Это символ мужества и стойкости наших предков. Для новых учеников школы в рамках патриотического воспитания ежегодно проводится урок Памяти, беседы у школьного дуба по данной теме.

И школьная экологическая тропа начинается именно с этого памятного места, у Дуба-ветерана. Так как школьный участок находится на территории памятника природы «Нагорная дубрава», был составлен маршрут по близлежащим лесным и парковым зонам и знаковым местам нашего микрорайона. По маршруту экотропы был снят видеоролик и выполнено исследование территории. С этой работой вместе с группой инициативных учащихся приняли участие в Международном Форуме молодежных социальных инициатив «Просто действовать!» в Санкт-Петербурге, где заняли второе место.

Следующее направление работы – Экологический кружок «Росинка». Именно на заседаниях кружка изучаем законы экологии, готовим мероприятия, оформляем стенды. Также в рамках работы, с кружковцами подготовили экологическую сказку «По следам дядюшки бобра», видеоматериалы которой получили признание на конкурсе в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике им. В.М. Пескова. И конечно, с этой сказкой подростки ежегодно выступают перед учащимися начальной школы.

Особо хочется выделить такое направление нашей работы, как организация и проведение ежегодного Экологического фестиваля «От экологии природы – к экологии души!», в рамках которого проводится Акция и квест «Собирай и разделяй!». Команды со всего города и области принимают участие в этом экологическом мероприятии. В рамках Акции проводятся викторины на экологическую тему, квест-игра «Экоэрудит». На территории участка Нагорной дубравы, где проходит мероприятие, квест на знание древесных растений, растений-первоцветов помогает лучше узнать природу своей местности. Данное мероприятие проводится в тесном сотрудничестве с Управлением экологии г. Воронежа и Центром экологической политики. И конечно, основная задача Акции – это сбор мусора. Дети учатся правильно разделять мусор и собирают его в пакеты разных цветов.

И еще одно направление экологической работы – Экскурсии в природу. Наш Воронежский край богат красивейшими природными местами. Музей-заповедник Дивногорье, Воронежский биосферный заповедник, Хоперский заповедник, музей-заповедник Костенки. Каждый год учащиеся разных классов посещают эти природные территории. Дети учатся ценить и любить свою малую Родину.

Результаты и их обсуждение. Как результат проделанной работы, можно заметить, что экологическое образование и воспитание в школе решает следующие задачи: прививает осмысленное и заботливое отношение к природе; развивает у обучающихся разного возраста познавательный интерес и навыки наблюдения за флорой и фауной; культивирует навык

бережного отношения к окружающему миру, и постепенно учит предугадывать последствия человеческих действий для природы.

Акция «Собирай и разделяй!» привлекает к участию обучающихся, студентов и преподавателей со всего города, не остается в стороне и местное население. Так, например, в мае 2024 года в Акции приняли участие 95 учащихся и преподавателей из 16 образовательных учреждений г. Воронежа, а также 30 студентов Университета и представителей молодежного волонтерского движения. В ходе Акции было собрано 88 мешков пластика, 34 мешка общего мусора, 30 мешков стекла, 19 мешков металла и 9 мешков бумаги. Мы уверены, что это далеко не предел!

Заключение. Таким образом, можно отметить, что в школе сложилась определенная и достаточно цельная система экологического воспитания обучающихся. Реализация разнообразных направлений экологической деятельности способствует привлечению внимания и развитию как познавательного, так и деятельностного интереса к окружающему миру, формированию экологической культуры ребенка. А экологическая культура, в свою очередь, со временем меняет мировоззрение и становится полноценным свойством личности патриота и гражданина страны [2].

Библиографические ссылки

1. Ермаков Д. С., Петров Ю. П. Экологическое образование: мнение экспертов и школьников // Социологические исследования. 2019. № 9. С. 64-67.

2. Иванова Л. Ю. Экологическая культура в российском обществе как условие формирования экосознания и поведения подрастающего поколения // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12, № 1. С. 189-201.

3. Экологическое образование и воспитание школьников: учеб.-метод. пособие для учителей общеобразоват. шк. и педагогов доп. образования / В. А. Самкова [и др.]; науч. ред. Л. П. Кураков, О. В. Олейник. М. : ИАЭП, 2015. 264 с.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ В РАМКАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ УЧАЩИХСЯ ПРИ СОТРУДНИЧЕСТВЕ ВУЗА И ШКОЛЫ

В. В. Ляшенко¹⁾, О. А. Крутских²⁾

¹⁾ МБОУ средняя общеобразовательная школа № 20, г. Воронеж, Россия,
l-valentina-22@yandex.ru

²⁾ ФГБОУ ВО Воронежский государственный педагогический университет,
г. Воронеж, Россия, olj.kru@yandex.ru

Представлен опыт взаимодействия школы и вузов в экологическом воспитании и образовании обучающихся через проведение разнообразных совместных мероприятий в целях сохранения окружающей среды и повышения культуры природопользования. Наиболее подробно раскрыт опыт проведения городского фестиваля с региональным участием «От экологии природы – к экологии души!».

Ключевые слова: школа; вуз; экологическое воспитание; экологическая культура; сотрудничество; «Агрошкола 20»; фестиваль; экологическая акция.

Введение. Возможность проживания в чистой экологической среде ежегодно ценится все выше и выше. Нам становится понятно, что мы не просто обязаны изменить свое отношение к окружающему миру, важно научиться строить гармоничные отношения с природой [1]. В этой связи «экологизация» процесса обучения на разных ступенях образования и воспитания школьника, ежегодно возрастает и приобретает все более важный характер [2]. Эффективность формирования экологической культуры, ликвидация «экологической безграмотности» повышается, если педагогическое воздействие на становление личности нового гражданина страны начинается как можно раньше и продолжается на протяжении всего процесса обучения в системе «школа - ВУЗ», поскольку через нее проходит основное большинство потенциальных природопользователей.

Материалы и методы исследований. В МБОУ СОШ № 20 г. Воронежа, как и в любой другой школе, виды внеурочной деятельности достаточно разнообразны и многогранны, затрагивают как можно больше областей знаний и интересов обучающихся. Но особенное внимание ежегодно уделяется экологическому направлению развития подрастающего поколения, что предопределено серьезными причинами.

Во-первых, школа находится практически на территории памятника природы нашего края Нагорной дубравы. Рядом проходит природоохранная зона Воронежского водохранилища, пролегают участки массивов городского Дендрария и Ботанического сада.

Во-вторых, в шаговой доступности от школы находятся два крупнейших вуза города – Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, в архитектурном ансамбле которого была в свое время и построена школа, и государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. Недалеко также располагается Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии.

Такое благоприятное соседство предопределило тесное и многоплановое сотрудничество школы и вузов во внеурочной деятельности обучающихся экологической направленности с давних пор и по настоящее время.

- участие в олимпиадах, конференциях НОУ;
- участие в акциях «Лесники открывают двери», «День Земли»;
- посадка деревьев и других растений;
- обучение в агроклассе по программам дополнительного образования естественно-научного направления ФГБОУ ВО «ВГАУ им. Петра I»;
- участие в совместных проектах ландшафтного дизайна и изучения возраста и качества лесных насаждений вокруг школы;
- работа трудовой бригады на прилегающей территории;
- отдельный сбор мусора на участке Государственного природного заказника областного значения «Воронежская нагорная дубрава»;
- и наконец, особое внимание в деятельности школы уделяется проведению ежегодного майского Фестиваля «От экологии природы – к экологии души!».

Созданный по инициативе школы, Открытый городской фестиваль школьников с региональным участием проводится с 2015 года по настоящее время при содействии одного из вузов: ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова» или ФГБОУ ВО ВГАУ имени императора Петра I, а также Управления экологии г.о.г. Воронежа. Программа фестиваля разработана по четырем направлениям.

Первое направление – экологическая Акция «Собирай и разделяй!» по отдельному сбору мусора на территории Нагорной дубравы. В рамках Акции проводится Квест-игра «Экоэрудит» между командами-участниками. Таким образом, ребята и учатся отдельному сбору мусора и показывают свои биологические и экологические знания.

Второе направление фестиваля – научно-практическая конференция школьников «Шаг в будущее», проходящая на базе одного из ВУЗов. Секции самые разноплановые, но главное направление работы конференции – экологическое, где особенно приятна активность учащихся начальной школы в секции «Юный исследователь природы».

По итогам конференции школа ежегодно выпускает в печать сборник работ учащихся.

Третье направление – работа творческих мастерских под руководством преподавателей кафедры ландшафтного дизайна или сотрудников Ботанического сада. Здесь ребята учатся проектировать и украшать территорию, подбирать и создавать цветочные композиции.

Четвертое направление работы фестиваля – Круглый стол для учителей школ и преподавателей ВУЗа «Школа – ВУЗ: преемственность обучения и воспитания». Темы выступлений актуальны и интересны для обсуждения как учителям, педагогам дополнительного образования, так и преподавателям высшего образования. Именно при таком взаимодействии и вырабатывается понимание дальнейших шагов в воспитании подрастающего поколения.

Результаты и их обсуждение. В организацию и проведение Фестиваля вовлечены около половины преподавательского состава школы и большинство старшеклассников, что, несомненно, оказывает существенное влияние на формирование экологической культуры поведения обучающихся и бережного отношения к окружающей среде.

Участвуя в разнообразных Акциях по отдельному сбору мусора, многие подростки «переносят» в повседневную жизнь новые, «экологичные» правила поведения. Контейнеры по отдельному сбору отходов вот уже несколько лет находятся на территории школы, школьного двора, привлекая внимание к правильной утилизации мусора и местных жителей микрорайона.

Школа многие годы подряд входит в число городских призеров по сбору макулатуры. В данную акцию вовлечены и ребята, и их родители, и жители окружающих домов.

С каждым годом расширяется география Фестиваля и возрастает количество участников, тем самым к экологическим проблемам нашего микрорайона мы привлекаем больше внимания со стороны общественности.

Ежегодно возрастает и количество участников конференции, привлекая обучающихся из районов области, увеличиваются возрастные группы учеников. Так, если в 2015 году в работе первой конференции принимали участие 43 обучающихся из 9 школ г. Воронежа, то в 2024 году в работе теперь уже Фестиваля приняло участие 438 обучающихся и учителей из

39 образовательных учреждений г. Воронежа и Воронежской области, в том числе 357 участников конференции.

Заключение. Мы считаем, что в школе, в том числе благодаря внеурочной деятельности, сложилась определенная, достаточно качественная система экологического образования.

Накоплен положительный опыт работы в результате совместной деятельности педагогов школы, учащихся и их родителей, сложилась система дополнительного образования, а также сетевого сотрудничества с преподавателями рядом расположенных ВУЗов.

Библиографические ссылки

1. *Вербицкий А. А.* Основы концепции развития непрерывного экологического образования. // Педагогика. 2019. № 6. С. 116-119.

2. *Гакаев Р. А., Чатаева М. Ж.* Экологическое образование и культура как приоритетное направление гармонизации отношений общества и природы// Теория и практика образования в современном мире: материалы VII Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.). СПб. : Свое издательство, 2015. С. 178-181. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/152/8533/> (дата обращения: 3.09.2024).

3. *Иванова Л. Ю.* Экологическая культура школьной молодежи: состояние и задачи формирования // XII Российская конференция по экологической психологии: материалы (Москва, 12–14 апр. 2020 г.) /под ред. В.И. Панова. М. Самара : МГППИ, 2021. С. 139-145.

4. Экологическое образование и воспитание школьников: учеб.-метод. пособие для учителей общеобразоват. шк. и педагогов доп. образования / В.А. Самкова [и др.]; науч. ред. Л. П. Кураков, О. В. Олейник. М. : ИАЭП, 2015. 264 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО И ИСТОРИКО-ЭТНОГРАФИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БЫХОВСКОГО РАЙОНА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЧАСТНОГО ТУРИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «ЧИГИРИНКА»

К. А. Макар, А. Е. Яротов

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь
kristina.mazurina.02@mail.ru, yarotau@bsu.by*

Исследуется потенциал туристического комплекса «Чигиринка», расположенного на берегу реки Друть. Рассматриваются природные и историко-культурные ресурсы, а также возможности для развития различных видов туризма. Авторы выявляют ключевые направления, способствующие привлечению туристов. Предложены рекомендации по улучшению инфраструктуры и созданию новых маршрутов для увеличения туристической привлекательности региона.

Ключевые слова: туркомплекс; «Чигиринка»; Чигиринское водохранилище; река Друть; туризм.

Введение. Для развития туристического пространства ключевой составляющей служит наличие туристического образа территории, который складывается из наличия природного и историко-этнографического потенциала.

Кроме этого, важно определить, в каком туристическом направлении можно и нужно использовать данное туристическое пространство.

По Постановлению Министерства спорта и туризма Республики Беларусь от 7 августа 2023 г. № 36 «О ведении Единой классификации видов туризма в Республике Беларусь», в нашей стране насчитывается 13 видов туризма: агроэкотуризм, активный, гастрономический, деловой, историко-культурный, лечебно-оздоровительный, медицинский, образовательный, охотничий, промышленный, религиозный, событийный, экологический.

В соответствии с данным перечнем, проанализировав особенности территории исследования, необходимо выявить, какие из видов туризма могут быть на ней реализованы.

Материалы и методы исследования. Материалами для исследования послужила собранная авторами информация о природном и историко-культурном потенциале территории исследования.

С помощью такого ГИС-ресурса как ArcGIS и векторного графического редактора Adobe Illustrator была создана схема территории исследования.

Для исследования были применены такие методы как: контентанализ, картографический, геоинформационных технологий.

Результаты и их обсуждение. Быховский район расположен в южной части Могилевской области Республики Беларусь. Граничит с Могилевским, Чаусским, Славгородским, Кировским, Кличевским районами Могилевской и Рогачевским – Гомельской области.

В Черноборском сельсовете данного района находится деревня Коровчено (Коровчино). Она расположена на правом затопленном берегу реки Друть, у северного края Чигиринского водохранилища.

В пределах этой деревни, которая попадает в водоохранную зону водных объектов, и расположен туристический комплекс «Чигиринка» (53.545952, 29.827466) (рисунок), территория данного комплекса может стать хорошей базой, для создания «пространства анимации и туризма».



Туристический комплекс «Чигиринка»

В физико-географическом отношении территория комплекса относится к району Центральноберезинской равнины Предполесской провинции (округ Восточное Предполесье).

В соответствии со схемой геоботанического районирования туркомплекс и прилегающие к Чигиринскому водохранилищу обширные территории расположены в пределах Березинско-Друцкого района Оршанско-Могилевского округа подзоны дубово-темнохвойных лесов.

Лесообразующими породами являются сосна, ольха черная, ель, дуб, осина, береза. Доминируют сосновые подтаежные леса с участием ели обыкновенной и дуба черешчатого в древостое. В подлеске представлены можжевельник обыкновенный, дрок красильный, раkitник русский. Типологически сосновые леса относятся преимущественно к лишайниково-вересковому типу, представленному в береговой линии Чигиринского водохранилища. Реже встречаются сосняки зеленомошно-брусничные. Напочвенный покров широко представлен плевроциумом Шребера, дикранумом волнистым, брусникой обыкновенной. Широколиственные породы (дуб обыкновенный, липа, клен и др.), как правило, не образуют чистых насаждений. Они встречаются как примесь в сосновых и черноольховых лесных формациях [1].

Пойменные луга представлены в долинах рек и представляют собой мезофитные луга на аллювиально-дерновых и аллювиально-дерново-глеевых почвах с участками травяных болот и пойменных лесов. Основные виды, произрастающие на таких лугах: овсяница луговая, мятлик луговой, тимофеевка луговая, гребневик обыкновенный, душистый колосок [1].

По ландшафтному районированию страны – к Среднеберезинскому волнистому водно-ледниковому и вторичноморенному району, который входит в Предполесскую ландшафтную провинцию.

Рассматривая ландшафтное строение, можно отметить, что здесь представлены низменные ландшафты, а именно речные долины с плоской поймой, локальными террасами, которые могут обладать очень высоким потенциалом для развития экологического туризма.

Развитие экологического туризма может быть обусловлено хорошо сохранившейся плоской заболоченной поймы реки Друть и уже редкими для Беларуси дубами черешчатыми в древостое прилегающих лесов.

Кроме этого, рядом расположенное Чигиринское водохранилище является важным местом отдыха для мигрирующих водно-болотных птиц. Часть из них остается на зимовку. Именно здесь в 2016 году впервые на территории Беларуси был отмечен кудрявый пеликан [2].

Поэтому здесь может быть организовано наблюдение за видами растительного и животного мира в естественной среде их обитания (познавательный экотуризм), для этого необходимо построить смотровые площадки, оборудовать экотропы, разработать водные, велосипедные, пешие и комбинированные экологические маршруты (активный экотуризм).

Еще стоит отметить, что на территории самого туркомплекса «Чигиринка» имеется подворье, позиционирующееся как контактный зоопарк, состоящее из домашних животных и необычных видов птиц: фазаны, редкие породы куры, цесарки, павлины, попугаи и утки.

Данный туристический комплекс по своим параметрам удовлетворяет понятию «агрэкоусадьба», поэтому на его базе может быть развит

агротуризм, но только в том случае, когда «Чигиринка» станет полноценной агроэкоусадьбой.

На базе туркомплекса может получить развитие и такое направление развития туризма, как лечебно-оздоровительное. Так, туркомплекс расположен прямо на берегу реки Друть, на территории имеется пирс. Также «Чигиринка» предоставляет место для проведения различных ретритов и йога-туров.

Активный туризм может получить развитие из-за наличия близлежащих водных объектов – река Друть и Чигиринское водохранилище. Природные условия данных объектов предоставляют условия для возможности организации различных подвидов водного туризма. Так, по реке Друть могут быть организованы авторские сплавы на байдарках, подобный опыт, именно по данной реке, уже имеется у множества байдарочников-любителей и профессионалов. А так как у «Чигиринки», в перечне заявленных возможностей, имеется пункт организации корпоративов и тимбилдингов, то байдарочные сплавы могут стать отличным дополнением, а также предпосылкой для развития делового вида туризма.

Оборудованный пирс может обеспечить любительский лов рыбы, помимо этого у туркомплекса есть возможность аренды лодки. В водном пространстве водятся лещ, щука, плотва, окунь.

«Чигиринка», в некоторой степени, может развивать также и образовательный туризм, в совокупности с историко-культурным. Территория туркомплекса наполнена множеством артефактов, насчитывается более 700 экспонатов, собранных из разных эпох и культур характерных для данной территории с X по XX век, представленные различными орудиями труда, предметами быта и искусства.

Почти вся территория водохранилища, и зона вокруг него, лежат в пределах фонда запаса охотничьих угодий, площадь которого составляет 8354,82 га. Поэтому о развитии охотничьего туризма здесь не может быть и речи.

Событийный туризм на базе туркомплекса уже начинает получать свое развитие, так летом 2024 г. там в закрытом формате проводился «девичник», в ночь Ивана Купала, тогда гостям комплекса были заготовлены увеселительные мероприятия, приуроченные конкретно к данному народному празднику.

Однако, следуя на юг, вблизи д. Чечевичи на базе отдыха Могилевского металлургического завода, на Чигиринском водохранилище, проходит ежегодный летний мультикультурный музыкальный фестиваль – «Большая бард-рыбалка». Поэтому целесообразным будет организация событийных туристических маршрутов, включающих остановку в «Чигиринке» с последующим «попаданием» на данный фестиваль и возвращением обратно.

Гастрономический туризм включает в себя все, что связано с кулинарией, поэтому, если собственники туркомплекса заходят начать работать по-пути осуществления данного вида туризма, это не составит труда.

Медицинский, промышленный и религиозный туризм, казалось бы, на базе туркомплекса не должны иметь развития.

Но имеющиеся предметы становления промышленного развития с позднего средневековья до нашего времени позволяют развивать промышленный туризм. Так, можно демонстрировать посетителям кузнечное оборудование. Помимо этого, не древесные ресурсы прилегающей территории лесов к комплексу позволяют развить элементы медицинского туризма, такие как траволечение. Для развития религиозного туризма предпосылкой может стать тот факт, что это бывшая монастырская дворянская земля, строительство каплицы дало бы толчок к его развитию.

Заключение. Перспективы развития комплекса «Чигиринка» заключаются в дальнейшем улучшении инфраструктуры и создании новых туристических маршрутов. Создание и маркировка экотроп и смотровых площадок позволит туристам насладиться природой и наблюдать за местной флорой и фауной. Развитие водного туризма, включая сплавы на байдарках, и организация событийных мероприятий, таких как фестивали, привлекут дополнительные потоки посетителей.

С учетом растущего интереса к гастрономическому туризму, можно также рассмотреть возможность внедрения кулинарных мероприятий, что дополнит туристический опыт.

Как одной из перспектив его развития может стать включение в Чигиринский туристический кластер, который на данный момент насчитывает 15 участников-субъектов туристической индустрии, расположенных вокруг одноименного водохранилища.

Библиографические ссылки

1. Генеральный план зоны отдыха Республиканского значения «Чигиринка» [Электронный ресурс]. URL: <https://bykhov.gov.by/downloads/osuzhd25.pdf?ysclid=m129sp7930432094682>. (дата обращения: 10.09.2024).

2. Чигиринское водохранилище [Электронный ресурс]. URL: <https://planetabelarus.by/sights/chigirinskoe-vodokhranilishche/?ysclid=%20m129vf071v493174953> (дата обращения: 12.09.2024).

МЕЛЬНИЦЫ КАК ЭЛЕМЕНТ КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТА БЕЛАРУСИ

К. А. Макар, А. Е. Яротов, Н. В. Гагина

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь
kristina.mazurina.02@mail.ru, yarotau@bsu.by, nata-gagina@yandex.ru*

Рассмотрены особенности размещения мельниц в границах природных ландшафтов Беларуси, с акцентом на тип водяных. Представлена методика ландшафтного анализа размещения мельниц, осуществлен сбор информации и создана база данных их местоположения. Выявлены закономерности пространственного размещения водяных мельниц в различных ландшафтных условиях, взаимосвязь между размещением водяных мельниц и благоприятностью ландшафтных условий к их функционированию как гидротехнических систем.

Ключевые слова: природный ландшафт; мельницы; реликтовый элемент; историко-культурный ландшафт.

Введение. Одним из самых первых типов мельниц в истории, были конные мельницы, не отличающиеся большой производительностью, но, с течением времени, возникла необходимость создания новых типов мельниц, к которым относятся водяные, ветряные, паровые, газогенераторные.

История человечества столетиями неразрывно связана с освоением водных ресурсов. На территории современной Беларуси использование энергии речных потоков началось еще в глубокой древности. В ранних памятниках письменности встречаются слова «мельник», «мельница», «млынар – мельник на белорусском языке», «млын – мельница на белорусском языке». Активное строительства водяных мельниц приходится на XI-XVI века.

С течением времени эволюционное развитие хозяйственной деятельности привело к тому, что использование энергии воды было вытеснено сначала силой ветра (ветряные мельницы), затем, в период революции машин XVIII века, силой пара (паровые мельницы), и далее, наиболее успешно, силой электричества.

В конце XIX века использование мельниц приходит к упадку. В настоящее время на территории Беларуси остались единицы действующих мельниц, которые являются музейными экспонатами, демонстрирующими прошлые хозяйственные уклады.

Таким образом, на современном этапе общественного развития, мельницы утратили свои изначальные производственные функции с заменой их на современные информационно-просветительские и рекреационные. Мельницы рассматриваются как сохранившийся реликтовый хозяйственный

элемент, поэтому изучение пространственных особенностей их локализации в границах современных ландшафтов является важной задачей, связанной с инвентаризацией, оценкой, сохранением и устойчивым управлением историко-культурным наследием.

В географических исследованиях, в первую очередь водяные мельницы, изучаются как элемент природно-антропогенного и культурного ландшафта.

Водяные мельницы, многие столетия используемые человеком, являются сложными, высокопроизводительными и экологически безопасными гидротехническими сооружениями, образующимися локального уровня природно-хозяйственную систему, отражают исторически сложившийся хозяйственный уклад разных этапов общественного развития и являются элементом культурного ландшафта, как современного, так и сохранившихся ландшафтно-исторических комплексов.

Материалы и методы исследования. Исследование включило в себя ряд этапов:

- подготовительный – прорабатывались опубликованные литературные источники: научные, энциклопедические издания, картографический материал, краеведческая литература;
- инвентаризационный – включал изучение местоположения и описание мельниц;
- аналитический – включал сопряженный анализ размещения водяных мельниц, как объекта исследования, в границах ландшафтов.

Материалами послужила собранная авторами информация о мельницах на территории Республики Беларусь, представленная в форме разработанного паспорта каждого объекта. Созданная в Microsoft Excel база данных включала местоположение мельниц в границах ландшафтов, речных бассейнов, административно-территориальных единиц страны. Всего было выявлено сохранившихся или частично сохранившихся 156 водяных, 18 ветряных, 12 паровых, 1 газогенераторная и 1 конная мельница.

Для анализа ландшафтных условий была использована растровая ландшафтная карта Беларуси в масштабе 1: 500 000, созданная в 2014 г. для учреждений высшего образования [1].

С помощью пакета ArcGIS – ArcMap 10.7 и ArcCatalog 10.7, создана цифровая карта местоположения мельниц в границах природных ландшафтов, выявлены пространственные особенности их распространения в пределах ландшафтных подтипов, родов и видов.

В ходе исследования были применены следующие методы: сравнительно-географический, сопряженного анализа, ландшафтного анализа, картографический, геоинформационных технологий.

Результаты и их обсуждение. В размещении мельниц наблюдаются определенная взаимосвязь со спецификой ландшафтных условий (рисунок).

террасированные, озерно-аллювиальные, озерно-болотные, пойменные. Исключение составляют только возвышенные лессовые ландшафты, где также отсутствуют сведения о наличии водяных мельниц.

В целом на территории Беларуси прослеживается взаимосвязь между высотно-ландшафтными ступенями и распространением мельниц. В пределах средневысотной ступени расположено 51,06 % мельниц, возвышенной – 32,98 % и низменной – 15,96 % (из 156 водяных мельниц – 50 %, 32,05 % и 17,95 % соответственно).

В таблице представлено распределение мельниц в разрезе родов и подтипов ландшафтов.

Распределение мельниц в границах природных ландшафтов

Род природного ландшафта	Ко-во мельниц	%	Подтип природного ландшафта	Ко-во мельниц	%
ХМО	11	5,85	Бореальные подтаежные	181	96,28
ХМЭ	42	22,34			
КМ	9	4,79			
Лессовые	0	0,00			
МО	15	7,98			
ВТМ	36	19,15			
МЗ	4	2,13			
ВЛ	36	19,15			
ОЛ	5	2,66			
АТ	0	0,00			
ОА	0	0,00			
ОБ	0	0,00			
П	0	0,00			
РД	24	12,77	Суббореальные по-лесские	7	3,72
СХМЭ	0	0,00			
СВТМ	2	1,06			
СМЗ	1	0,53			
СВЛ	2	1,06			
САТ	0	0,00			
СОА	1	0,53			
СОБ	0	0,00			
СП	0	0,00			

Примечание. Бореальные: ХМО – холмисто-моренно-озерные, ХМЭ – холмисто-моренно-эрозионные, КМ – камово-моренные, МО – моренно-озерные, ВТМ – вторично-моренные, МЗ – моренно-зандровые, ВЛ – водно-ледниковые, ОЗ – озерно-ледниковые, АТ – аллювиальные террасированные, ОА – озерно-аллювиальные, ОБ – озерно-болотные, П – пойменные, РД – речных долин; суббореальные: СХМЭ – холмисто-моренно-эрозионные, СВТМ – вторично-моренные, СМЗ – моренно-зандровые, СВЛ – водно-ледниковые, САТ – аллювиальные террасированные, СОА – озерно-аллювиальные, ОБ – озерно-болотные, СП – пойменные.

Среди низменных ландшафтов бореального подтаежного подтипа преобладающее количество мельниц (24 из 29) расположено в границах

ландшафтов речных долин, из них 23 водяные. Различия в размещении наблюдаются на уровне видов ландшафтов. Большинство мельниц расположено в пределах речных долин с плоской поймой и локальными террасами – 21, в речных долинах со слабовыраженной поймой и локальными террасами – 3.

Наибольшее количество мельниц расположено в границах холмисто-моренно-эрозионных, вторично-моренных и водно-ледниковых ландшафтов. Суммарно на эти ландшафты приходится 60,64 % всех мельниц.

Холмисто-моренно-эрозионные ландшафты. Наибольшее количество мельниц расположено на водных объектах в границах видов: крупнохолмисто-грядовых – 9, мелкохолмисто-грядовых – 7, среднехолмистых – 6.

Вторично-моренные ландшафты. В размещении водяных мельниц прослеживается зависимость от форм рельефа: в границах волнистых ландшафтов расположено 15 объектов, холмисто-волнистых – 11, волнисто-увалистых – 6, холмисто-увалистых – 3, плосковолнистых – 1.

Водно-ледниковые ландшафты. По группам мезорельефа распределение мельниц следующее: в границах волнистых ландшафтов расположено 16 объектов, плосковолнистых – 13, холмисто-волнистых – 4, плоских ландшафтах – 3.

В остальных ландшафтах мельницы встречаются достаточно редко – менее 10 % в границах каждого рода.

Моренно-озерные ландшафты. В границах полого- и плосковолнистых ландшафтов расположено 6 мельниц, волнистых – 3, холмисто-волнистых – 6.

Моренно-зандровые ландшафты. Природных закономерностей в размещении мельниц не выявлено, 3 объекта расположены в границах плоских ландшафтов, 1 – холмисто-волнистых.

Холмисто-моренно-озерные ландшафты. Мельницы расположены в границах ландшафтов мелкохолмисто-грядовых с камами и озами – 3, среднехолмисто-грядовых – 8.

Камово-моренные ландшафты. В границах мелкохолмистых ландшафтов расположено 3 мельницы, среднехолмистых – 6.

Озерно-ледниковые ландшафты. В границах плоских ландшафтов расположен 1 объект, плосковолнистых – 4.

Заключение. Четко прослеживается взаимосвязь между размещением мельниц, в первую очередь водяных, и благоприятностью ландшафтных условий к их функционированию.

Мельницы и вмещающие их ландшафты образуют локальные природно-технические системы. Это положение подтверждается расположением 82,05 % всех сохранившихся водяных мельниц в границах возвышенных и средневысотных ландшафтов, т.е. на малых реках и ручьях.

В границах низменных ландшафтов расположено 17,95 % водяных мельниц, из них, 14,74 % расположено в пределах ландшафтов речных долин.

Исследование показало, что местоположение, в основном, водяных мельниц на ряде рек, иллюстрирует применимость парагенетической концепции ландшафтов. «Цепочки» мельниц на малых реках расположены в разных генетических ландшафтах, но образуют общую ландшафтную систему от водораздела к базису эрозии.

Библиографические ссылки

1. Республика Беларусь. Ландшафтная карта. Масштаб 1: 500 000. Мн. : РУП «Белкартография», 2014.

МЕТОДЫ САМОПОДГОТОВКИ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ: РОЛЬ ТЕСТОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

П. Микляева

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
pmiklyaeva@gmail.com*

В статье приводится характеристика тестового метода и области его применения в процессе изучения физической географии в высшей школе. Обозначена роль самостоятельной работы в подготовке квалифицированных кадров и место тестовых заданий в организации данного вида деятельности.

Ключевые слова: методика преподавания; инновационные методы обучения; учебное тестирование; тренировочные тесты; самоподготовка; физическая география.

Введение. В настоящее время при подготовке специалистов в высших учебных заведениях важная роль уделяется самостоятельной работе, в ходе которой студенты приобретают навыки организации собственной познавательной деятельности, учатся ее контролировать и регулировать. Формирование навыков работы в научно-информационной среде, развитие мышления, накопление знаний и опыта с их последующим применением на практике в условиях самостоятельной работы эффективнее за счет перехода от шаблонного выполнения заданий к творческой деятельности [1]. В.В. Давыдов, с соавторами в своих исследованиях отмечают, что качество процесса обучения возрастает по мере разрешения учебных задач студентами за счет самостоятельной деятельности [2].

Углублению знаний по предмету, сопряженному с развитием аналитических и критических навыков, способствует самоподготовка студентов, особо актуальная при работе с дисциплинами, включающими в себя большой объем фактической информации. К методам самоподготовки можно отнести чтение специализированной литературы, использование интерактивных платформ и приложений, участие в исследованиях, экскурсиях и экспедициях. Их использование благоприятствует осознанному изучению физической географии с последующей адаптацией процесса обучения к индивидуальным способностям каждого студента и повышению эффективности усвоения материала.

Материалы и методы исследований. Исследование нацелено на оптимизацию образовательного процесса, выявление и устранение пробелов

в знаниях студентов посредством самостоятельной работы. В качестве модели выбран курс «Физическая география материков». С помощью интернет-платформы Online Test Pad составлен тренировочный тест по теме «Географические пояса и ландшафтные зоны южных материков». Выбор темы осуществлялся на основе анализа трендов усвоения учебного материала, выявленных в ходе сравнительного анализа тематических блоков курса и анкетирования студентов факультета географии и геоинформатики.

Результаты и их обсуждение. Место дисциплины «Физическая география материков» в структуре учебных курсов специальностей географической направленности является основополагающим, поскольку ее успешное прохождение обеспечивает получение комплексного представления о функционировании планетарных явлений и процессов на различных уровнях и способность находить этим знаниям широкое применение в рамках выбранной специальности. Курс представляет собой интеграцию учебного материала по ранее пройденным отраслевым дисциплинам и является примером изучения одной из фундаментальных географических наук. Большой объем информации, подлежащей изучению и усвоению, порождает необходимость рациональной организации работы по дисциплине с использованием разнообразных средств диагностики полученных компетенций.

В настоящее время наиболее эффективным способом проверки знаний и умений признают тестирование, его преимущества выражаются показателями объективности, массовости и темпов проверки. Данный метод можно отнести к числу инновационных за счет его непрерывного развития, адаптации к требованиям общества и образовательных стандартов. Развитие информационных технологий и их включение в образовательный процесс привели к тому, что тестирование можно осуществлять в дистанционном формате, тем самым делая этот метод удобным и универсальным для подавляющего числа предметных областей.

Зарождение и развитие тестирования существенно видоизменило систему образования, в связи с чем можно наблюдать множество формулировок данного термина. Тестовый контроль – стандартизированное оценивание уровня результатов обучения, которое проводится с использованием специально разработанных материалов (тестов) [3]. Само же понятие «тестирование» имеет в составе три составляющие: тестовый метод, результаты тестирования и их интерпретацию [4]. Согласно определению К.Д. Дятловой, педагогическое тестирование представляет собой совокупность организационных и методических мероприятий, обеспечивающих разработку педагогических тестов, подготовку и проведение формализованной процедуры измерения уровня подготовленности испытуемых по

конкретным разделам области знаний, а также обработку и анализ результатов [5]. Так, составление тестовых заданий опирается на информационную базу, состоящую из актуальных фактов и сведений, методику преподавания выбранной дисциплины и общие педагогические приемы.

Существуют две основные тенденции практического применения тестовых заданий в образовании. Первая заключается в разработке тестов для проведения контроля знаний студентов, вторая сосредоточена на использовании обучающего потенциала тестовых заданий для организации самоконтроля [6].

Тесты, используемые студентами по желанию в процессе повторения и закрепления материала, называются тренировочными. Результаты таких тестов не используются для оценки учебных достижений, а служат персональными индикаторами успешности (неуспешности) усвоения учебного материала, указывая на слабые стороны, с которыми студенту необходимо поработать самостоятельно. Такие тесты мотивируют студентов достигать более высоких результатов и позволяют подготовиться к иной форме контроля знаний. Важно отметить и развивающую функцию такой формы проведения тестирования: по мере прохождения теста студент запоминает часть материала и закрепляет изученное.

Регулярное использование тренировочных тестов в процессе освоения дисциплины «Физическая география материков» способствует организации систематической проверки знаний, развитию навыков работы с объектами информации и их анализом.

При составлении тренировочного теста необязательно придерживаться всех правил конструирования заданий: отсутствует необходимость соответствия уровням сложности, можно снять ограничения по времени и устанавливать любое количество заданий. Тесты самоподготовки предпочтительнее запускать на образовательном портале или в виде электронного теста на сторонней онлайн-платформе для того, чтобы студенты оперативно получали свои результаты и могли строить план дальнейшей работы. По этой причине в тренировочных тестах не принято использовать открытые задания.

Важную роль в создании теста для самоподготовки играет выбор темы: это должна быть та тема, которая усваивается хуже остальных, либо обзор по пройденному материалу или его составной части. Так, в ходе исследования был составлен тест на тему «Географические пояса и ландшафтные зоны южных материков». Такой выбор обусловлен несколькими причинами. Во-первых, данная тема насыщена информацией, включающей закономерности размещения и особенности природных ландшафтов,

палеогеографическое развитие почвенно-растительного покрова и животного мира, современный видовой состав, а также специфику антропогенной трансформации территорий. Во-вторых, южные материки являются наглядным примером действующего закона зональности, а их прежнее нахождение в составе суперконтинента Гондвана оставило важный след в виде схожестей и различий, по которым студентам удобнее учиться строить аналогии и делать обоснованные выводы. В-третьих, за счет своего объема материал этой темы усваивается тяжелее и требует дополнительного закрепления. В-четвертых, выбранная тема дает студентам возможность параллельно с повторением теории укреплять владение географической номенклатурой по трем материкам. При составлении теста были задействованы следующие виды заданий: одиночный выбор, множественный выбор, установление соответствия, установление последовательности. В целях наглядности тренировочный тест оснащен графическим материалом в виде изображений ландшафтов, растений, животных, а также карт. На закрепление номенклатуры направлены упоминания объектов орографии, гидрографии и ООПТ. По уровню сложности тест является усредненным и рассчитан на тех студентов, которым требуется дополнительная подготовка по материалам темы.

Заключение. Растущая гибкость и адаптивность тестового метода в образовании делает его применение особо востребованным в условиях, требующих подготовки и выпуска специалистов, обладающих высококачественными знаниями. Эффективность преподавания учебных предметов, в частности физической географии, напрямую зависит от применяемых методов обучения. Инновационные подходы к образовательному процессу привлекают все больше внимания за счет их согласованности с современными вызовами и тенденциями.

Использование тренировочных тестов помогает студентам закреплять полученные знания, развивать критическое мышление, способствует более качественному усвоению материала и полезны при подготовке к экзаменам. Интеграция таких тестов в процесс обучения повышает осведомленность студентов об их учебных достижениях, предоставляя оперативные сведения о степени усвоения материала. Разработчику тестов самоподготовки следует ответственно подходить к выбору тематики, для чего может быть использовано анкетирование и наблюдение за успеваемостью учебной группы. В целях наглядности рекомендуется использовать графический материал, формировать разноуровневые задания различных видов и форм.

Библиографические ссылки

1. Челнокова Е. А., Кузнецова С. Н. Роль самостоятельной работы студентов в образовательном процессе // Вестник Мининского университета, 2017. №1 (18). [Электронный ресурс]. URL: https://www.minin-vestnik.ru/jour/article/view/324?locale=ru_RU (дата обращения: 10.09.2024).

2. Сиренко Н. С. Тестирование в системе методов контроля и оценки знаний в современном ВУЗе // Инновационные образовательные технологии: научно-теоретический и научно-практический журнал. 2010. № 2. С. 44–51.

3. Аксенова А. А., Федюченко В. Ю. Тестовый контроль обучения // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 1239–1241.

2. Тестовый метод контроля качества обучения и критерии качества образовательных тестов / В. В. Белоус [и др.] // Наука и образование. 2011. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/testovyy-metod-kontrolya-kachestva-obucheniya-i-kriterii-kachestva-obrazovatelnyh-testov-obzor> (дата обращения: 09.09.2024).

3. Неповалова Е. С. Средства оценивания результатов обучения в профессиональной подготовке учителя географии // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. № 4 (6). С. 881–885.

4. Тригуб Г. Я. Тестирование как метод обучения и контроля знаний в ВУЗе // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. № 53 [Электронный ресурс]. URL: <http://e-koncept.ru/2017/470051.htm> (дата обращения: 10.09.2024).

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ
«УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА
И ПОТРЕБЛЕНИЯ»**

Е. Е. Минченко

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, minchenokee@bsu.by

В работе приведены результаты применения в рамках дисциплины «Управление отходами производства и потребления» методов, подходов и форм современных образовательных технологий. Показаны преимущества метода группового обучения на примере нескольких практических занятий по сравнению с традиционными формами. Обоснована целесообразность апробации метода проектно-исследовательских технологий – инструмента формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Ключевые слова: современные образовательные технологии; метод группового обучения; проектный метод; управление отходами производства и потребления.

Введение. Одной из приоритетных задач современного вузовского образования является развитие личности, способной адаптироваться к часто меняющимся условиям жизни. Сегодня образовательная политика в обществе требует конкурентоспособных специалистов, обладающих целеустремленностью, креативностью, мобильностью, способных к активным коммуникативным взаимодействиям. Достичь всего этого невозможно без активной позиции, глубоких теоретических знаний и практических навыков. Для подготовки таких специалистов необходимо внедрять в учебный процесс современные образовательные технологии [1, 2].

В настоящее время разработан обширный спектр технологий и технологических приемов обучения, многие из которых успешно применяются в образовательном процессе.

В процессе преподавания в вузе наиболее эффективно работают такие образовательные способы и приемы, как диалоговые технологии обучения, групповое (командное) обучение, проектно-исследовательские технологии, технологии совместного обучения, технологии case-study [3].

Эти методы и подходы предполагают активное взаимодействие преподавателя и студентов в совместной познавательной деятельности.

В работе приведены сведения об использовании на практических занятиях дисциплины «Управление отходами производства и потребления» метода группового обучения.

Обоснована целесообразность внедрения в учебный процесс метода проектного обучения. Предложены темы практико-ориентированных учебных проектов в области обращения с отходами.

Материалы и методы исследований. В качестве материалов взяты результаты работ студентов в малых группах по 2-м темам практических занятий: «Изучение состава отходов модельного предприятия» и «Инвентаризация отходов модельного предприятия».

Материалами также послужили научные публикации, касающиеся внедрения технологических ресурсов образования в вузах и опыта использования метода проектной деятельности на учебных занятиях.

Используемые методы: наблюдение, сравнительный анализ и синтез образовательных технологий и технологических приемов.

Результаты и их обсуждение. Согласно учебному плану специальности 1-33 01 02 Геоэкология дисциплина «Управление отходами производства и потребления» относится к дисциплинам специализации компонента учреждения образования специализации «Геоэкологические информационные системы».

Целью учебной дисциплины является формирование теоретических знаний в области обращения с отходами производства и потребления, приобретения практических навыков работы с нормативными и законодательными актами, специальными справочниками, статистическими данными и другими документами для принятия управленческих решений. В процессе обучения студенты осваивают современные методы утилизации и переработки отходов производства и потребления; приобретают навыки обоснования и принятия решений при разработке схем управления отходами производства и потребления.

Курс лекций по дисциплине «Управление отходами производства и потребления» включает общую характеристику отходов производства и потребления и их классификацию, вопросы нормирования, порядок и способы обращения с отходами, использование тематической технической документации и справочной литературы, обзор законодательства по обеспечению экологической безопасности в области обращения с отходами.

В процессе практических занятий обучающиеся углубляют свои научно-теоретические знания и приобретают практические умения использования нормативно-правовых документов и справочной литературы в области обращения с отходами.

При разработке некоторых практических занятий предложен метод работы в малых группах, состоящей из 3-4 студентов.

Например, для выполнения практического занятия «Изучение состава отходов модельного предприятия» группам было выдано задание:

- выбрать модельное предприятие, относящееся к любой отрасли хозяйства;
- перечислить отходообразующие виды деятельности;
- составить перечень отходов;
- найти код и наименование отхода в общегосударственном классификаторе отходов Республики Беларусь;
- определить класс опасности отходов;
- свести результаты в таблицу
- сформулировать выводы.

Наблюдение за ходом выполнения практического задания показало, что в малых группах оперативно выявляется лидер и происходит четкое распределение обязанностей между ее членами в соответствии с поставленными задачами. Обсуждение, анализ и обобщение итогов практической работы малых групп проходило в рамках системы связей «преподаватель – студент (малая группа)» и «студент (малая группа 1) – студент (малая группа 2)».

Метод группового обучения применялся и при проведении практического занятия по теме «Инвентаризация отходов модельного предприятия». Каждая группа получила задание:

- начертить план-схему модельного предприятия;
- в таблицу свести данные об источниках образования отходов и их характеристиках;
- изучить порядок инвентаризации отходов;
- составить акт инвентаризации;
- сформулировать выводы.

В ходе выполнения этого задания отмечено, что студенты предпочитают работать в команде. У обучающихся появляется положительная мотивация к такой форме проведения занятия.

Работа в малых группах способствует повышению интереса студентов, активизации и развитию мышления, использованию знаний в новой ситуации, объединению коллектива и формированию ответственности.

Таким образом, использование метода группового обучения на практическом занятии является эффективно работающим и результативным инструментом, способствующим раскрытию, как индивидуальных способностей каждого студента, так и группы в целом.

Обзор и анализ научных публикаций по теме «Проектное обучение в высшей школе» показал перспективность внедрения такой формы учебно-познавательной деятельности.

Использование метода проектного обучения обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами и формами образовательного процесса [1]:

- развивает экспертные знания у студентов по тематике дисциплины или в междисциплинарной области;
- улучшает исследовательские навыки и навыки критической оценки информации, построения доказательств, выводов, компетентного представления результатов;
- обучение работе в команде строится с учетом индивидуальной и коллективной ответственности за успешное завершение проекта;
- обретение умения пользоваться проектом;
- проведение самооценки в ходе реализации проекта и подведения итогов;
- разработка важных идей способствует самоутверждению и самореализации студентов.

Следовательно, проектная деятельность в образовании учит решать сложные задачи, создает среду для экспериментов и получения социально значимых, интеллектуальных, творческих и коммуникативных продуктов.

Реализация методов проектного обучения при изучении дисциплины «Управление отходами производства и потребления» важна с позиций практико-ориентированного обучения [4].

Примеры учебных проектов: «Организация процесса удаления и обезвреживания твердых коммунальных отходов в населенном пункте», «Управление отходами на предприятии», «Разработка экологического паспорта предприятия», «Отходы в доходы», «Как перестать кормить мусорное ведро?». Потенциальными заказчиками таких проектов могут быть представители компаний, осуществляющих работы по сбору, переработке и утилизации отходов, республиканские организации (РУП «Бел НИЦ «Экология»).

Апробация внедрения проектного метода в рамках практических занятий позволит сделать выводы о целесообразности (результативности) его внедрения в учебный процесс.

Заключение. Практика использования технологии группового обучения продемонстрировала положительные результаты, заключающиеся в активизации и разнообразии деятельности обучающихся, развитии творческого подхода к решению задач и самостоятельности мышления. Внедрение в обучение проектно-исследовательских технологий позволит обучающимся приобрести практические знания, умения и навыки в области управления отходами потребления и производства, способах их утилизации и обезвреживания. Выпускники, обладающие такими профессиональными компетенциями, безусловно, будут востребованы на рынке труда.

Библиографические ссылки

1. Технологические ресурсы современного высшего образования // Н. А. Асташова [и др.] // Образование и наука. 2020. Т. 22, № 6. С. 74–101.
2. Бордовская Н.В., Кошкина Е.А., Бочкина Н.А. Образовательные технологии в современной высшей школе (анализ отечественных и зарубежных исследований и практик) // Образование и наука. 2020. Т. 22, № 6. С. 137–175.
3. Миэринь Л. А., Быкова Н. Н., Зарубина Е. В. Современные образовательные технологии в ВУЗе: учеб.-метод. пособие. СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2015. 169 с.
4. Соломин И. А. Проектная деятельность – один из основных методов изучения учебной дисциплины: «Управление отходами производства и потребления» // Вестник НМС. 2020. № 19. С. 26-31.

РАЗВИТИЕ И ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОГРАФИИ

С. С. Перцева, И. Ю. Кривдина

*Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация, pertsewaswetlana@yandex.ru*

В статье раскрываются особенности формирования естественнонаучной грамотности школьников при изучении географии в контексте обновленных требований ФГОС к результатам обучения в школе. Раскрыты особенности технологии ситуационных задач как методического инструментария для развития и оценивания компетенций обучающихся, слагающих естественнонаучную грамотность. В рамках работы экспериментальной площадки в МБОУ «Школа № 115» г. Нижний Новгород была апробирована методическая система формирования естественнонаучной грамотности учащихся на уроках в курсе «География России» в 8-9 классах, приведены примеры авторских разработок ситуационных задач и критериев оценивания их результатов. В статье приведены некоторые результаты педагогического эксперимента, демонстрирующие эффективность в развитии таких компетенций как научное объяснение явлений, понимание особенностей естественнонаучного исследования, интерпретация данных и прогнозирование научных явлений.

Ключевые слова: географическое образование; ситуационная задача; функциональная грамотность; естественнонаучная грамотность.

Введение. Процессы модернизации школьного образования в России обусловлены обновленными требованиями современных образовательных стандартов к результатам обучения и связаны с формированием различных видов функциональной грамотности обучающихся. Возможность применения школьниками географических знания и умений для решения широкого диапазона жизненных задач в различных сферах деятельности, общения и социальных отношений стала одной из важнейших задач современной школы и в частности, учебного предмета географии [4]. В этом аспекте необходимо пересмотреть и обновить не только методические рекомендации к преподаванию географии, но и оценку образовательных результатов. Одним из показателей качества современного географического образования является уровень сформированности целого комплекса компетенций, входящих в состав различных видов функциональной грамотности учащихся. И в этом контексте школьная география, с уникальной возможностью интеграции как на уровне содержания естественнонаучных и общественных дисциплин, так и методов познания, обладает большим

потенциалом в формировании практически всех видов функциональной грамотности.

Материалы и методы исследования. На примере развития и оценивания естественнонаучной грамотности школьников при изучении школьной географии рассмотрим возможности технологии ситуационных задач. Теоретической и методической основой для разработки методических рекомендаций и дидактических материалов послужили исследования отечественных и зарубежных ученых, раскрывающих сущность, компетентностный состав и особенности методики формирования естественнонаучной грамотности обучающихся, в т.ч. средствами учебного предмета «география». Это работы Е.В. Чудиновой, Н.Ф. Виноградовой, А.А. Леонтьева, Н.Е. Смирновой, Л.А. Царевой и др.

На основе компетентностного подхода определено содержание всех видов функциональной грамотности [1]. В частности, естественнонаучную грамотность составляют такие компетенции как это научное объяснение явлений, понимание особенностей естественнонаучного исследования, а также научная интерпретация данных и использование доказательств для получения выводов.

В настоящее время в географическом образовании наблюдается фрагментарность методических разработок ситуационных задач, направленных на формирование и оценку компетенций естественнонаучной грамотности, что является проблемой нашего исследования.

Под ситуационной задачей понимают методический прием, включающий совокупность условий, направленных на решение практически значимой ситуации с целью формирования компонентов содержания школьного образования (по Павленко Е.К.). Ситуационные задачи в рамках школьного курса географии в первую очередь направлены на формирование наиболее универсальных способов работы с информацией, которые имеют определенный алгоритм действий [2]. Выделенные Ю.С. Репринцевой виды ситуационных задач направлены на развитие компетенций естественнонаучной грамотности разного уровня сложности (табл. 1).

Приведем пример опыта работы Нижегородской школы 115 как экспериментальной площадки по реализации методической системы формирования естественнонаучной грамотности на основе ситуационных задач при изучении географии. Педагогический эксперимент осуществлялся в 8-9 классах при изучении курса «География России».

Виды ситуационных задач (по Репринцевой Ю.С.)

Виды ситуационных задач	Характеристика
Ситуация-иллюстрация	Поясняет какую-либо сложную процедуру как ситуацию, относящуюся к основной теме и заданную учителем. Она стимулирует самостоятельность в рассуждениях.
Ситуация - упражнение	Предусматривает применение уже принятых ранее положений и предполагает очевидные и бесспорные решения поставленных проблем.
Ситуация - оценка	Описывает положение, выход из которого в определенном смысле уже найден. Проводится как бы критический анализ ранее принятого решения.
Ситуация - проблема	Представляет собой определенное сочетание факторов из реальной жизни. Участники являются действующими лицами, пытающимися найти решение или прийти к выводу о его невозможности.

Материалами для создания текстов ситуационных задач послужили современные процессы и явления, происходящие в мире, в нашей стране, в том числе на территории своего региона, статистические данные, графический и картографический материалы [5]. В рамках экспериментальной деятельности были разработаны такие ситуационные задачи как: «Что будет, если исчезнет сельское население?», «Дрожь Земли», «Сомнительное лидерство», «Балахнинский бумкомбинат – вредитель Волги», «Земля уходит из под ног...», «Урбанизация – миф или реальность», «Постепенное затухание афтершоков», «Волга не сантехническая труба», «Урбондшафт: проблема Нижнего Новгорода», «Никольское – современная Атлантида» и др.

Рассмотрим пример ситуационной задачи эколого-географического содержания «Чистый воздух – эликсир долголетия нижегородцев» при изучении курса «География России» в 8 классе.

Текст задачи: «Нижегородская область является одним из развитых промышленных регионов Европейской части России. На территории Нижнего Новгорода насчитывается более 200 промышленных предприятий – это благоприятно влияет на социально-экономическое развитие города. Но не стоит забывать, все это усугубляет экологическую обстановку в городе! В воздушной и водной среде городского ландшафта присутствует превышение допустимой концентрации вредных веществ. Например, в период с 30 августа по 2 сентября 2023 года в Нижнем Новгороде наблюдается максимальное увеличение концентрации формальдегида в воздухе, что почти в 1,1 раза превысило норму! Данный показатель зависим от большого количества

промышленных предприятий в городе, их насчитывается порядка 40, на некоторых из них объемы загрязнения составляют более 100 тысяч тонн. К этому числу относятся Нижегородские промышленные «гиганты» - Сормовская ТЭЦ, Автозаводская ТЭЦ, ОАО «ГАЗ», ОАО «Завод Красное Сормово», ОАО «Нижегородский машиностроительный завод», ОАО «НАЗ «Сокол», ОАО «Гидромаш», ОАО «ПКО Теплообменник», ОАО «ОКБМ им. И.И. Африкантова», АО «Нижегородский масло-жировой комбинат». В результате чего деятельность данных предприятий за последние десять лет пагубно повлияла на показатель качества жизни нижегородцев, а именно на его сокращение. Такая тенденция объясняется ухудшением общего самочувствия граждан и ростом хронических заболеваний».

Таблица 2

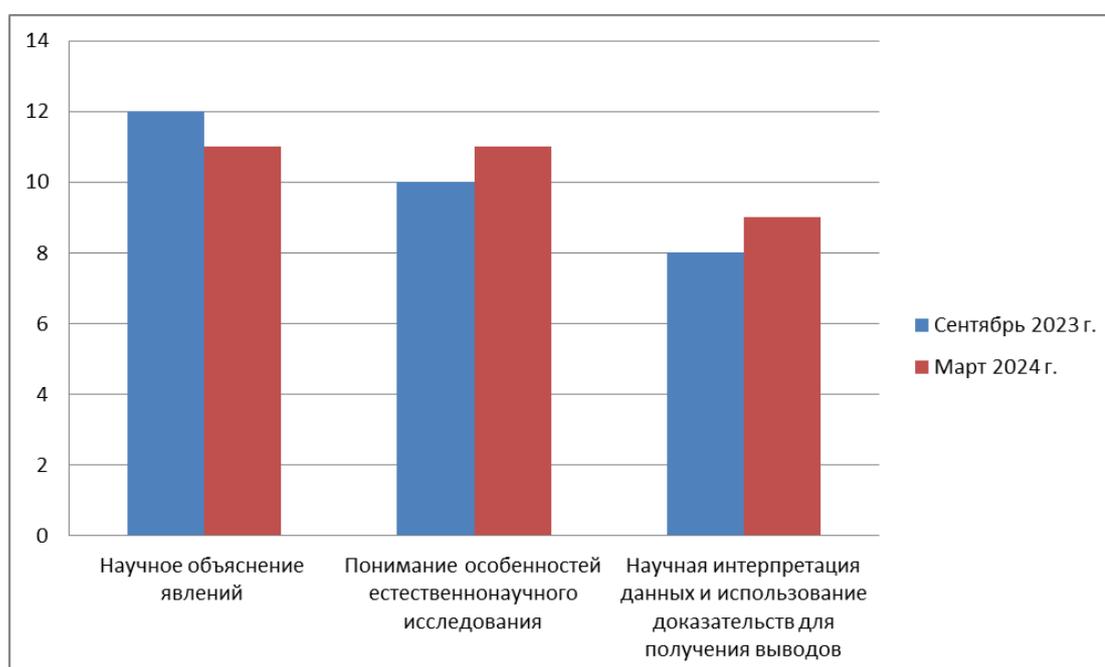
Состав заданий

Задания к тексту:	Компетенции/уровень сложности
Задание 1. Из предложенного ниже перечня выберите, только один вариант ответа, который объясняет снижение качества жизни населения нижегородцев. Отметьте один вариант ответа и приведите цитату из текста, подтверждающую его. А) доходы населения Б) комфорт жилища В) состояние окружающей среды Г) безопасность	Формируемые компетенции: поиск и извлечение информации; научное объяснение явлений. Уровень сложности: средний. Формат ответа: выбор одного варианта.
Задание 2. Приведите несколько аргументов из текста, объясняющих особенности протекания данного процесса.	Формируемые компетенции: интерпретация данных для получения выводов. Уровень сложности: средний. Формат ответа: развернутый ответ.
Задание 3. Используя дополнительные источники информации и Интернет, предложите меры повышения качества жизни населения Нижнего Новгорода. Свой ответ аргументируйте конкретными примерами.	Формируемые компетенции: интерпретация данных и прогнозирование научных явлений о протекании процесса или явления. Уровень сложности: высокий. Формат ответа: развернутый ответ.

В экспериментальной работе оценка сформированности компетенций естественнонаучной грамотности на основе ситуационных задач проводилась по критериям Федерального института оценки качества образования Российской Федерации, а также в соответствии с международными критериями PISA.

Результаты и их обсуждение. Опыт работы в МБОУ «Школа № 115» по формированию естественнонаучной грамотности учащихся основан на системном использовании в учебном процессе ситуационных задач.

Все разработанные ситуационные задачи апробированы. Применение данных методических разработок показало хорошие результаты. Диагностика сформированности компетенций естественнонаучной грамотности учащихся в рамках школьного предмета географии проводилась в 8 классе на начало учебного года (сентябрь) и на конец третьей четверти (март). За такой небольшой промежуток времени мы видим, что значительно возрос уровень компетенций по научной интерпретации данных и использованию научных доказательств для получения выводов. Также наблюдается постепенный рост показателя - понимание особенностей естественнонаучного исследования (рисунок).



Диагностика сформированности компетенций естественнонаучной грамотности учащихся 8 класса МБОУ «Школа № 115»

Заключение. Погружение учащихся в реальные проблемные ситуации своего региона и страны в целом, актуализирует для них ценность получаемых географических знаний и умений, делает школьников сопричастными к судьбе и развитию изучаемых территорий и их населению. Ситуационные задачи зарекомендовали себя как эффективный методический инструмент в развитии естественнонаучной грамотности обучающихся.

Библиографические ссылки

1. Лоцилова А. А., Винокурова Н. Ф. Интегрально-ситуативный подход в формировании эколого-ориентированной жизнедеятельности личности при изучении культурного ландшафта // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2020. № 7(150). С. 12-17.

2. Павленко Е. К. Ситуационные задачи как форма интерактивного изучения школьного курса географии // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2.

3. Репринцева Ю. С. Ситуационная учебная задача как единица деятельности (на примере решения олимпиадных задач по географии) // Актуальные вопросы преподавания общественных дисциплин в школе и в ВУЗе : Материалы 6-й Всероссийской научно-практической конференции, Благовещенск, 08 апреля 2021 года. Выпуск 6. Благовещенск : Благовещенский государственный педагогический университет, 2021. С. 97-98.

4. Борлакова Я. О. Федеральный государственный образовательный стандарт [Электронный ресурс]. URL: <https://fgos.ru/> (дата обращения: 19.09.2024).

5. Формирование естественнонаучной грамотности на уроках географии // Актуальные вопросы современной науки и образования : Сборник статей XIX Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Пенза, 20 мая 2022 года. Ч. 2. Пенза : Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. С. 209-214.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТЕРРИТОРИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЗАКАЗНИКА МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ «БАРСУЧИЙ ЛОГ»

Е. О. Смолярко, П. С. Лопух

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
smolyarko@belstu.by, lopuch49@mail.ru*

Приводится предварительная оценка экологических рисков перспективного заказника местного значения «Барсучий лог» (Молодечненский район Минской области), представляющих угрозу биоразнообразию, а также описаны применяемые меры для их снижения. Изучение природно-территориальных комплексов проводилось в рамках работ по объявлению заказника, предусмотренного региональной схемой рационального размещения особо охраняемых природных территорий местного значения на 2024 – 2033 годы.

Ключевые слова: экология; биоразнообразие; природные ландшафты; особо охраняемые природные территории.

Введение. Объявление перспективного заказника местного значения «Барсучий лог» запланировано на 2025 год в целях сохранения уникального ландшафтного комплекса с популяциями редких и исчезающих видов растений и животных, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь. В настоящее время на территории будущего заказника наблюдается ряд проблем естественного и антропогенного характера, оказывающих влияние на состояние экосистемы в целом. Наиболее значимыми антропогенными факторами являются: интенсивное ведение сельского хозяйства, сплошные рубки главного пользования, охота, рекреационная нагрузка, а также активная разработка песчаного карьера РУП «Балластный карьер «Радошковичи». К естественным факторам в свою очередь можно отнести: усыхание участков ели с локальными вспышками популяции вершинного короеда, водную и воздушную эрозию почв, стремительный рост площади произрастания инвазивных растений. В настоящее время меры специального режима охраны мест обитания диких животных и произрастания дикорастущих растений, применяемые в рамках оформления охранных обязательств для видов животных и растений, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь, оказывают положительный, но недостаточный эффект на общее состояние природно-территориального комплекса. Так, например, районной организационной структурой БООР создание

зоны покоя учтено в проекте охотоустройства 2023 года, на въезде на территорию установлен информационный аншлак, сама зона обозначена на карте-схеме охотничьих угодий, а местные охотники проинформированы о местах обитания охраняемых видов животных в лесном массиве. При этом, однако, сохраняется острая проблема посещения мест обитания барсука бродячими и деревенскими собаками, что является фактором беспокойства диких животных [1].

Объявление заказника местного значения на описываемой ниже территории позволит более эффективно и системно подойти к решению задач по сохранению биологического и ландшафтного биоразнообразия.

Материалы и методы исследований. Территория перспективного заказника находится в районе деревень Вязынка и Повязынь Молодечненского района Минской области. Данная территория расположена на Минской возвышенности Белорусской гряды – холмистой гряды на северо-западе Беларуси, проходящей через всю центральную часть страны, частично захватывающей и территорию Польши, общей протяженностью около 520 км. Минская возвышенность – наиболее высокая часть гряды со средней высотой 200—300 м (рис.1).

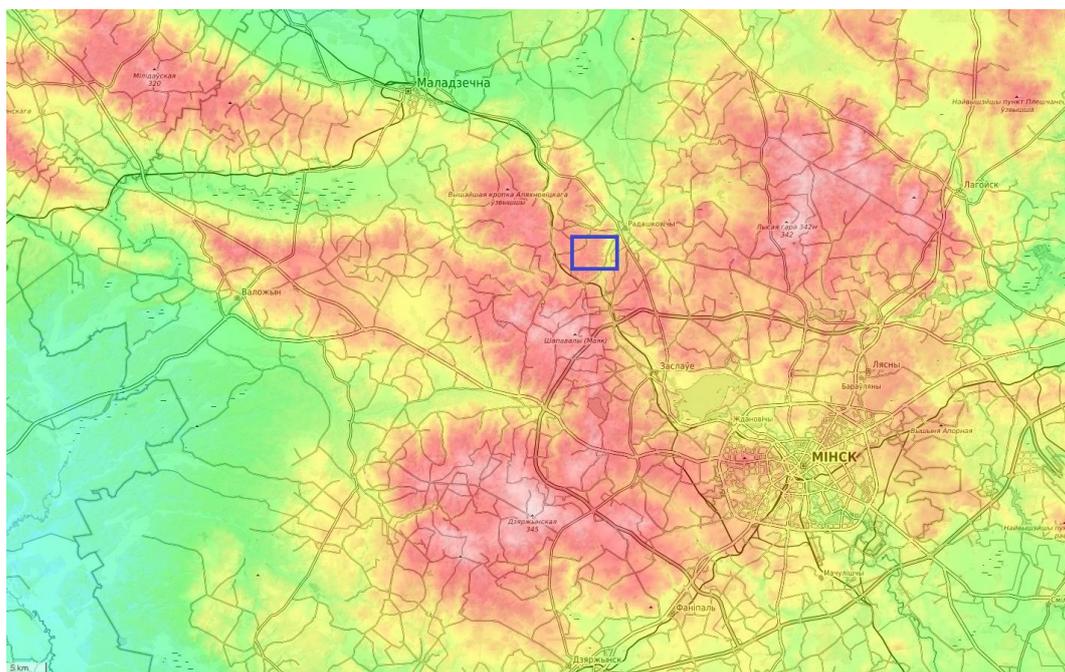


Рис. 1. Фрагмент Минской возвышенности с обозначенным участком, где располагается территория перспективного заказника местного значения «Барсучий лог»

Рельеф территории грядово-холмистый и холмисто-увалистый с отдельными моренными и камовыми холмами. На камовых участках крутизна склонов достигает 20—25°. Северный склон возвышенности образует уступ высотой около 50 м и углом наклона 25—30°, выходящим к Нарочано-Вилейской низменности. В антропогенных слоях присутствуют отложения всех оледенений (кроме Поозерского) и межледниковых периодов. Наибольший вклад внесли Днепровское и Сожское (Московское) оледенения, мощность слоев которых превышает 250 м. На вершинах холмов и гряд представлены буровато-коричневые, легкосуглинистые и супесчаные морены с большим количеством валунов. Территорию перерезают долины рек, многочисленные ложбины стока, овраги и балки. На пологих склонах холмов сформированы делювиальные шлейфы [2]. Основная часть земель распахана, что создает благоприятные условия для ведения сельского хозяйства, местами сохраняется луговая и лесная растительность. Первичный вид земной поверхности на значительной части территории видоизмененный, а местами и полностью уничтожен более поздними эрозионно-денудационными процессами и особенно техногенной деятельностью. Созданные человеком формы (карьеры, дамбы, котлованы, отвалы и т. д.) сопоставимы с формами естественного рельефа.

Гидрография района обследования представлена каналом Вилейско-Минской водной системы и реками Вязынка (приток реки Виляя) на востоке и Чернявка на северо-западе. Также на дне многочисленных оврагов и в иных понижениях рельефа отмечаются ключи.

Растительность в основном лесная – сосновые, еловые и мелколиственные древостои орлякового и кисличного типа с редким и средним подлеском из крушины ломкой, лещины и др. Хвойные леса сохранились в основном на наиболее высоких участках возвышенности.

Территория заказника «Барсучий лог» представляет собой уникальный овражно-балочный комплекс на морене с сильно расчлененным рельефом, кренополями в понижениях ложбин, насаждениями возрастом 80-90 лет. Ориентировочная площадь заказника на момент подготовки проектной документации составляет около 400 га и включает в себе как лесные массивы, так и сельскохозяйственные земли крестьянско-фермерских хозяйств (рис.2).

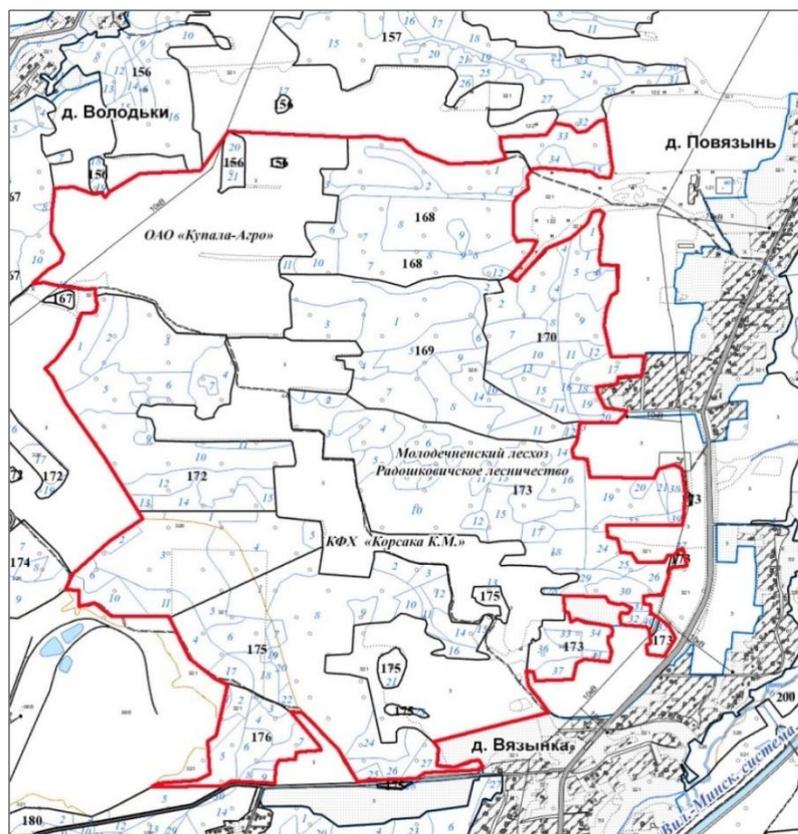


Рис. 2. Предполагаемые границы территории перспективного заказника местного значения «Барсучий лог»

Часть территории отвечает критериям типичных и редких биотопов:
 а) леса в оврагах и на склонах вдоль рек (EUNIS G1. A4, Palaeartic 41.4);

б) родники и родниковые болота (Habitatdirective 7160, EUNIS C2.1, C2.11, D2.2C, Palaeartic 54.1, 54.11).

Вместе с тем одной из помимо указанных ранее особенностей территории обитания изучаемой локальной популяции является непосредственная близость населенных пунктов и сельскохозяйственных земель, на которых ведется интенсивное земледелие с высаживанием таких культур как сахарная свекла, гречиха, злаковые. Особенностью района является и одна из самых высоких в стране плотность дачных и садовых кооперативов, что существенно увеличивает рекреационную нагрузку на близлежащие лесные комплексы особенно в летне-осенний период. В наблюдаемом и смежных лесных массивах регулярно проводятся тренировки и соревнования по спортивному ориентированию.

Результаты и их обсуждение. Исходя из определений, данных Законом Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях», под особо охраняемой природной территорией (далее - ООПТ)

подразумевается часть территории Республики Беларусь с ценными природными комплексами и (или) объектами, в отношении которой установлен особый режим охраны и использования. Охрана ООПТ – это деятельность, направленная на сохранение и восстановление (воспроизводство) ценных природных комплексов и объектов, предотвращение загрязнения, деградации, повреждения, истощения, разрушения, уничтожения и иного вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности на ценные природные комплексы и объекты и ликвидацию последствий такого воздействия, обеспечение соблюдения режима охраны и использования ООПТ. В свою очередь заказником является ООПТ, объявленная в целях сохранения и восстановления (воспроизводства) ценных природных комплексов и объектов [3].

В рамках подготовки материалов для научного и технико-экономического обоснования заказника «Барсучий лог» с 2021 года осуществляется систематический сбор данных и изучение популяции барсука обыкновенного (*Meles meles*). По состоянию на 2022 год подтверждено обитание одной микропопуляции животных как минимум в восемь особей, занимающих по меньшей мере три разнесенных территориально поселения [4]. С помощью фотоловушек установлено обитание рыси европейской (*Lynx lynx*) [5]. Весной 2024 года специалистами ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам» были проведены полевые обследования и установлены места обитания и других видов диких животных (белоспинный дятел, мухоловка-белошейка, жужелица шагреневая, жужелица фиолетовая и др.), а также растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь.

По результатам наблюдений необходимо отметить, что наибольшие опасения с точки зрения экологической обстановки и сохранения биоразнообразия на территории перспективного заказника в настоящее время вызывают следующие факторы:

1. Расширение территории балластного карьера, непосредственно примыкающего к границам заказника. Так, в 2023 году была осуществлена вырубка части выделов лесного массива и запланирована рубка на 2025 год (рис. 3). Кроме того, проблема расширения карьера заключается в нарушении гидрологического режима, усугубляющего усыхание еловых насаждений, примыкающих к карьере, на фоне климатических изменений, что ослабляет деревья, делает их уязвимыми для стволовых вредителей и в итоге приводит к полной гибели. Так, по данным аэрофотосъемки за период с 2023 по 2024 год площадь усыхания ели в примыкающих к карьере лесных кварталах увеличилась в несколько раз.

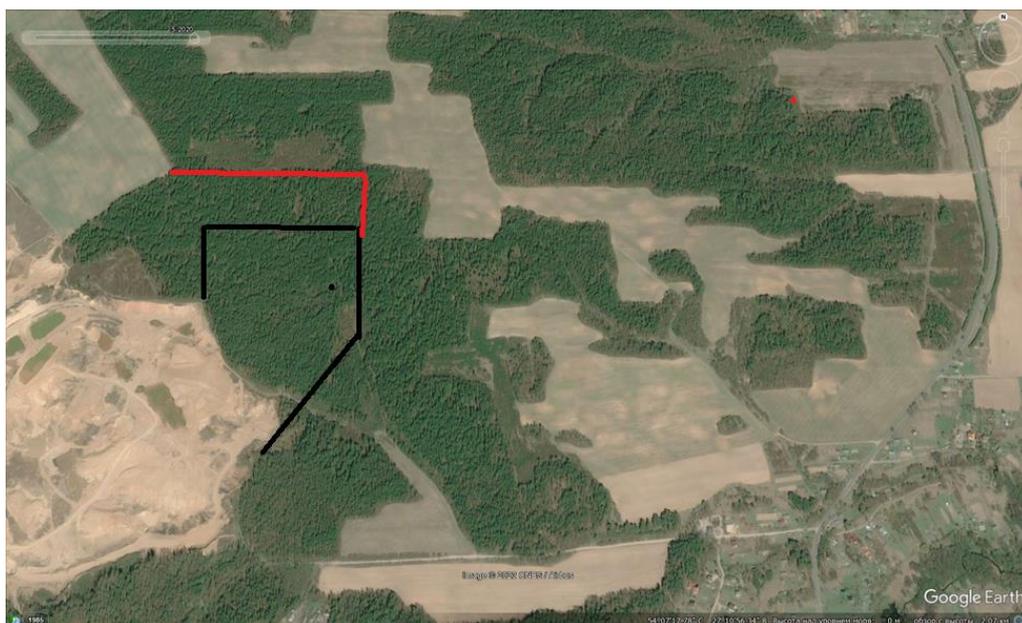


Рис. 3. Граница рубки для расширения территории разработки балластного карьера в 2023 году (черная линия) и плановая граница рубки в 2025 году (красная линия)

2. Пригодная для ведения сельского хозяйства территория интенсивно распахивается. Применение минеральных удобрений и пестицидов с учетом сложного рельефа местности приводит к систематическому их вымыванию и стоку с полей и точечной концентрации внутри лесных массивов. В свою очередь не разрабатываемые пахотные земли, не принадлежащие лесному фонду, стремительно зарастают золотарником канадским.

3. Вывоз строительного и бытового мусора, органических отходов и их несанкционированное складирование (сливание) в лесном фонде. С учетом количества дачных кооперативов вокруг территории заказчика эта проблема носит угрожающий масштабный характер.

Заключение. Предварительная оценка экологических рисков подтверждает наличие проблем, которые могут представлять угрозу биологическому и ландшафтному разнообразию территории. Проведенный анализ принимаемых мер для предотвращения или минимизации их влияния подтвердил их эффективность по меньшей мере в краткосрочной перспективе. Так была ограничена охота, созданием зоны покоя на указанной территории. Было ограничено использование минеральных удобрений и пестицидов на полях в радиусе 100 м от выявленных мест обитания барсука. Были отменены запланированные лесоустроительным проектом рубки главного пользования. Обнаруженные места стихийной свалки мусора были силами лесничества ликвидированы, мусор вывезен. После установки фотоловушек для фиксации нарушений, связанных с несанкционированным выбросом отходов, количество подобных прецедентов уменьшилось.

Тем не менее перечисленные меры носят исключительно точечный характер и не могут полноценно обеспечить сохранение и восстановление природного комплекса, для этого необходимо объявление ООПТ и выработка стратегического плана управления заказником с набором природоохранных мер, а также их безусловное выполнение.

Целесообразно и расширение границ заказника для полного охвата территории, представлявшей собой единый лесной массив в исторической ретроспективе, для восстановления утраченных экологических связей и ареалов обитания животных и произрастания растений. Помимо этого, безусловно, необходимо создание природоохранных буферных зон вокруг заказника для минимизации влияния хозяйственной деятельности, в первую очередь балластного карьера, оказывающего существенное влияние на гидрологический режим территории и состояние лесного фонда.

Библиографические ссылки

1. Смолярко Е. О., Соловей И. А., Юшкевич Н. Т. Некоторые данные об активности барсука обыкновенного *meles meles* около нор на фоне посещения его поселения собаками // Материалы III Международной, VIII Всероссийской Научно-практической конференции «Состояние среды обитания и фауна охотничьих животных России и сопредельных территорий», ФГБОУ ВО МСХ РФ РГУНХ им. В.И.Вернадского. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2024. С.158.

2. Якушка В. П. Радашковіцкае ўзвышша / Беларуская энцыклапедыя: Т. 13. Мн. : БелЭн, 2001. С. 206-207.

3. Закон Республики Беларусь от 15 ноября 2018 г. № 150-3 «Об особо охраняемых природных территориях» / Национальный правовой интернет портал [Электронный ресурс]. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=Н11800150> (дата обращения: 20.09.2024).

4. Смолярко Е. О., Соловей И. А., Юшкевич Н. Т. Анализ активности барсука *Meles Meles* у норы в 2022-2023 биологическом году // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст. / М-во образования Респ. Беларусь, ГрГУ им. Янки Купалы, Гродн. обл. ком. природ. ресурсов и охраны окр. среды; редкол.: Н. З. Башун (гл. ред.) [и др.]. Гродно : ГрГУ, 2023. С.200.

5. Смолярко Е. О., Соловей И. А., Юшкевич Н. Т. Опыт использования фотоловушек для наблюдений за барсуком обыкновенным *meles meles* // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: сборник материалов IX международной научно-практической конференции / Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук. Новосибирск, 2023. Т 1. С.390.

**ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ
ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОКАХ ГЕОГРАФИИ В ОБЛАСТИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ
СОЗДАНИЯ ИНТЕРАКТИВНОЙ КАРТЫ НА ТЕРРИТОРИЮ
БОТАНИЧЕСКОГО САДА УДМУРТСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА С ПОМОЩЬЮ
СЕРВИСА GOOGLE MAPS)**

И. С. Стяжкина¹⁾, В. В. Четыркина²⁾

¹⁾ *Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия, ms17ri@mail.ru;*

²⁾ *Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Россия, lera.rrr16@gmail.com*

Достижение современных образовательных результатов не представляется возможным без использования комплекса цифровых образовательных ресурсов. В предметной области «география» наиболее востребованы ГИС-технологии. На основе их создаются и внедряются в процесс обучения различные учебно-информационные материалы. В статье рассмотрены особенности проектирования интерактивной карты применительно к разделу «География Республики Удмуртия» и описан сценарий ее применения.

Ключевые слова: ботанический сад; интерактивная карта; инновационные педагогические технологии; ГИС-технологии; региональная география; экологическая тропа; экология.

Введение. Современные педагоги пользуются возможностью взаимной интеграции культур для того, чтобы перенять зарубежный опыт и, соединив его с отечественными дидактическими системами и собственными идеями, выработать наиболее эффективные методы работы в образовательном процессе. Сейчас пересмотру подвергаются практически все принципы обучения, начиная от структуры урока и заканчивая методами контроля и проверки знаний.

Самое интересное в географии – это познание многообразия нашей планеты. Каждый материк, государство, населенный пункт, море, остров, река – уникальны. Особенностью предмета географии является сочетание текста с картой, схемами, рисунками, профилями. Развивать географическую зоркость помогает карта. Как писал Н.Н. Баранский: «карта – это язык географии. Без карты нет географии.» [3].

Эволюция карты от схематичных рисунков до интерактивных изображений Земли, позволяет говорить о постоянном интересе человека

к картографии. Изучение картографической информации в электронном или печатном виде является одной из главных задач школьной географии. Карта – это обязательный свидетель географического открытия. А современный учитель не должен быть равнодушен к новым открытиям на уроках географии [2].

Человек должен уметь пользоваться картами, столь привычно и свободно как книгами и компьютером. Данный интерес можно объяснить несколькими факторами: практической направленностью школьной географии, наличием во всех современных электронных устройствах спутниковых карт, возрастающей ролью рекреационной географии и способностью человека осуществлять путешествия [4, 5].

Из всего многообразия педагогических применений информационных технологий на уроках географии особо следует выделить использование географических информационных систем (ГИС) в связи с их возрастающей популярностью в практике образовательного процесса. Так, например, использование тематических космических снимков (водных, лесных, биологических ресурсов, метеорологических данных и др.) позволит осуществить анализ, проследить динамику развития природных и экологических процессов и явлений, сделать прогноз на будущее.

На образовательном рынке предоставлен широкий спектр ГИС. Многие из них являются профессиональными и конечно слишком дороги для приобретения школ, но есть и такие, которыми может воспользоваться учитель любой школы [1]. Одним из таких является применение геоинформационных сервисов Google, которые построены на использовании электронных карт и космоснимков: Google Maps и Google Earth. Данные сервисы позволяют не только просматривать космические снимки и карты, но и, активизируя дополнительные слои (природные явления: вид из космоса, глобальные проблемы и изучение окружающей среды и др.).

Применение инновационных методов ГИС-технологий на уроках географии играет важную роль в области экологического просвещения. На примере создания интерактивной карты территории ботанического сада Удмуртского государственного университета (далее УдГУ) с помощью сервиса Google Maps можно обнаружить ландшафтную специфику региона, редкие растения и животные, проблемы сохранения и охраны природы. Это позволяет учащимся активно взаимодействовать с картой, исследовать территорию в реальном времени и легко усваивать информацию об окружающей среде. Такой подход не только делает уроки географии увлекательными и понятными, но и формирует ответственное отношение к окружающей среде.

Материалы и методы исследований. Исследование основывается на использование генерализации, описательного и картографического методов исследования. А материалами исследования являются литература про Ботанический сад УдГУ, его цифровой план и схема-экспозиция, ортофотоплан и фотографии.

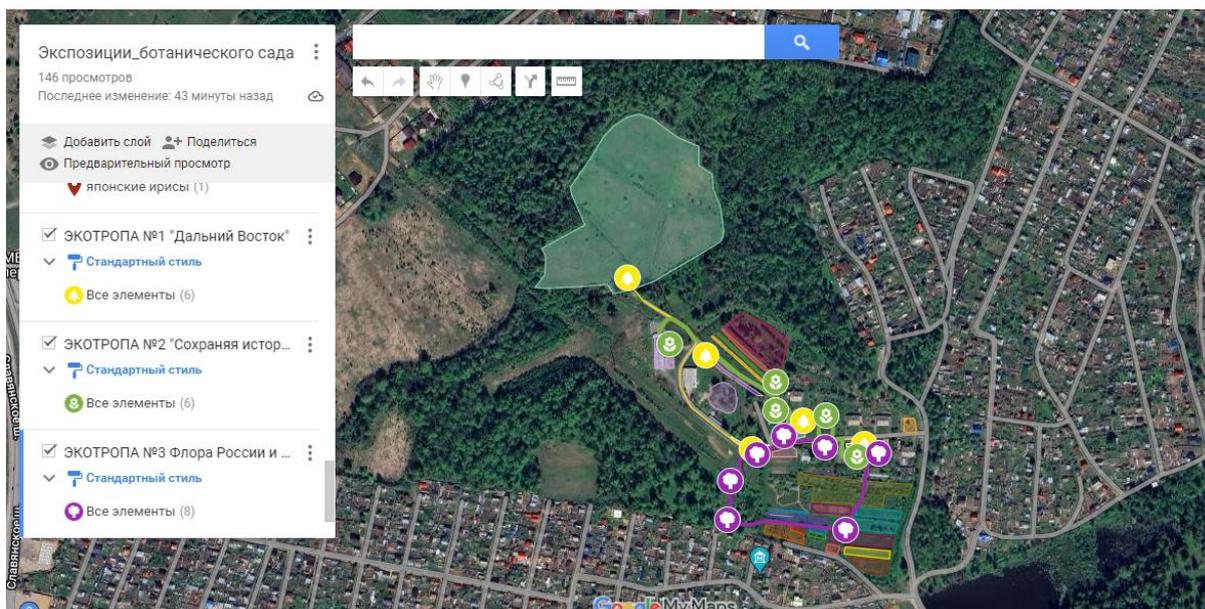
Результаты и их обсуждение. Современный ботанический сад УдГУ – городская особо охраняемая природная озелененная территория, на основе ресурсов, которой управляющая организация создает ландшафтные сады и содержит документированные коллекции живых растений. Как правило, в ботанических садах создаются и действуют вспомогательные отделы или учреждения – теплицы, гербарии, библиотеки ботанической литературы, питомники, а также экскурсионно-просветительские отделы [1].

Ботанический сад обладает ресурсами, которые могут быть использованы в качестве учебной базой для учащихся школ не только для изучения региональной географии, но и экологического просвещения. Чтобы оценить возможность использования этих ресурсов была разработана интерактивная карта Ботанического сада УдГУ, на которой отображены экологические тропы (далее экотропа), сочетающие в себе экологическую и краеведческую направленности.

Карта создана с помощью простейшей программы Google Maps, позволяющая создавать пользовательские карты с маршрутами, к каждой точке маршрута можно прикрепить фотографии и описания места, объекта. Карта для просмотра и изучения доступна по ссылке: https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1yCAg94WjabvoPadNdACNP_H8EXhh3Kc&usp=sharing.

На ней отображены три экотропы, «Дальний Восток», «Сохраняя историю», «Флора России и Удмуртии». Они представляют собой виртуальную экскурсию с описанием объектов, наполненная фотографическим материалом. Экотропа способствует воспитанию экологического мышления и мировоззрения. На примере ряда тем по региональному курсу географии продемонстрируем возможности применения данной карты и экотроп. При изучении материала по географии используем данную карту (рисунок) для объяснения нового материала, для изучения фауны и флоры Республики Удмуртия, выявления ландшафтной специфики территории. Это позволяет студентам более глубоко погрузиться в изучаемую тему.

Изучение именно маршрутов экотроп не только расширяет кругозор учащихся, но и повышает уровень экологической культуры. Для изучения темы «Экологическая обстановка Республики Удмуртия» можно использовать интерактивную карту как рабочее пространство для отображение часто посещаемых мест в Ботаническом саду УдГУ и влияния человека на эти места.



Интерактивная карта Ботанического сада УдГУ

Экотропы на карте также могут быть использованы для проведения практических занятий и работы в группах. Учащиеся могут изучать объекты на экотропе и составлять отчеты о своих наблюдениях за растения и насекомыми, грибами и птицами, а также изучать взаимодействия человека с природой. Такой опыт поможет им не только усвоить теоретический материал, но и развить навыки наблюдения, анализа и коммуникации. При этом также могут использоваться игровой формат, конкурсы, соревнования, экологические акции и праздники для организации учебной деятельности.

Карта не только помогает в изучении конкретных тем, но и способствует развитию творческого мышления и исследовательских навыков у учащихся.

Заключение. Таким образом, ГИС-технологии позволяют создавать различные учебно-информационные материалы и использовать их при изучении региональной составляющей школьного географического образования и повышении экологической культуры. В настоящее время разработана и принята программа развития Ботанического сада по программе «Приоритет 2030», направленная на развитие сада как многофункциональное образовательное, научно-исследовательское, культурно-просветительское и природоохранное учреждение Удмуртской Республики.

Чтобы оценить возможность использования ресурсов Ботанического сада в качестве объекта экологического туризма были, в том числе, разработаны маршруты экологических троп по экспозициям Ботанического

сада. Ботанический сад обладает ресурсами, которые могут быть использованы в качестве туристско-экскурсионного потенциала, так как с уже существующим коллекционным фондом самого Ботанического сада, важными туристическими объектами могут стать измененные и восстановленные культурные ландшафты, а также площадки для проведения тематических экскурсий.

Данная интерактивная карта поможет организовать образовательный процесс на уроках географии с применением инновационных технологий, что сделает занятия увлекательными и непривычными. Кроме этого, можно проводить виртуальные экскурсии в режиме реального времени так и при самих выездах в Ботанический сад. Для школьников-это возможность углубить свои знания в области экологического просвещения, проявить интерес к истории родного края, улучшить коммуникативные навыки как со своими сверстниками, так и сотрудниками сада.

Библиографические ссылки

1. *Бевза Ю. В.* Некоторые вопросы повышения качества картографической подготовки учителей географии // Пробл. географии Киргизии. Фрунзе : Илим, 1975. С. 256–257.
2. *Буданов В. П.* Карта в преподавании географии. М. : Учпедгиз, 1938. С. 139.
3. *Душина И. В.* Методика преподавания географии. М., 1996. 192 с.
4. *Захарова И. Г.* Информационные технологии в образовании. М. : Академия, 2003. 192 с.
5. *Макарова Л. Н.* Применение технических средств на уроках географии // Вопросы Интернет образования. 2006. № 4. С. 12.
6. *Кузеванов В. Я., Сизых С. В.* Ресурсы ботанического сада ИГУ: образовательные, научные и социально-экологические аспекты. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2005. С. 11–12.

**СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА
УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА»
И КАФЕДРЫ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ БГУ
ПРИ ПОДГОТОВКЕ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

А. Н. Хижняк¹⁾, Е. В. Павлова¹⁾, И. И. Счастливая²⁾

¹⁾ УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА», г. Минск, Беларусь,
prim@irup.by

²⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
schastnaya@tut.by

Рассмотрен опыт сотрудничества УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА» и кафедры географической экологии факультета географии и геоинформатики БГУ и возможности его расширения. Представлены основные применяемые подходы образовательного процесса (практико-ориентированные, профессионально-ориентированные) и их реализация через активные формы подготовки молодых специалистов при двустороннем сотрудничестве предприятия и подразделения факультета.

Ключевые слова: молодой специалист; практико-ориентированные подходы; профессионально-ориентированные подходы; производственная и преддипломная практика; мастер-класс.

В Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года большое внимание уделено перспективам и направлениям развития образования с акцентом на возможностях совершенствования образовательного процесса в высших учебных заведениях. Одним из важных моментов при этом является нацеленность выпускников учреждений образования на быструю адаптацию к профессиональной деятельности при сохранении фундаментальности образовательного процесса, что возможно только при тесном взаимодействии учреждения образования и предприятия.

Факультет географии и геоинформатики (ранее географический) долгий период времени связан тесными связями с УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА». В первую очередь предприятие выступает крупным работодателем для выпускников факультета практически с момента его основания в 1970 году. Однако современные экономические условия требуют более тесного и координированного сотрудничества при подготовке молодых специалистов. Для этого в январе 2022 года создан филиал

кафедры географической экологии на базе предприятия, что явилось логическим продолжением взаимного сотрудничества факультета географии и геоинформатики БГУ и УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА».

Филиалы кафедры, как одна из опорных организационных форм связи учреждений образования с предприятиями в целях повышения качества подготовки специалистов с высшим образованием на основе эффективного использования кадровых и материально-технических возможностей предприятий, а также проведения совместных научных исследований и проектных разработок [1].

Основным способом взаимодействия является внедрение в образовательный процесс практико-ориентированных и профессионально-ориентированных подходов, позволяющих сформировать оптимальную модель, сочетающую применение теоретических знаний и навыков в решении практических задач. Один из основных принципов внедрения практико-ориентированных подходов в образовательный процесс основан на том, что «заказчик» (предприятие, организация или компания), заинтересованный в подготовленных молодых специалистах, является участником образовательного процесса [2, 3].

Традиционным направлением практико-ориентированного образования является организация производственной и преддипломной практики студентов. На базе предприятия студенты кафедры проходят практику, которая направлена на формирование практической части дипломной работы и закрепление приобретенных теоретических знаний. За время работы филиала такую практику на предприятии прошли 10 студентов. Для большего погружения в профессиональную среду и приобретения практических навыков, предлагалось выполнение различных задач, связанных с разработкой градостроительных проектов и основанием применяемого программного обеспечения. Такая форма практики приближает ее к стажировке, позволяет студентам не только закрепить приобретенные знания и обрести новый опыт и навыки, но и сформировать свое представление о профессии и требованиям к специалистам, а у предприятия появляется возможность лично познакомиться с будущими специалистами и оценить их потенциальные возможности в градостроительной сфере.

Заинтересованным студентам 3-4 курса предоставляется возможность работы на предприятии на неполный рабочий день. На предприятии за последние 2,5 года работали на неполной занятости в должности «техник» четыре студента, обучающихся на специальности «Геоэкология». За это время у студентов появилась возможность попробовать себя в разработке различных видов градостроительных проектов, изучить законодательную базу, технологию и оборудование, используемые в градостроительной сфере; развить навыки работы в коллективе.

Выбор темы диссертационной работы также осуществляется в тесном контакте кафедры и структурного подразделения предприятия, и ориентирован на потребность предприятия в углубленном изучении определенной тематики с учетом разрабатываемых градостроительных проектов. А период функционирования филиала выполнено 10 таких работ.

В свою очередь руководство градостроительного предприятия по результатам работы студентов может оценить их потенциал в дальнейшей работе на предприятии, что отразилось на результатах распределения выпускников кафедры - за период функционирования филиала 5 молодых специалистов пришли на предприятие по распределению.

В рамках работы филиала, как один из эффективных подходов, также внедрен метод профессионально-ориентированных технологий, который направлен на формирование у студентов личностных качеств, знаний и навыков, необходимых для выбранной специальности [4]. Данный подход реализуется через выполнение в рамках работы филиала кафедры геоэкологии на базе УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА» совместных исследований, для последующего внедрения в дипломные и (или) диссертационные работы и в разрабатываемые градостроительные проекты.

Ориентация студента на результат выполняемого проекта является важным мотивационным фактором в обучении, позволяющим учащимся сформировать творческий подход и приобретать знания и умения, необходимые для достижения запланированного результата, а также такие навыки как самостоятельность и самообучаемость. Значимым примером являются работы по оценке депонирования углекислого газа зелеными насаждениями урболандшафтов г. Могилева и г. Гродно, результаты которых были использованы для разработки градостроительных проектов специального планирования – схем озелененных территорий этих городов. Работы были выполнены в соответствии с подходами к поэлементной и интегральной стоимостной оценке экосистемных услуг, представленных в ТКП 17.02- 10-2013 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок проведения работ, по стоимостной оценке, экосистемных услуг и определения стоимостной ценности биологического разнообразия». Эти совместные исследования позволили подготовить коллективную публикацию [5].

Также одним из видов сотрудничества в рамках работы филиала является доклады на заседаниях научного кружка и, что особенно важно, проведение мастер-классов сотрудниками предприятия. Мастер-класс – это особая форма учебного занятия, которая основана на практических действиях показа и демонстрации решения определенной задачи. Идея проведения мастер-классов для студентов направлена на приобретение

практических навыков работы студентами при имитации решения практических задач или их участия в процессах. В процессе участия в мастер-классе студенты знакомятся с теоретическими основами по определенной теме, участвуют в процессе решения практической или исследовательской задачи, проблемной ситуации и в обсуждении полученных результатов.

Мастер-классы проводятся на базе кафедры для студентов 2-3 курсов два раза в год, преимущественно в рамках учебных дисциплин «Экологическая экспертиза, менеджмент и аудит» и «Экологические основы территориального планирования», после завершения лекций по определенной тематике. Проводят мастер-классы 4-5 опытных специалистов предприятия, инженеров 1 и 2 категории. Всего проведено 6 мастер-классов на различные темы, основные из них - «Эколого-картографическое обеспечение территориального планирования», «Стратегическая экологическая оценка градостроительных проектов» и «Озелененные территории общего пользования». При обучении во время мастер-класса реализуется исследовательский подход, который предполагает выполнение системы заданий исследовательского характера. Студентам в игровой форме предлагается провести общественные обсуждения по экологическому докладу по стратегической экологической оценке, выполнить анализ и дать оценку экологическому докладу, разработать концепцию парка или сквера и провести ее защиту или общественные обсуждения. Успешное освоение темы происходит на основе продуктивной деятельности всех его участников. Данная форма сотрудничества позволяет использовать имитационные методы активного обучения. В тоже время мастер-класс – это двусторонний процесс, позволяющий:

- специалистам предприятия поделиться своими знаниями и навыками, совершенствовать демонстрацию профессионального опыта;
- студентам – систематизировать свои знания в определенной дисциплине, овладеть новыми навыками, практически отработать приемы коллективного решения задач в рамках темы мастер-класса.

Большое значение имеет сотрудничество кафедры и предприятия в рамках подготовки дипломных и магистерских диссертаций, внедрения научно-исследовательской работы сотрудников кафедры. За время функционирования филиала выполнено 10 дипломных и 3 магистерских работы, материалы которых активно используются в разработке градостроительных проектов.

Внедрение же результатов научно-исследовательской работы сотрудников кафедры получили отражение в применении при разработке градостроительных проектов специального планирования, схемы озелененных территорий общего пользования городов, материалов отчетов «Оценка

экосистемных услуг зеленых насаждений общего пользования Ленинского и Октябрьского районов г. Гродно» и «Оценка экологического состояния и экосистемных услуг зеленых насаждений общего пользования г. Жодино», выполненные в рамках научно-исследовательской работы Государственной программы научных исследований на 2021-2025 гг. «Оценить средоформирующие функции и экологические риски городских ландшафтов, предложить меры по их оптимизации (на примере промышленных центров Беларуси)».

В градостроительной сфере большую роль играет повышение квалификации специалистов и их дальнейшее обучение. Молодым специалистам предлагаются создаются необходимые условия для обучения по программе углубленного высшего образования (магистратура) в заочной форме. 3 сотрудников предприятия закончили обучение и 2 сотрудников обучаются в настоящее время в магистратуре. Необходимо отметить, что обучение в магистратуре, помимо повышения профессионального опыта, дает возможность специалистам повысить квалификационную категорию с учетом рекомендаций аттестационной комиссии предприятия.

Важное направление сотрудничества – привлечение специалистов предприятия к проведению учебных занятий. Заложена основа для развития этого направления. В учебном 2024-2025 году один сотрудник предприятия привлечен к проведению практических занятий по дисциплинам кафедры географической экологии.

В перспективе двустороннее сотрудничество УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА» и кафедры географической экологии будет расширяться. В ближайших планах более активное привлечение сотрудников градостроительного предприятия к составлению программ, чтению лекций и проведению практических семинарских занятий по дисциплинам кафедры географической экологии соответствующей тематики. Также планируется увеличение количества мастер-классов, студентов, проходящих производственную практику и работавших по распределению. Еще предполагается расширение взаимодействия при организации и проведении совместных фундаментальных и прикладных научных исследований, подготовке совместных научных проектов, внедрения в производство и учебный процесс результатов научных исследований и проектных разработок, что позволит повысить и совместную публикационную активность преподавателей кафедры и УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА».

Такое сотрудничество структурного подразделения учреждения высшего образования и предприятия позволяет подготовить компетентных и заинтересованных молодых специалистов, повысить уровень их закрепления на первом рабочем месте и дать стимул дальнейшего совершенствования в профессии.

Библиографические ссылки

1. Роль филиалов кафедр университетов в интеграции образования, науки, производства: материалы Республиканской научно-практической конференции. Минск, 25–26 ноября 2015 г. Минск : Колорград, 2015. 96 с.

2. *Полисадов С. С.* Практико-ориентированное обучение в вузе // Известия Томского политехнического университета. 2014. № 2. С. 23.

3. *Сагинова О. В., Максимова С. М.* Опыт взаимодействия вузов и предпринимательских структур // Российское предпринимательство. 2017. Т. 18, № 3. С. 377-387.

4. *Образцов П. И., Уман А. И., Виленский М. Я.* Технология профессионально-ориентированного обучения в высшей школе : учебное пособие /; под редакцией В. А. Слостенина. 3-е изд., испр. и доп. Москва : Издательство Юрайт, 2024. 258 с.

5. Опыт разработки схемы озелененных территорий общего пользования г. Гродно: подходы и реализация / А. Н. Хижняк [и др.] // Земля Беларуси. 2024. № 1. С. 40-52.

ПОПУЛЯРНЫЕ ЦВЕТОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ И ТРЕНДЫ В ЦВЕТОЧНОМ ОФОРМЛЕНИИ г. ТАШКЕНТА

Д. Р. Ходжиматов, О. С. Залывская

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Архангельск, Российская Федерация, doston_uzb97@mail.ru*

В статье рассмотрено цветочное оформление одного из крупнейших городов Узбекистана. Отмечается, что в современном Ташкенте наблюдается устойчивая тенденция к использованию ярких, насыщенных цветов в оформлении различных мероприятий. Особой популярностью пользуются сочетания таких цветов, как красный, оранжевый, желтый, которые символизируют жизнерадостность, энергию и процветание. Цветочные культуры в Ташкенте нередко имеют символическое значение. Определенные виды цветов могут ассоциироваться с национальной идентичностью.

Ключевые слова: цветочное оформление; композиции; Узбекистан.

Введение. Актуальность темы обусловлена феноменом резкой урбанизации и активным развитием инфраструктуры в г. Ташкент. К 2035 году население Ташкента, по прогнозам, увеличится на четверть и достигнет четырех миллионов человек, закрепив статус столицы Узбекистана как самого крупного города Центральной Азии. Чтобы трансформировать город в полицентричный мегаполис, правительство создает крупное ядро деловой активности – Новый Ташкент, который должен снизить нагрузку на городскую транспортную систему, увеличить площадь жилого фонда и коммерческой недвижимости столицы. Стратегия развития города «Ташкент-2030» предусматривает увеличение объемов строительства жилья на 45% – до 44 тыс. квартир в год [1]. В своем отчете IQ City Planning Tashkent международная консалтинговая компания коммерческой недвижимости Commonwealth Partnership Uzbekistan (СМWP, ранее часть глобальной группы Cushman & Wakefield) рассказывает о текущем состоянии столицы Узбекистана и прогнозах ее развития в ближайшее десятилетие. К 2030 году Ташкент должен стать в пять раз зеленее. Площадь парков и скверов в городе планируют увеличить с текущих 900 га до 5 тысяч га. На сегодня в районах с малым количеством зеленых насаждений и высокой плотностью одноэтажного строительства температура в летние месяцы превышает 35 °С. В то же время северо-восточная часть Ташкента заметно холоднее благодаря наличию Ботанического сада и низкой плотности застройки. В связи с этим особое внимание ландшафтных дизайнеров направлено на благоустройство около домовых территорий.

Материалы и методы исследований. Цветочное оформление играет важную роль в создании комфортной и эстетически привлекательной городской среды. Это не только способ улучшить внешний вид города, но и возможность исправить экологическую обстановку в городе Ташкент, так как цветочные клумбы оказывают положительное воздействие на биоразнообразие, привлекая насекомых-опылителей и способствуя сохранению экосистем даже в условиях интенсивного урбанизма. Кроме того, цветочное оформление клумб поможет улучшить психологическое здоровье населения. В условиях, когда стрессы и депрессии становятся частью повседневной жизни, наличие зеленых зон и клумб с цветами в городской среде приобретает все большее значение. Помимо этого, они служат площадкой для социальных взаимодействий и могут отражать культурное наследие региона.

Данные аспекты делают цветочное оформление важным элементом устойчивого развития городов, что обуславливает необходимость более глубокого научного исследования данного феномена.

Результаты и их обсуждение. Цветочное оформление в культуре и традициях Ташкента используется в различных аспектах повседневной жизни и торжеств, например:

1. Праздничные традиции: в Ташкенте цветы являются неотъемлемой частью свадебных церемоний, религиозных праздников и других важных событий. Их используют для украшения домов, общественных мест и в подарках, что символизирует уважение и благожелательность. В Ташкенте, с его континентальным климатом, весной и летом доступны яркие и разнообразные цветы, такие как тюльпаны, розы и астры, которые становятся популярными в свадебных и праздничных композициях. Осенью и зимой выбор может сужаться, и флористы могут обращаться к более стойким растениям или использовать искусственные цветы в качестве альтернативы.

2. Культурное наследие: цветы в Ташкенте нередко имеют символическое значение. Определенные виды цветов могут ассоциироваться с национальной идентичностью или религиозными верованиями. В узбекской культуре определенные цвета и цветы могут ассоциироваться с конкретными праздниками или событиями. Так, красные цветы могут символизировать любовь и счастье, в то время как белые – чистоту и новизну. Это обуславливает выбор цветов для различных мероприятий, таких как свадьбы, дни рождения и религиозные праздники.

3. Архитектурные и садовые традиции: ташкентские сады и парки традиционно украшены разнообразными цветами, что подчеркивает красоту городской среды и поддерживает связь с природой. Эти цветочные композиции также играют роль в сохранении экологического равновесия в условиях городского развития.

4. Цветы в Ташкенте являются важной частью культурной и духовной жизни, сохраняя связь с прошлым и служа символом культурной идентичности народа.

В современном Ташкенте наблюдается устойчивая тенденция к использованию ярких, насыщенных цветов в оформлении различных мероприятий. Особой популярностью пользуются сочетания таких цветов, как красный, оранжевый, желтый, которые символизируют жизнерадостность, энергию и процветание.

Кроме того, широкое распространение получили пастельные тона – нежные оттенки розового, голубого, лавандового. Они придают оформлению элегантность и утонченность. Такие цветовые решения часто используются на свадебных церемониях, где важную роль играет создание романтической и изысканной атмосферы.

Также отмечается возрастающий интерес к природным, экологичным оттенкам – зеленым, коричневым, бежевым. Они ассоциируются с гармонией и связью с окружающей средой, что особенно актуально для мероприятий, посвященных устойчивому развитию и бережному отношению к природе. Кроме того, традиционные узбекские орнаменты и стили также могут вдохновлять на создание композиций, что отражает уникальную идентичность региона. Таким образом, как сезонность, так и культурные традиции формируют не только выбор компонентов, но и общий стиль и эстетику цветочных композиций в Ташкенте.

В Ташкенте, столице Узбекистана, широко используется разнообразие цветов и кустарников для оформления городских клумб и ландшафтных композиций. Благодаря умеренному климату региона, в клумбах Ташкента можно встретить как традиционные для Центральной Азии растения, так и интродуцированные экзотические виды. Наиболее распространенными цветами в ташкентских клумбах являются: розы, тюльпаны, нарциссы, ирисы, пионы, гвоздики, петунии, бархатцы и георгины. Из кустарников популярны: барбарис, спирея, жасмин, чубушник и миндаль.

Также широко используются декоративные злаки, такие как пампасная трава, и вьющиеся растения, например, плющ и глициния. Цветовая гамма клумб варьируется от ярких, контрастных сочетаний до более пастельных, гармоничных палитр в зависимости от общего дизайна окружающего ландшафта.

Данный ассортимент растений позволяет создавать красочные, разнообразные цветочные композиции, которые украшают улицы и парки Ташкента на протяжении всего вегетационного сезона.

Главным примером «зеленого парка» является молодой парк «Tashkent city». Так в одной особой зоне парка, предназначенной для проведения свадебных торжеств и фотосессий, исключительно в декоративных целях высажены магнолии.

Отдельного внимания заслуживают кустарники, расположенные по всей площади парка: фотиния, бересклет, жимолость блестящая, лавры, можжевельники стелющиеся. Согласно установленным международным нормам, на 1 кв. м площади допускается посадка до 10-12 единиц растений. В парке «Tashkent city» они высажены в количестве 5-7 на 1 кв. м. К каждому из них подведена система капельного орошения, благодаря чему можно добиться их значительного прироста и продлить жизнь.

Штамбовые олеандры, привезенные из Италии, также высажены с учетом ташкентского климата. Специалисты подготовили необходимые средства защиты, которые помогут растениям пережить нашу зиму и спастись от холодов. Разумеется, при температуре ниже -10 градусов зеленая часть олеандров погибнет, однако уже грядущей весной растения вновь порадуют глаз обновившимся листовенным покровом. А с июня по ноябрь посетители парка смогут наблюдать за их цветением.

При распределении тенистых деревьев позаимствован зарубежный опыт – они высажены посреди газона специально, чтобы в изнуряющую ташкентскую жару посетители смогли насладиться прохладой и спрятаться под их тенью, сидя на траве. А что касается прогулочной зоны, то здесь в летний период предусмотрено сооружение дополнительных солнцезащитных конструкций.

Заключение. Помимо Ташкента, в городе Намангане, расположенного в живописном уголке Узбекистана, май становится эпицентром мировой флористики, тем самым не только столица становится «зеленой», но и другие города. В 2024 году состоялся 63-й Международный фестиваль цветов. Этот фестиваль, который проводится с 1961 года, уже давно стал важной традицией, привлекая миллионы посетителей со всего мира, и станет настоящим праздником красоты и искусства для ценителей флористики. На территории в 8 гектаров более 250 мастеров-флористов из разных регионов Узбекистана, а также из более чем 40 стран, продемонстрируют свое мастерство. Участники представят уникальные цветочные композиции, которые будут восхищать и вдохновлять на новые творческие идеи. Среди стран-участников – Индия, Китай, Голландия, Турция, Азербайджан, Япония и Южная Корея.

Библиографический список

1. *Турсунов Х. Т.* Некоторые геоэкологические проблемы развития города Ташкента // Экономика и социум. 2023. № 3-2 (106). С. 682-687.

ЭКОЛОГО-КРАЕВЕДЧЕСКАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ВУЗОВ

О. В. Черникова, Ю. А. Мажайский

Академия ФСИН России, г. Рязань, Россия, chernikova_olga@inbox.ru

Основная задача системы образования заключается в формировании экологического сознания. Одним из ключевых аспектов этого процесса является научно-исследовательская работа. При проведении исследовательских занятий у обучающихся ВУЗов формируются не только бережное отношение к окружающей среде, ориентированное на сохранение природы, к здоровью человека, но и навыки отбора главного в информационных источниках, самостоятельный научный стиль изложения материала.

Ключевые слова: эколого-краеведческий подход; исследовательская деятельность; обучающиеся.

Введение. XXI век объявлен ЮНЕСКО веком образования. Система образования названа стратегически важной сферой человеческой деятельности в решении глобальных проблем выживания и развития человечества. Следовательно, стратегия развития образования XXI века должна разрабатываться с учетом идеи гуманизации и экологизации [2].

Экологическое образование начинается с внимательного взгляда каждого из нас на окружающий мир, со стремления глубже узнать его, понять свое место в нем и свою ответственность перед ним. Формирование экологической ответственности должно стать этической нормой [3].

Педагогическая работа направлена на повышение качества образования, развитие и формирование личности. Исследовательская работа школьников и студентов является важной составляющей учебно-воспитательного процесса в школе и ВУЗе, в экологических лагерях, в биологических кружках и эколого-биологических центрах.

Роль исследовательской работы в становлении личности школьников огромна, так как развивает наиболее ценные качества человека: любознательность, любовь к земле, природе и всему живому, бережное отношение к окружающему миру, выносливость, аккуратность. Большое значение она приобретает в ВУЗе. Исследовательская работа позволяет сформировать более глубокие познания об окружающем мире, открыть для себя

наиболее острые проблемы окружающей среды и попытаться найти эффективные и экономически выгодные пути их решения, получить практические навыки для дальнейшего развития [4].

Исследовательская деятельность – совершение учащимися определенного занятия, которая связана с поиском ответа на творческую исследовательскую задачу с заранее неизвестным решением. Под исследовательской деятельностью подразумевается восстановление некоторого порядка вещей по косвенным признакам, отпечаткам общего закона на конкретных, случайных предметах, что является принципиальной особенностью организации мышления при исследовании, с которым сопряжены развитие наблюдательности, внимательности, аналитических навыков.

Исследования, то есть изучение и объяснение закономерностей развития явлений в любой области науки, может быть теоретическим и экспериментальным. Первоосновой, источником теоретических исследований служит наблюдение, опыт, а обобщение экспериментальных данных развивает теорию. В большинстве случаев эксперимент является единственно надежным способом решения поставленной задачи и контроля правильности теоретических выводов, основой познания и критерием истины.

Например, достаточно просто на опытном участке, совместно с другими организациями поставить лабораторные исследования по изучению негативного влияния тяжелых металлов на почву, растения, микробное сообщество. Такие опыты проводятся в нашей области достаточно длительное время. Результаты этих исследований были положены в основу для написания кандидатских и докторских работ, а также для внедрения в хозяйства области, рекомендованы организациям занимающимся озеленением и благоустройством города.

Материалы и методы исследований. В стационаре проводятся полевые, лизиметрические и мелкоделяночные опыты на дерново-подзолистой почве, серой лесной почве и оподзоленном черноземе, то есть на почвах наиболее характерных для нашей области [1,6]. В опытах выполнено моделирование повышенного уровня загрязнения почвы на основе регионального геохимического фона, которое составило: Cu – 90 мг/кг, Zn – 110 мг/кг, Pb – 40 мг/кг, Cd – 0,6 мг/кг. Для этого использовались химически чистые соли: $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $Pb(CH_3COO)_2$, $CdSO_4$, при этом учитывалось фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов в почве. Схема опыта приведена в таблице.

**Схема закладки и проведения многолетнего лизиметрического опыта
по изучению эффективности приемов реабилитации
в условиях техногенного загрязнения**

№ варианта	Дозы внесения удобрений
1	Без удобрений (контроль)
2	Навоз КРС 100 т/га
3	Навоз КРС 100 т/га N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀
4	P ₁₂₀ N ₉₀ K ₁₂₀
5	P ₂₄₀ N ₉₀ K ₁₂₀
6	P ₄₈₀ N ₉₀ K ₁₂₀

Результаты и их обсуждение. Данная научно-исследовательская работа предполагает экспериментальные исследования по разработке эффективных приемов реабилитации дерново-подзолистой почвы и чернозема оподзоленного. В составе исследований предусматриваются следующие виды работ:

- анализ литературных сведений и обобщение результатов исследований предыдущих лет по разработке эффективных приемов реабилитации деградированных почв в условиях техногенеза;

- ретроспективный анализ результатов исследований на экополигоне;

- проведение опытов по разработке эффективных агрохимических приемов реабилитации дерново-подзолистой почвы и чернозема оподзоленного;

- лабораторные исследования образцов почвы (рН, К₂O, P₂O₅, гумус, подвижные формы тяжелых металлов: медь, цинк, свинец, кадмий, дыхание: эмиссия СО₂, поглощение О₂, микробиологические исследования), воды (тяжелые металлы), растительности (кормовые качества, тяжелые металлы).

На загрязненных тяжелыми металлами почвах происходит снижение продуктивности и качества продукции растениеводства. Приемы реабилитации деградированных почв состоят в том, чтобы накопленные в почве токсичные элементы были депонированы в почве в малоподвижной форме, тем самым минимизировать их поступление в биологический круговорот.

Заключение. Среди знаний и практического опыта, формируемых в процессе проведения исследовательских работ также создаются и развиваются навыки самообразования, критического мышления, самостоятельной работы, самоорганизации и самоконтроля, работы по команде, умения прогнозировать результаты и возможные последствия разных вариантов решения, устанавливать причинно-следственные связи, находить и формулировать, и решать проблемы [5].

Цивилизованное общество на всех этапах развития всегда стремилось обеспечить высокий образовательный уровень своих граждан, способствовало совершенствованию системы обучения. В условиях современного ухудшения природной и социальной сферы обитания актуальным становится системный подход к формированию экологической культуры общества, экологического мировоззрения, в котором особое важное место должна занять исследовательская работа школьников и студентов, так как именно она направлена на достижение поставленных обществом задач для будущих поколений.

Библиографические ссылки

1. *Евтюхин В. Ф., Черникова О. В., Карпов А. Н.* Влияние агрохимической мелиорации загрязненного тяжелыми металлами оподзоленного чернозема на урожайность сельскохозяйственных культур // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 2. С. 17-19.

2. *Крестинина О. А., Калинина Н. А.* Эколога-краеведческие практики – основа формирования экологической культуры // Школа-ВУЗ: современные формы взаимодействия в сфере эколого-географического образования. Воронеж : Издательство «Цифровая полиграфия», 2020. С. 342-345.

3. *Мамедов Н. М., Глазачева С. Н.* Экологическое образование как предпосылка устойчивого развития общества. Экологическое образование: концепции и технологии. Волгоград : Перемена, 1996. С.17.

4. *Матвеева С. В., Подосинникова Л. А.* Формирование эколого-краеведческой компетентности обучающихся через различные формы учебной и внеклассной работы // Астраханский вестник экологического образования. 2011. № 2 (18). С. 70-73.

5. *Файрушина С. М.* Исследовательская деятельность студентов как одна из форм формирования экологической культуры при изучении естественнонаучных дисциплин // Успехи современного естествознания. 2010. № 1. С. 140-144.

6. *Черникова О. В.* Экологическое обоснование комплексных приемов реабилитации черноземов, загрязненных тяжелыми металлами (на примере Рязанской области) диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Рязань, 2010. 178 с.

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ООПТ КРАСНОЯРСКОЙ КОТЛОВИНЫ

В. И. Чернов, Г. Ю. Ямских

*Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация,
vladmono95@mail.ru*

Статья посвящена проблемам сохранения ландшафтного разнообразия на ООПТ Красноярской котловины в условиях интенсивного промышленного освоения территории и большой численности населения. Система ООПТ Красноярской котловины состоит из 23 охраняемых природных территорий, включающих в себя геологические, ботанические, гидрологические памятники природы, горно-таежные, подтаежные и лесостепные ландшафты.

Ключевые слова: Красноярская котловина; особо охраняемые природные территории; горно-таежный ландшафт; памятник природы; национальный парк; заказник.

Введение. Красноярская котловина расположена в Центральной части Красноярского края, на берегах р. Енисей, в окрестностях города-миллионера Красноярска, на стыке нескольких физико-географических стран: Западно-Сибирская равнина, Среднесибирское плоскогорье и Алтае-Саянская горная страна. На данной территории находятся крупные предприятия цветной металлургии, химической промышленности, машиностроения, тепло и гидроэнергетики, строительных материалов, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду, которое проявляется в повышенной концентрации вредных химических элементов II-III класса опасности в почвенном покрове, атмосферном воздухе и поверхностных водах (превышении ПДК формальдегида и бензапирена в атмосферном воздухе составляет 4-6 ПДК). Численность населения Красноярской котловины на 1 января 2024 составила около 1,5 млн. человек [11]. В то же время территория Красноярской котловины характеризуется повышенным ландшафтным и биологическим разнообразием, где представлены лесостепные, подтаежные и горно-таежные ландшафты и пойменные комплексы долины р. Енисей. Некоторые уникальные памятники природы были сохранены от уничтожения человеком только благодаря присвоения им статуса охраняемых природных объектов. Соответственно, в условиях повышенного антропогенного воздействия данный ландшафтный комплекс нуждается в охране и сохранении. Далее будет представлена краткая информация об основных категориях и особенностях ООПТ Красноярской котловины.

Материалы и методы исследования. При написании статьи использовались данные Дирекции по ООПТ Красноярского края, Красной книги Красноярского края, концепции по развитию системы ООПТ Красноярского края на период до 2030 года.

Результаты и их обсуждение. Система ООПТ состоит из 23 охраняемых природных территорий, в том числе 1 национального парка «Красноярские Столбы», 1 комплексного заказника регионального значения «Красноярский», 5 биологических заказников («Саратовское болото», «Большемуртинский», «Тальско-Гаревской», «Больше-Кемчугский», «Мало-Кемчугский»), 9 геологических («Пещера Баджейская», «Пещера Большая Орешная», «Пещера Партизанская», «Пещера Караульная», «Черная Сопка», «Мининские Столбы», «Пещера Кубинская», «Пещера Майская», «Базайский разрез», «Торгашинское месторождение раннедевонской флоры»), 1 ботанический микрозаказник «Манское займище», 2 гидрологических («Озеро Абакшинское», Родник в районе Академгородка) и 3 ботанических памятника природы («Березово-муравьиная роща», «Дендрарий Сибирского государственного технологического университета», «Дендросад в районе Старого скита») [4].

ООПТ Красноярской котловины охватывают темнохвойные леса (еловые, пихтовые, кедровые), светлохвойные (сосновые и лиственничные) и мелколиственные (березовые и осиновые леса) [6]. Лесной фонд Красноярской котловины на 54 процента представлен хвойными лесами и на 46 процентов - лиственными лесами.

Национальный парк «Красноярские Столбы» характеризуется наличием сиенитовых скал-останцев, напоминающих причудливые формы людей, животных и очертания крепостей, называемых «столбами». Всего в национальном парке насчитывается более 100 скальных образований [8]. В пределах национального парка выделяют 2 горных пояса: светлохвойно-мелколиственные лесами низкогорий и темнохвойные среднегорные леса. В национальном парке произрастают 150 видов растений, подлежащих особой охране, из них 51 вид занесен в Красную книгу Российской Федерации и Красноярского края (башмачок настоящий, башмачок крупноцветковый, пион Мартин корень, лилия кудреватая, ковыль перистый и т.д) [5]. В пределах национального парка произрастает ряд видов растений Алтае-Саянской области с ограниченным ареалом произрастания. В 1925 г. Столбы были объявлены заповедником из-за опасения их уничтожения, связанных с возросшими темпами добычи строительного камня на рубеже XIX-XX века [1].

В пределах горных хребтов, окружающих Красноярскую котловину, расположены карстовые известняковые и конгломератовые пещеры (Кубинская, Майская, Баджейская, Караульная и т.д.) [3]. Большая Орешная

пещера является самой протяженной конгломератовой пещерой в мире [10]. В 2003 году Пещера Караульная была объявлена памятником природы краевого значения, так как за период нерегулируемой рекреации с 1960-ых по 2000-ых годах пещере был нанесен значительный ущерб (наличие бытового мусора, надписей на стенах, уничтожена естественная органика пещеры, изуродовано натечное убранство пещеры). Потухший вулкан «Черная Сопка», расположенный в 8 км. к югу от Красноярска в Березовском районе, был объявлен памятником природы в 2019 году из-за угрозы уничтожения, связанной с намерением китайцев организовать добычу строительного камня, а также вырубки леса на ее склонах и выпаса скота [2].

Пойменные и лесостепные ландшафты охраняются в заказниках «Большемуртинский», «Тальско-Гаревской», «Саратовское болото», «Мало-Кемчугский» и «Больше-Кемчугский» [9]. Заказник «Саратовское болото» был организован в 2015 г. сотрудниками кафедры охотничьего ресурсоведения и заповедного дела СФУ с целью охраны мест обитания и гнездования перелетных водоплавающих птиц, популяции серого журавля, козули сибирской, занесенных в Красную книгу Красноярского края. Саратовское болото является одним из крупнейших мест гнездования популяции серого журавля в Красноярском крае, в период осенней и весенней миграции здесь гнездятся около 1000 особей [5].

В окрестностях города Красноярска, с целью улучшения экологической обстановки и охране пригородных лесов, поверхностных и подземных вод, был организован лесопарковый зеленый пояс города Красноярска на территории Емельяновского, Березовского, Манского, Балахнинского районов Красноярского края, городского округа Красноярск, Сосновоборск и Дивногорск в радиусе 50-80 км от г. Красноярска [7].

Заключение. Высокая численность населения Красноярской котловины и концентрация промышленных предприятий на небольшой по площади территории (24 тыс. км²) влечет за собой угрозу уничтожения или деградации уникальных природных объектов. За последние 20 лет в пределах Красноярской котловины было организовано 8 новых ООПТ. Если бы не были проведены работы по организации ООПТ, скорее всего, данные природные объекты были уничтожены.

Следовательно, в условиях повышенного негативного антропогенного воздействия на окружающую среду необходимо придавать статус ООПТ уникальным природным геологическим, ботаническим, геоморфологическим и ботаническим объектам, который влечет за собой использования человеком территории только в качестве рекреации, охоты и собирательства для собственных нужд.

Библиографические ссылки

1. Вестник «Столбист». № 5 (29). Взорванные скалы [Электронный ресурс] // Красноярские Столбы: сайт. URL: <https://stolby.ru/library/vyrezki/stolbist-29-03-asp> (дата обращения 20.10.2024).
2. Вулкан Черную сопку решено сделать памятником природы: чиновники опасаются арендаторов земли [Электронный ресурс] // 7 Мой Красноярск: сайт. URL: <https://trk7.ru/news/63168.html> (дата обращения 20.10.2024).
3. ГИС «ООПТ» [Электронный ресурс] // Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края. Краевое государственное бюджетное учреждение «Центр реализации мероприятий по природопользованию и охране окружающей среды Красноярского края»: сайт. URL: <http://krasecology.ru/OOPT> (дата обращения 20.10.2024).
4. Дирекция по ООПТ Красноярского края [Электронный ресурс]. URL: <http://www.doopt.ru/?id=31> (дата обращения 20.10.2024).
5. Красная книга Красноярского края. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. 3-е издание, переработанное и дополненное. Красноярск : СФУ, 2009. 205 с.
6. Леса Красноярского края [Электронный ресурс] // Геопортал ИВМ СО РАН. URL: <https://gis.krasn.ru/blog/catalog> (дата обращения 20.10.2024).
7. Лесопарковый зеленый пояс [Электронный ресурс] // Красноярский край. Министерство природных ресурсов и лесного комплекса: сайт. URL: <http://mlx.krskstate.ru/leszelroyas> (дата обращения 25.10.2024).
8. Национальный парк «Красноярские Столбы» [Электронный ресурс]. URL: <https://kras-stolby.ru/> (дата обращения 25.10.2024).
9. Туристский паспорт районов Красноярского края [Электронный ресурс] // Енисейская Сибирь. Красноярский край: сайт. URL: <https://visitsiberia.info/turpasport.html> (дата обращения 25.10.2024).
10. Чернов В.И., Ямских Г.Ю. Рекогносцировочная оценка рекреационного потенциала особо охраняемых природных территорий Красноярской котловины. // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2020. Т. 30, № 4. С. 427-437.
11. Численность постоянного населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2024 года [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики: сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13282?print=1> (дата обращения 25.10.2024).

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-КРАЕВЕДЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ У ОБУЧАЮЩИХСЯ

Н. А. Шведова

*Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия,
shvedova_na@urgau.ru*

В работе рассматривается роль эколого-краеведческой деятельности в формировании и повышении уровня экологической культуры у обучающихся, значимость первой для развития практических навыков и критического мышления школьников. Представлены результаты анализа научно-исследовательских проектов, в том числе участников проекта «Агрошкола» Уральского ГАУ в секциях за 2019-2024 гг.

Ключевые слова: экологическая культура; эколого-краеведческая деятельность; агрошкола; дополнительная образовательная программа; экология.

Введение. Формирование экологической культуры у обучающихся становится особенно значимой проблемой в условиях экологических вызовов, с которыми сталкивается современное общество. Глобальные климатические изменения, деградация природных ресурсов и утрата биологического разнообразия требуют активного вовлечения молодого поколения в процесс устойчивого развития и охраны окружающей среды. В связи с этим эколого-краеведческая деятельность, представляющая собой интеграцию знаний о природе, культуре и местных традициях, приобретает решающее значение в образовательном процессе.

По мнению ряда ученых, современная образовательная система должна выполнять две взаимосвязанные функции: гуманистическую, направленную на выживание и развитие человечества, и экологическую, сосредоточенную на сохранении природы и обеспечении благоприятных условий для жизни [1]. Экологизация образования требует, прежде всего, формирования экологического сознания и воспитания новой личности с соответствующим мировоззрением. Это создает для образовательной системы новые, важные задачи. Образование в области экологии становится актуальным для всех слоев общества, и его главной целью является формирование экологической культуры личности.

Экологическую культуру следует понимать, как новообразование личности, рождающееся и развивающееся под влиянием мотивационной, интеллектуальной и эмоциональной сфер жизнедеятельности субъекта и материализующееся в стиле и характере взаимоотношений с социальной

и природной средой. «Содержательная сторона экологической культуры включает в себя экологические знания, экологическую эстетику и экологическую нравственность. На их основе формируется экологическое сознание, выражающееся в системе убеждений, активной жизненной позиции личности и ее экологически мотивированном поведении.» [2].

Эколого-краеведческая деятельность представляет собой целенаправленное изучение защиты природной и культурной среды конкретного региона, направленное на изучение природных и социоприродных экосистем территории (в прошлом и настоящем), выявление местных экологических проблем во взаимосвязи с региональными. Этот подход к обучению играет ключевую роль в развитии экологического сознания и культуры у обучающихся. Он формирует понимание глубокой взаимозависимости человека и природы и мотивирует к активному участию в ее охране.

Погружение в эколого-краеведческие практики способствует развитию у школьников чувства ответственности за окружающую среду. Участвуя в мероприятиях, таких как высадка деревьев, уборка загрязненных территорий или изучение местной флоры и фауны, обучающиеся не только получают практический опыт, но и формируют экологическую осознанность. Эти занятия помогают им понимать важность биологических ресурсов, необходимость охраны экосистем и влияние различных человеческих действий на природу.

Кроме того, эколого-краеведческая деятельность способствует развитию критического мышления, поскольку обучающиеся анализируют проблемы экологии и разрабатывают возможные пути их решения. Это не только обогащает их знаниями, но и формирует активную жизненную позицию, где забота о природе становится неотъемлемой частью мира ценностей и применения полученных знаний в реальной жизни.

Участие в эколого-краеведческих мероприятиях непосредственно связано с ростом уровня экологической грамотности среди обучающихся. Экологическая грамотность включает в себя знания о природных системах, понимание экологических процессов и способность принимать обоснованные решения, касающиеся охраны окружающей среды.

Когда обучающиеся участвуют в эколого-краеведческой работе, они учатся распознавать и понимать экологические проблемы на практике. Например, в ходе полевых исследований они могут наблюдать за состоянием экосистем, выявлять проблемы загрязнения или угнетения биоразнообразия, а также анализировать последствия таких действий. Это позволяет им не только усваивать теоретические знания, но и применять их в реальных условиях, что значительно углубляет их понимание экологии.

Кроме того, ученики учатся работать в группах, обсуждать и предлагать решения реальных экологических проблем, что развивает их навыки

коммуникации и сотрудничества. Этот процесс совместного обучения и исследования создает условия для более глубокого осознания значимости охраны природы и социальной ответственности, что, в свою очередь, способствует повышению общего уровня экологической грамотности и культуры, развивает у молодежи чувство ответственности за сохранение природного наследия, формируя активных граждан, способных к принятию решений в области экологии.

Материалы и методы исследований. С 2019 года в Уральском государственном аграрном университете реализуется инновационный проект «Агрошкола», цель которого – развитие оптимальной системы профессионального образования обучающихся в рамках агропромышленного комплекса посредством реализации концепции непрерывного агробизнес образования по модели «Школа – (СПО) – Университет – Предприятие» на базе общеобразовательных учреждений Свердловской области и города Екатеринбурга. Кроме формирования у участников проекта личностных потребностей в трудовой деятельности и социальной активности посредством приобщения их к научно-исследовательской, проектной и общественной деятельности, в задачи проекта входит также формирование экологической культуры у обучающихся.

Данный проект был разработан сотрудниками центра профессионального развития молодежи ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» и заключается в следующем: профессорско-преподавательским составом и студентами волонтерского объединения «Приоритет Агро» проводятся занятия со школьниками по 5 дополнительным образовательным программам: «Введение в агробизнес», «Биоинженерия», «Сити-фермерство», «Ветеринария» и «Инженерные технологии». Итогом обучения по данным программам является создание обучающимися индивидуальных или групповых научно-исследовательских проектов по соответствующему направлению. Данные работы затем представляются на ежегодной Всероссийской научно-практической конференции для школьников «На пути к познанию», которая включена в перечень олимпиад и иных интеллектуальных и (или) творческих конкурсов, мероприятий, направленных на развитие интеллектуальных и творческих способностей, способностей к занятиям физической культурой и спортом, интереса к научной (научно-исследовательской), инженерно-технической, изобретательской, творческой, физкультурно-спортивной деятельности, а также на пропаганду научных знаний, творческих и спортивных достижений, утвержденный приказом Министерства просвещения Российской Федерации.

Результаты и их обсуждение. Нами был проведен анализ более 500 работ, поступивших для участия в секциях «Экология. Биология»

(2018–2021) и «Экология. Биотехнология» (2022–2024) в период с 2019 по 2024 годы. Результаты исследования показали, что интерес к изучению экологии в последние годы значительно возрос (на 41%), особенно в контексте эколого-краеведческой деятельности (прирост составил 27%). Наблюдается тенденция к изучению конкретных экологических проблем, актуальных для конкретных регионов. Например, наблюдается рост интереса к изучению влияния антропогенной нагрузки на местные экосистемы, разработке стратегий по сохранению редких видов растений и животных, а также поиску способов оптимизации природопользования. Количество работ, посвященных биотехнологическим решениям экологических проблем, также увеличивается, особенно в области биоремедиации и создания экологически чистых технологий.

Также 78% опрошенных участников проекта отметили, что участие в эколого-краеведческой деятельности повысило их интерес к экологической тематике, а 65% школьников выразили желание углубить свои знания о местной флоре и фауне. Многие из респондентов отметили, что занятия помогли им лучше понять, как важно сохранять природу и заботиться о окружающей среде. Кроме того, 90% участников рассказали, что стали более внимательными к вопросам раздельного сбора отходов и энергосбережения в повседневной жизни.

В результате проведенного исследования мы выяснили, что интерес к экологической тематике растет, обучающиеся активно занимаются поиском новых подходов к решению экологических проблем на местном уровне. Применение эколого-краеведческой деятельности в образовательных программах проекта «Агрошкола» способствует более глубокому пониманию экологических проблем конкретных территорий и позволяет разрабатывать эффективные решения, учитывающие особенности местной экосистемы. Биотехнологические решения становятся все более актуальными в сфере охраны окружающей среды и могут предложить перспективные и инновационные решения для защиты нашей планеты, особенно в контексте решения локальных экологических проблем.

Заключение. Таким образом, эколого-краеведческая деятельность не только способствует развитию практических навыков и критического мышления у обучающихся, но и повышает уровень их экологической культуры. Данные исследования 2024 года подтверждают, что активное участие обучающихся в экологических проектах позитивно влияет на их вовлеченность в образовательные инициативы по охране окружающей среды, что говорит о важности интеграции таких проектов в образовательный процесс для формирования ответственного отношения к природе и устойчивого развития.

В заключение, проведенное исследование подчеркивает важность эколого-краеведческой деятельности в формировании экологической культуры у обучающихся. Однако для более глубокого понимания ее эффективности требуется проведение дополнительных исследований, направленных на оценку долгосрочного влияния подобных мероприятий на поведение школьников в области экологии. Кроме того, необходимо изучение различных моделей эколого-краеведческой работы, адаптированных к специфике регионов и их экологическим потребностям. Данные исследования помогут разработать более эффективные подходы и стратегии, способствующие устойчивому развитию образовательных программ в области экологии, что, в свою очередь, окажет положительное влияние на дальнейшее формирование сознательного отношения к окружающей среде среди молодого поколения.

Библиографические ссылки

1. *Самарина И. А.* Формирование экологической культуры школьников средствами туристско-краеведческой деятельности: Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 : Москва, 2004. 164 с.
2. *Боголюбов А. С.* Геоморфологические исследования: организация и проведение // Биология в школе. 1999. № 4. С. 44-49.
3. *Богоявленский Г. Л., Смирнова Н. Д., Юньев И. С.* Идут любознательные. М. Молодая гвардия, 1965. 160 с.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ПЛОЩАДИ ПРИРОДООХРАННЫХ ЛЕСОВ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «ГРОДНЕНСКАЯ ПУЩА» НА ОСНОВЕ РАЗНОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ LANDSAT

Н. А. Шестаков

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
shastakou23@gmail.com*

Приводятся результаты картографирования динамики площади природоохран-ных лесов ландшафтного заказника «Гродненская пуца» по разновременным мультиспектральным космическим снимкам Landsat за 40-летний период (1984–2024 годы). Дана краткая характеристика территории исследования. Выполнен анализ изменений на основе геоинформационной обработки данных ДЗЗ в программном обеспечении ENVI и ArcGIS. Составлена карта динамики площади лесов заказника в среде ArcGIS и Adobe Illustrator.

Ключевые слова: картографирование динамики; данные ДЗЗ; дешифрирование; ГИС; лесная растительность; природоохранные леса; ООПТ.

Введение. Республиканский ландшафтный заказник «Гродненская пуца» объявлен 27 декабря 2007 года Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1 833 «О республиканских заказниках» в целях сохранения в естественном состоянии ценных природных ландшафтов, лесных и луговых экологических систем, дикорастущих растений и диких животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, а также мест их произрастания и обитания. Заказник расположен в западной части Беларуси на территории Гродненского района Гродненской области. В физико-географическом отношении «Гродненская пуца» располагается в пределах Средненеманской низменности округа Понеманье Западно-Белорусской провинции. После преобразования заказника в 2016 году площадь природоохранной территории составляет 20 487,52 га (204,88 км²) [1, 2].

Заказник имеет международный статус ключевой ботанической территории и является эталонной территорией для равнинных ландшафтов Европы: в границах ООПТ выявлено 57 типов леса, 12 лесных формаций. Ландшафтные заказники «Гродненская пуца», «Озеры» и «Котра» формируют экологическое ядро «Гродненская пуца» (Е4) Национальной экологической сети Беларуси [3].

Территория заказника является частью крупного лесного массива на границе Беларуси, Литвы и Польши. Лесные фитоценозы занимают порядка 2/3 площади заказника. В структуре лесного покрова доминируют сухие сосновые леса, среди которых встречаются участки березы, ели, реже осины и широколиственных лесов. Особую ценность представляют липовые, дубовые, ясеневые леса, а также коренные ельники высокого возраста на склонах вдоль рек Черная Ганча, Мариша, Шлямица. Среди ценных растительных сообществ заказника выделяются также старовозрастные березняки, переувлажненные черные ольшаники в поймах рек, дубравы на пойменных лугах. Вдоль Августовского канала произрастают пойменные сообщества тополя черного [4].

В ходе своего естественно-исторического развития лесные экосистемы претерпевают трансформацию, проявляющуюся в сокращении/увеличении лесопокрытой площади, фрагментации лесных массивов, изменении структуры и породного состава лесов. Наличие изменений в экосистеме леса, обусловленных, как природными, так и антропогенными факторами, позволяет рассматривать лес в качестве объекта динамического картографирования. Применение разновременных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяет отслеживать многолетнюю динамику развития лесных сообществ и выявлять изменения в их пространственном размещении в границах ООПТ, что особенно актуально и необходимо при ведении лесного хозяйства, картографировании, мониторинге и оценке состояния природоохранных лесов, управлении лесными ресурсами и их возобновлении.

Материалы и методы исследований. В данной работе проводится анализ изменений площади лесов на территории ландшафтного заказника «Гродненская пуца» за 40-летний период (1984–2024 годы) на основе сравнения разновременных космических снимков Landsat.

Цель исследования состоит в анализе и картографировании динамики площади природоохранных лесов на территории ландшафтного заказника «Гродненская пуца». Объектом исследования выступают природоохранные леса заказника. Предмет исследования – изменения площади лесов заказника.

Основой для картографирования лесов в работе являются данные ДЗЗ – разновременные мультиспектральные спутниковые снимки Landsat, полученные из архива Геологической службы США (United States Geological Survey) на территорию исследования. Космические снимки Landsat, регистрируемые в оптическом диапазоне спектра ($\lambda = 0,1–1\ 000$ мкм), получили широкое практическое применение при исследованиях наземных покровов, в т. ч. растительных, и характеризуются относительно высоким спектральным (6–7 спектральных зон съемки в видимом, ближнем и среднем инфракрасном диапазонах) и пространственным разрешением (30 м/пиксель).

При подборе космических снимков на территорию исследования учитывались особенности вегетационного периода растений (подбирались поздневесенние–летние снимки, когда листва (хвоя) активно вегетирует и ее спектральная отражательная способность достигает максимальных значений), а также наличие облаков и дымки (выбирались безоблачные или малооблачные снимки).

В результате обзора фонда космических снимков Landsat, доступ к которым осуществляется через Интернет-портал USGS EarthExplorer [5], были получены мультиспектральные снимки за 2 даты исследования – 21.05.2024 г. и 27.05.2024 г. (таблица, рис.1).

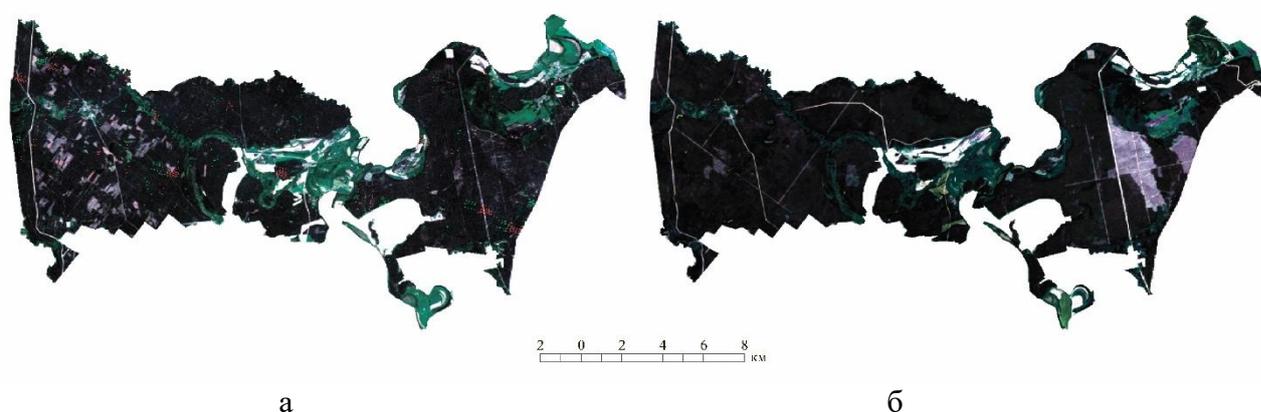


Рис. 1. Изображение территории заказника «Гродненская пуца» на данных ДЗЗ Landsat:
a – снимок Landsat-5 за 21.05.1984 г.; *б* – снимок Landsat-9 за 27.05.2024 г.

Характеристика используемых в исследовании данных ДЗЗ Landsat [5]

Название снимка в архиве USGS	Космический аппарат (Сенсор)	Параметры съемки		
		Дата	Время	Облачность, %
LT05_L2SP_186023_19840521_20200918_02_T1	Landsat-5 (TM)	21.05.1984	08:47:04	10,00
LC09_L2SP_186023_20240527_20240528_02_T1	Landsat-9 (OLI-2)	27.05.2024	09:18:40	0,04

В основу исследования положены методы комплексной цифровой обработки данных ДЗЗ и получения на их основе тематического содержания проектируемой карты динамики. Методика исследования включает следующие этапы:

1. Предварительная подготовка данных ДЗЗ (геометрическая коррекция, атмосферная коррекция, радиометрическая калибровка).
2. Тематическая обработка данных ДЗЗ:
 - выделение областей интереса ROI (Regions of Interest) для 4-х классов поверхности (1 – лесной покров; 2 – травяной покров; 3 – почвенный покров; 4 – водные поверхности) в пределах территории заказника по 2-м снимкам;

– автоматизированное дешифрирование лесопокрытых территорий методом классификации с обучением (по каждому снимку за 2 даты исследования);

– постклассификационная обработка (объединение 4 тематических классов в 2 класса: 1 – лес; 2 – территория без леса; генерализация изображения);

– автоматизированное обнаружение изменений на основе сравнения результатов контролируемой классификации (по снимкам за 1984 и 2024 годы).

3. Картографическое оформление результатов тематической обработки данных ДЗЗ.

Предварительная и тематическая обработка космических снимков Landsat выполнялась в программном комплексе ENVI (версия 5.6) [6], специализирующемся на цифровой обработке данных ДЗЗ. Картографическое оформление результатов автоматизированного дешифрирования и обнаружения изменений осуществлялось в ГИС ArcGIS (ArcMap 10.7) и программе векторной графики Adobe Illustrator 2019.

Результаты и их обсуждение. На основе сравнения результатов классификации изображения разновременных космических снимков Landsat в программном комплексе ENVI выполнено автоматизированное обнаружение изменений площади природоохранных лесов территории заказника «Гродненская пуца» за 40-летний период с использованием инструментов «Change Detection». Картографически оформленные результаты обнаружения изменений представлены на рисунке 2.

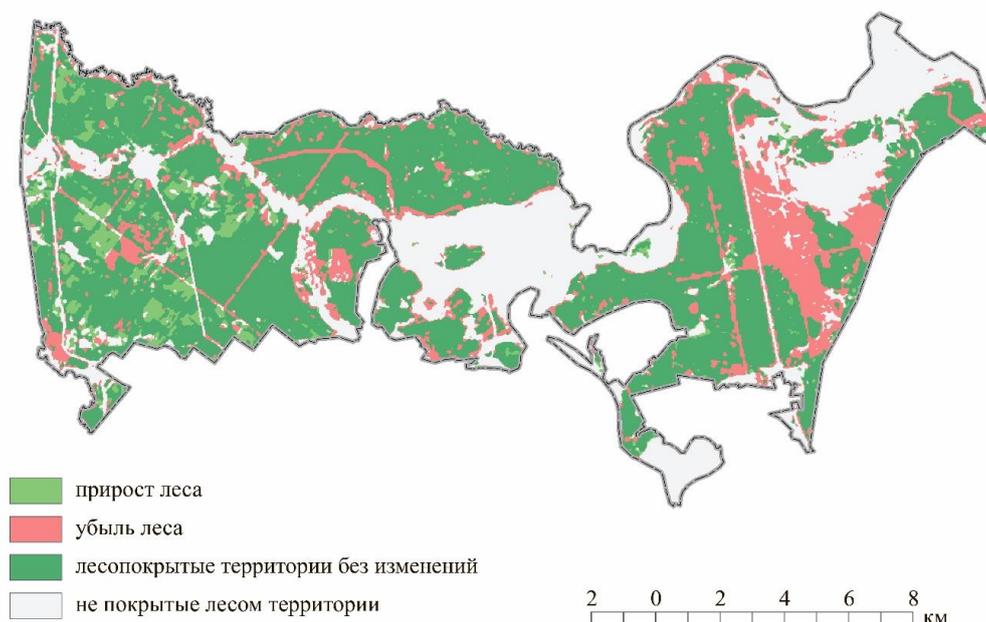


Рис. 2. Изменения в площади природоохранных лесов заказника «Гродненская пуца» за 40 лет (с 1984 по 2024 год) по данным ДЗЗ Landsat

Автоматизированное дешифрирование лесов выполнялось в программном комплексе ENVI с использованием алгоритма контролируемой классификации «Maximum Likelihood Classification». По результатам автоматизированного дешифрирования и обнаружения изменений за 40-летний период установлено:

1. Лесистость территории заказника «Гродненская пуца» в его современных границах (204,88 км²) согласно результатам автоматизированного дешифрирования по данным ДЗЗ Landsat составила порядка 65,92 % (135,06 км²) в 1984 году и 64,58 % (132,31 км²) в 2024 году при общей точности классификации 89,9 %. Основные неточности и ошибки классификации снимков связаны с пространственным разрешением изображения (в 1 пикселе – 30 м), а также сходством спектральных характеристик лесной и древесно-кустарниковой растительности (необходим контроль классификации с привлечением структурных и геометрических дешифровочных признаков).

2. За 40-летний период общая площадь лесов сократилась менее, чем на 5 %. Общий прирост леса составил 7,32 % (14,99 км²) от площади территории заказника, общая убыль – 8,66 % (17,74 км²).

3. Наблюдаются изменения в территориальном распределении лесов на территории заказника в течение 40 лет. В 1984 году площадь лесов в западной части заказника была меньше современной на 8–10 %, что связано с наличием большого числа рубок (как правило, сплошных). За 40 лет на месте рубок произошло восстановление лесного покрова, соответственно, площадь лесов в данной части заказника увеличилась. В восточной части фиксируется сокращение площади лесов в 2024 году на 7–8 % (сведен значительный участок леса). Также выявлено сокращение площади лесов в западной и центральной части заказника, обусловленное появлением новых рубок, просек и дорог.

В результате общее сокращение лесопокрытой площади территории заказника в значительной степени компенсируется общим приростом.

Заключение. Использование разновременных мультиспектральных космических снимков Landsat дает возможность исследовать и картографировать динамику природных объектов и явлений за продолжительный период времени (что продемонстрировано в работе на примере природоохранных лесов ландшафтного заказника «Гродненская пуца»). При этом наличие в открытом доступе архивных снимков позволяет охватывать не только большие временные промежутки (десятилетия), но и малые (месяц, сезон, год), что, в свою очередь, способствует повышению детальности и информативности результатов исследований, а также увеличению временного масштаба создаваемых на основе тематической обработки данных ДЗЗ карт динамики.

Библиографические ссылки

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь «О республиканских заказниках» от 27 декабря 2012 г. г. № 1 833 (с изм. и доп. по сост. на 17.11.2016 г.). Минск : НРПА РБ, 2016. 4 с.

2. Заказник Гродненская пуца [Электронный ресурс]. URL: https://www.minpriroda.gov.by/ru/svg_map-ru/getElement/116 (дата обращения: 10.09.2024).

3. Республиканский ландшафтный заказник «Гродненская пуца» [Электронный ресурс]. URL: https://grodnorik.gov.by/ru/oort_pushcha-ru (дата обращения: 10.09.2024).

4. Национальная экологическая сеть Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://minpriroda.gov.by/ru/national-ecological-network-ru/> (дата обращения: 10.09.2024).

5. Earth Explorer USGS [Электронный ресурс]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 10.09.2024).

6. ENVI 5.1. Руководство пользователя. Москва : Компания «Совзонд», 2014. 242 с.

РАЗДЕЛ V
ДИАЛОГОВАЯ ПЛОЩАДКА МОЛОДЕЖНОЙ СЕКЦИИ:
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЛАНДШАФТНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 502.51

ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД В ДОННЫХ ОСАДКАХ
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА СИБАЙ И
БАЙМАКСКОГО РАЙОНА БАШКОРТОСТАНА

Д. А. Акулов

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия,
daniil_korund@mail.ru*

Приводится описание особенностей распределения органического углерода в донных осадках рек Карагайлы, Камышлы-Узяк и Худолаз и озер Талкас и Култубан, находящихся в городе Сибай и Баймакском районе Башкортостана по результатам исследований 2023 г. Показано, что в озере Култубан особенно высокое содержание органического углерода, связанное, по-видимому, с перевыпасом крупного рогатого скота. После впадения реки Карагайлы в реку Худолаз значительно увеличивается содержание органического углерода.

Ключевые слова: водные объекты; донные осадки; органический углерод; Баймакский район; Башкортостан.

Введение. Баймакский район и город Сибай находятся на юго-востоке Башкортостана. Интенсивный выпас крупного рогатого скота в Баймакском районе приводит к загрязнению водных объектов органикой. ан-типсельскохозяйственных, промышленных, бытовых нужд, поэтому важно следить за их экологическим состоянием. Значительное содержание органики может привести к эвтрофикации водоемов, их непригодности для хозяйственного использования. В литературе недостаточно подробно описан органический углерод в водных объектах Баймакского района и Сибая. Цель данной работы – изучить особенности содержания органического углерода в донных отложениях рек Карагайлы, Камышлы-Узяк и Худолаз, озер Култубан и Талкас. Содержание органического углерода в донных осадках реки Карагайлы в 2009 г. составляло 0,7 – 4,3 %,

в среднем 2,3 %, его большее количество отмечалось у мест аккумуляции почвенного органического вещества, вызванной эрозией в Калинин [1].

Материалы и методы исследований. Отбор проб донных отложений водных объектов проводился в соответствии с [3] в июле 2023 г. Всего отобрано 16 проб: 4 на Култубане (из них 3 в одной точке из разных слоев керна), 2 на Талкасе (в одной точке из разных слоев керна), 1 в Камышлы-Узьяк, 2 в Худолазе и 7 в Карагайлы. Все пробы донных осадков были помещены на сушение в сушильный шкаф при 40 °С, измельчались в фарфоровой ступке, при этом выбирались пинцетом крупные растительные остатки, и просеивались через сито с диаметром отверстий 1 мм, таким образом отделялись гравий и галька.

Органический углерод определялся по методу Тюрина в двукратной повторности. Вначале пробы наэлектризованной стеклянной палочкой освобождались от видимых органических остатков. По 2 навески каждой пробы чуть тяжелее 50 мг клались в колбы. К каждой из них добавлялось 10 мл хромовой смеси $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$, в горлышко колбы вставлялся холодильник, их кипятили на плитке в течение 5 минут. Параллельно проходило холостое определение с кварцевым песком. Если пробы зеленели, бралась навеска в 7-10 раз меньше. Органический углерод окислялся: $2K_2Cr_2O_7 + 8H_2SO_4 + 3C = 2K_2SO_4 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 3CO_2 + 8H_2O$. После остывания колб добавлялось 5 капель фенилантраниловой кислоты, проводилось титрование 0,2-нормальным раствором соли Мора, пока цвет не менялся с темно-бурого через синий до темно-зеленого. 1 мл 0,2-нормального раствора соли Мора пропорционален количеству хромовой смеси, окисляющей 0,0006 г углерода [2].

Содержание органического углерода вычислялось в % на сухие донные отложения по формуле:

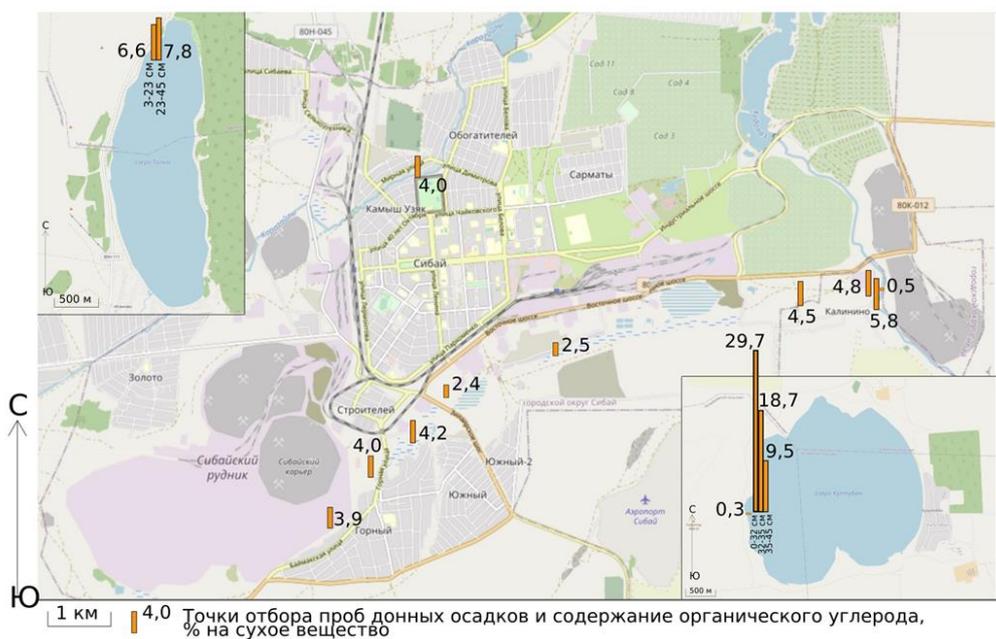
$$x = \frac{(a-b) \cdot 0,0006 \cdot k}{c} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где a – объем соли Мора при холостом определении, мл; b – объем соли Мора при титровании пробы, мл; $k = 0,9$ – поправка на нормальность раствора соли Мора; c – навеска донных отложений в граммах.

Результаты и их обсуждение. Результаты анализов органического углерода представлены в таблице и на рисунке.

Содержание органического углерода в донных отложениях

Привязка	Содержание органического углерода, % на сухое вещество
оз. Култубан у берега	0,3
оз. Култубан, 32-35 см	18,7
оз. Култубан, 35-45 см	9,5
р. Камышлы-Узяк	4,0
р. Карагайлы, п. Горный, в 700 м ниже впадения ручьев	3,9
р. Карагайлы у очистных сооружений	4,0
р. Карагайлы выше Черемуховой улицы	4,2
р. Карагайлы у Зилаирского шоссе	2,4
р. Карагайлы у начала хвостохранилища	2,5
р. Худолаз ниже впадения Карагайлы	5,8
р. Карагайлы перед устьем	4,8
р. Худолаз выше впадения Карагайлы	0,5
р. Карагайлы, дер. Калинино	4,5
оз. Талкас, 3-23 см	6,6
оз. Талкас, 23-45 см	7,8



Содержание органического углерода в донных отложениях

Как видно из рисунка, наибольшее содержание органического углерода (29,7 %) определено в Култубане в верхнем 32-сантиметровом слое, минимальное (0,3 %) в Култубане у берега и в Худолазе выше впадения Карагайлы (0,5 %).

В верховьях Карагайлы и Камышлы-Узяк содержание органического углерода составляет около 4 % на сухое вещество, после Зилаирского шоссе снижается до 2,5 %. Это снижение, возможно, связано с меньшим количеством растительности в реке на этом участке и, следовательно, меньшим попаданием органики в донные отложения. Концентрация органического углерода вновь возрастает в низовьях до 4,8 % перед устьем. Выше содержание органического углерода в Худолазе ниже устья Карагайлы: 5,8 %, что в 12 раз превышает концентрацию до впадения Карагайлы. Вероятно, река Карагайлы выносит в Худолаз значительное количество органики. Чуть большее содержание органического углерода (7-8 %) отмечается в Худолазе. В озере Култубан концентрация органического углерода наибольшая, что связано с его эвтрофным статусом, интенсивным выпасом крупного рогатого скота на водосборе и берегах озера. С глубиной содержание органического углерода в Култубане убывает втрое от почти 30 до 10 %. Возле берега Култубана из-за каменистости донных осадков, значительного содержания гальки и гравия содержание органического углерода минимально.

Заключение. Самое высокое содержание органического углерода наблюдается в Култубане, и продолжение перевыпаса возле Култубана может привести к усугублению ситуации, а река Карагайлы после своего впадения в Худолаз заметно повышает концентрацию органики в нем. Содержание органического углерода в донных отложениях Карагайлы за последний десяток лет слабо выросло, что может быть вызвано дноочистными работами в среднем и нижнем течении реки Карагайлы, проводившимися в 2015-16 годах.

Библиографические ссылки

1. *Опекунов А. Ю., Леонтьева Л. В., Куприна М. С.* Геохимические особенности современного осадкообразования в районе разработки Сибайского медноколчеданного месторождения (Южный Урал) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2010. №. 2. С. 84-98.

2. *Опекунова М. Г., Арестова И. Ю., Елсукова Е. Ю.* Методы физико-химического анализа почв и растений: Методические указания. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2002. 70 с.

3. ПНД Ф 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03 Методические рекомендации отбор проб почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, шламов промышленных сточных вод, отходов производства и потребления.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА г. МИНСКА

М. А. Алиева, У. А. Рондак

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
m.alieva5030@gmail.com, rondakulyana@gmail.com*

В работе представлены результаты комплексной оценки состояния атмосферного воздуха г. Минска. Оценка производилась по 10 показателям: температура поверхности, оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, диоксид серы, аммиак, твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль), твердые частицы (0,3 – 1 мкм), твердые частицы (1 – 2,5 мкм), твердые частицы (2,5 – 10 мкм). По полученным данным из 7 дискретных пунктов наблюдений были составлены карты состояния атмосферного воздуха. Согласно анализу составленных карт, загрязнение выше среднегодовых предельно допустимых концентраций наблюдается в некоторых частях города по диоксиду углерода и повсеместно, но формальдегиду.

Ключевые слова: состояние атмосферного воздуха; загрязнение атмосферы; загрязнители; предельно допустимая концентрация.

Введение. Как и любая урбанизированная территория, город Минск подвержен широкому спектру различных проблем, связанных как с природными, так и архитектурно-градостроительными компонентами. Причиной возникающих проблем в городе в первую очередь является высокая концентрация промышленных предприятий, автотранспорта, искусственных поверхностей и т. д. Подобные источники антропогенного воздействия влияют не только на экологическое состояние города, но впоследствии сказываются и на здоровье населения, а также их социальном благополучии.

Наибольшее влияние на экологическое состояние города оказывают химические вещества, которые чаще всего попадают в атмосферный воздух и почвенный покров в результате выбросов мобильных и стационарных источников. Источниками первичного поступления загрязняющих веществ в атмосферу являются выбросы промышленных предприятий и автомобильный транспорт. В общей сложности, в границах города расположено более 215 крупных промышленных предприятий, при этом эмиссия различных загрязнителей осуществляется более 1300 предприятиями [1], на которые приходится 11,8 % всех выбросов [2]. Наибольшее количество производственных территорий сосредоточено в восточной, юго-восточной, юго-западной и западной частях г. Минска. Наибольший вклад в загрязнение воздушной среды вносят предприятия энергетики, машиностроения, металлообработки, электротехники и производства строительных материалов. Среди предприятий

выделяются РУП «Минский тракторный завод», филиалы РУП «Минск-энерго» – «ТЭЦ-3», «ТЭЦ-4» и «Минские тепловые сети», КУПП «Минскводоканал», РУП «Минский автомобильный завод», ОАО «Минский завод строительных материалов», ОАО «Керамин», ЗАО «Атлант», УП «Минск-коммунальхоз», УП «Минский моторный завод».

Под воздействием такого широкого спектра разнообразных поллютантов формируется достаточно сложная картина загрязнения атмосферы. Степень загрязнения атмосферного воздуха определяется по кратности превышения величины предельно допустимых концентраций (ПДК), утвержденных Министерством здравоохранения [3]. Под ПДК понимается максимальное содержание загрязняющего вещества в компонентах окружающей среды (в т. ч. в атмосферном воздухе), при постоянном контакте с которым в течение длительного времени не возникает негативных последствий в организме человека или другого рецептора.

Помимо химического загрязнения на территорию г. Минска влияет и ряд физических загрязнителей, особенно температура. Вследствие обилия в городе большого количества искусственных поверхностей и малого количества природных пространств (особенно зеленых насаждений и крупных водных объектов) здесь формируется городской остров тепла. Подобная ситуация также вступает во взаимодействие с химическими поллютантами и усугубляет сложившуюся экологическую обстановку.

Материалы и методы исследований. Температура земной поверхности урбандолиндов г. Минска была оценена по термальному спектральному каналу сенсора (TIRS) спутника Landsat 8 [4]. Для этого использовался фреймворк Google Earth Engine (GEE), где по экстенду Минска были выбраны июльские снимки за последние 5 лет. Из снимков был получен композит, для которого был посчитан индекс NDVI, выделены минимальное и максимальное значения индекса. Подсчет индекса был необходим как промежуточная операция для получения величин: доля растительности (f_v) и излучательная способность земли (em). Эмпирическая формула расчета температуры поверхности (Land Surface Temperature):

$$LST = \left(\frac{T}{\left(1 + \left(0,00115 * \left(\frac{TB}{1,438}\right)\right) * \log(em)\right)} \right) - 273,15, \quad (1)$$

где TB [Thermal Band] – тепловой канал; em [Emissivity] – излучательная способность. Итоговая карта температуры поверхности г. Минска была скомпонована в QGIS.

Карты загрязнения атмосферного воздуха составлены по данным мониторинга ГУ «Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет), полученные с 12 пунктов наблюдений за период 2019-2023 гг. и по данным датчиков погоды и пыли AirMQ. Мониторинг атмосферного воздуха проводится службой экологической информации Белгидромет в г. Минске на 12 пунктах наблюдений, 5 из которых являются автоматическими, 7 – дискретными. Представленные ниже карты были составлены на основе дискретных пунктов наблюдений. Технология проведения мониторинга на пунктах наблюдений с дискретным режимом отбора проб включает: отбор проб воздуха техником-химиком, доставку их в лабораторию и последующий химический анализ. Периодичность наблюдений за концентрациями загрязняющих веществ на таких пунктах варьируется от 2 до 4 раз в сутки (кроме воскресных и праздничных дней) [5].

Дискретные пункты наблюдений были оцифрованы, с ними были соотношены среднегодовые значения показателей загрязнения. Чтобы получить значения для всего города использовалась интерполяция методом обратновзвешенных расстояний. Карты аналогично были скомпонованы в QGIS.

Результаты и их обсуждение. Пространства с наибольшей температурой (более 44 °С) расположены на юго-востоке и мозаично в местах наиболее плотной застройки и в границах промышленных предприятий. Наиболее низкие температуры приурочены к восточной части города, территории Лошицкого парка, вдхр. Дрозды, вдхр. Чижовское и зеленым насаждениям (рис. 1).

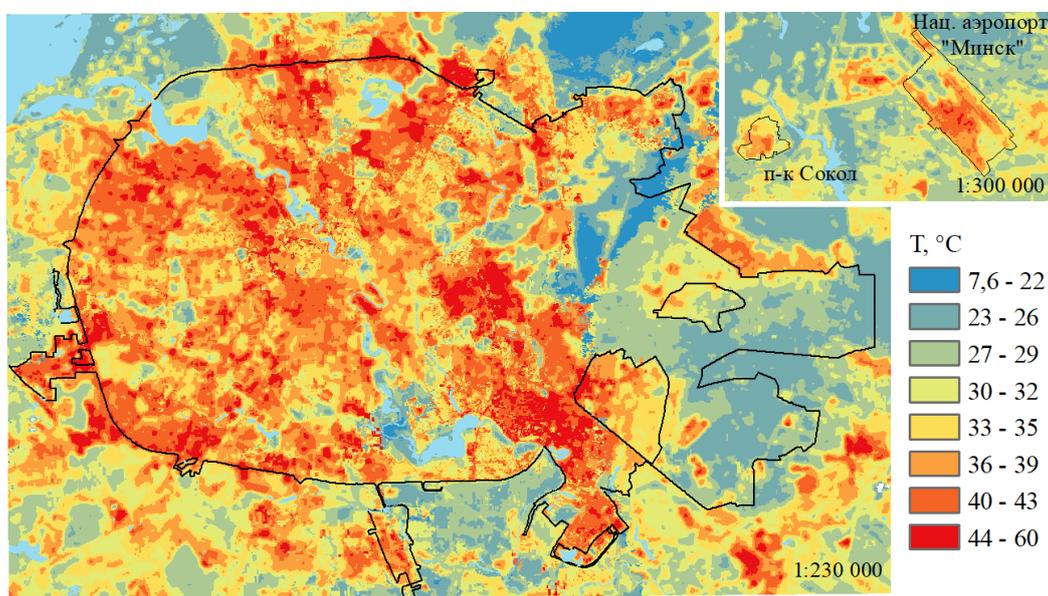


Рис. 1. Температура поверхности г. Минска за период съемки 2019-2023 гг.

Согласно полученным картам по загрязнению атмосферного воздуха различными поллютантами, на большей части территории г. Минска концентрация оксида азота (NO_2) в среднем находится в пределах среднегодовой нормы ПДК, поднимаясь выше предела в северной и юго-западной частях г. Минска. Распределение концентрации диоксида азота (NO_2) за пятилетний период не превышает порога среднегодовой нормы ПДК повсеместно по г. Минску (рис. 2). Однако при этом наибольшие концентрации наблюдаются в центральной (плавно переходя в юго-западную) и северной частях города.

Среди неметановых летучих органических соединений (НМЛОС) в ш. Минске ведется мониторинг загрязнения только по формальдегиду. На большей части территории города в среднем за пять лет наблюдений показатель концентрации формальдегида превышал среднегодовой ПДК, достигая максимальных значений в западной части города. Мониторинг диоксида серы (SO_2) проводится с 2020 года, представленная карта распространения вещества составлена по средним показателям за прошедший четырехлетний период наблюдений дискретным методом. Концентрация вещества не превышает среднегодовой показатель ПДК. Вещество распространено неравномерно – минимальные значения наблюдаются в центральной части города; концентрация растет к западной, северной и юго-восточной перифериям города, где достигают максимальные средние значения (рис. 3).

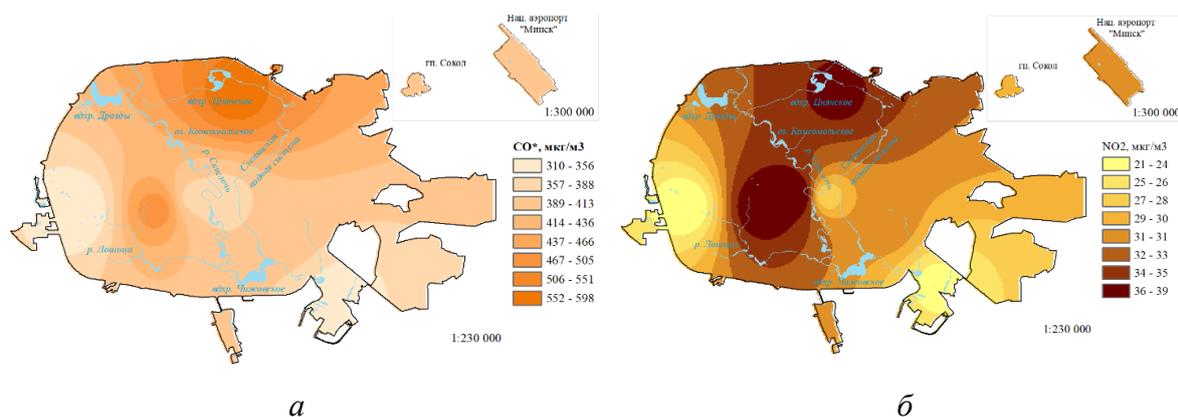


Рис. 2. Распространение в г. Минск за период 2019-2023 гг.:
 а – оксида углерода (CO_2) (ПДК_{с.г.} = 500 $\text{мкг}/\text{м}^3$);
 б – диоксида азота (NO_2) (ПДК_{с.г.} = 40 $\text{мкг}/\text{м}^3$)

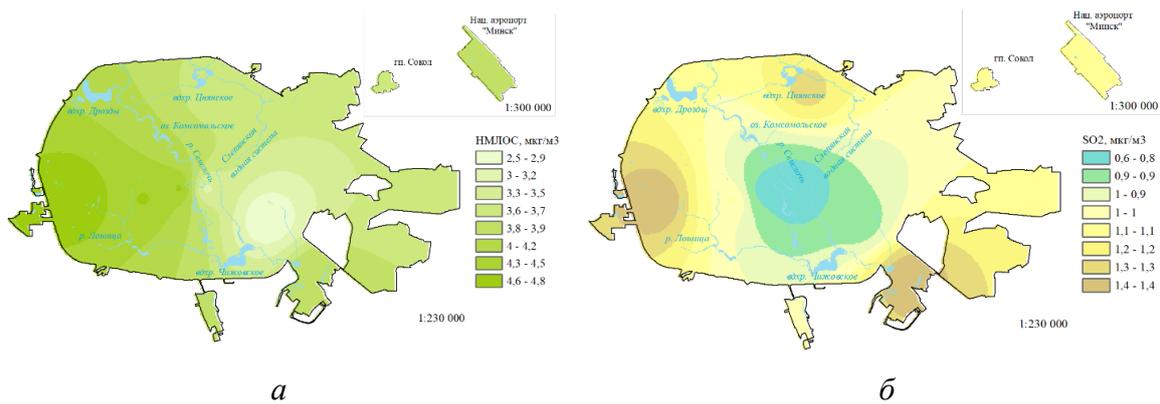


Рис. 3. Распространение в г. Минск:
а – HMLOC за период 2019-2023 гг. (ПДК_{с.г.} = 3 мкг/м³);
б – диоксида серы (SO₂) за период 2020-2023 гг. (ПДК_{с.г.} = 50 мкг/м³)

Распространение аммиака (NH₃) по городу противоположно распространению диоксида серы: максимальные средние значения за пятилетний период наблюдений приурочены к центральной части города, уменьшаясь к периферии (рис. 4). Оценить распределение концентрации по городу относительно среднегодовой ПДК не представляется возможным, т. к. пороговое значение не установлено.

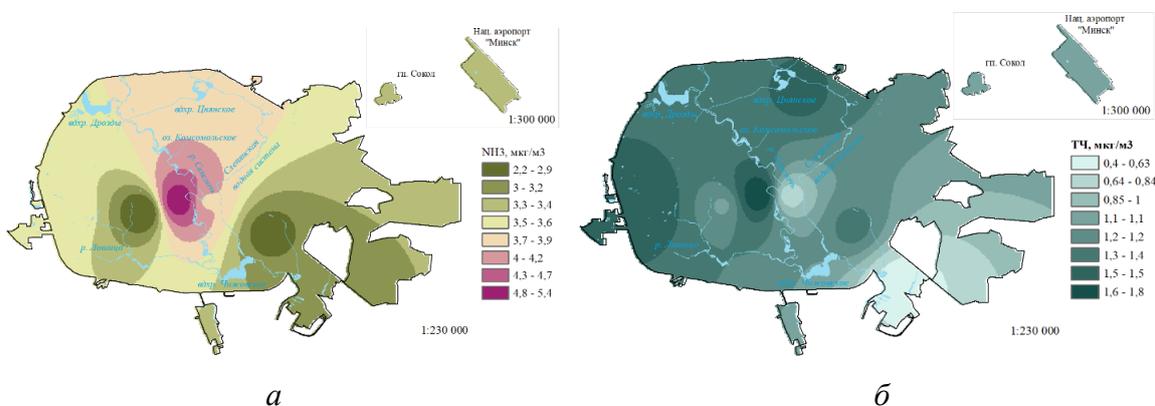


Рис. 4. Распространение в г. Минск за период 2019-2023 гг.:
а – аммиака (NH₃); *б* – твердых частиц
(недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) (ПДК_{с.г.} = 100 мкг/м³)

Помимо данных Белгидромета о распространении недифференцированных по составу твердых частиц (пыли/аэрозолей), собранных дискретным методом, показатель также отслеживался с помощью датчиков погоды и пыли AirMQ [6], предназначенных для мониторинга состояния атмосферного воздуха.

По картам, полученным по двум разным источникам данных, можно проследить, что наибольшее загрязнение твердой фракцией имеет атмосферный воздух в северо-западной части Минска. Концентрация твердых частиц в среднем за год не превышает установленный ПДК.

Заключение. Согласно полученным картам, дифференциация изучаемых поллютантов по территории г. Минска достаточно разнообразна. Такое пространственное распределение продиктовано в первую очередь скоплением промышленных производств, наличием крупных автомобильных дорог, отсутствием коридоров проветривания и малого количества зеленых насаждений, способных очищать атмосферный воздух.

Наибольшее загрязнение, по отношению к ПДК, характерно в первую очередь для формальдегида, нормативы которого повсеместно превышены в границах города, а также превышение по оксиду углерода в северных районах г. Минска.

Библиографические ссылки

1. Глазачева Г. И., Курлович Т. А., Залыгина И. А. Состояние атмосферного воздуха г. Минска и прилегающего района // *Новости науки и технологий*. 2011. № 1. С.3–10.

2. Государственный кадастр атмосферного воздуха. Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь РУП «Бел НИЦ «Экология»», 2018. 63 с.

3. Инструкция «Об утверждении гигиенических нормативов» (пост. Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 № 37). URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037> (дата обращения: 30.05.2024).

4. Analyzing Land Surface Temperature (LST) with Landsat 8 Data in Google Earth Engine URL: <https://medium.com/@ridhomuh002/analyzing-land-surface-temperature-lst-with-landsat-8-data-in-google-earth-engine-f4dd7ca28e70> (дата обращения: 30.05.2024).

5. Мониторинг атмосферного воздуха в Беларуси. г. Минск. URL: <https://rad.org.by/articles/vozduh/> (дата обращения: 30.05.2024).

6. Датчики погоды и пыли AirMQ. URL: <https://airmq.by/device/> (дата обращения: 30.05.2024).

РОЛЬ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ВИДОВ ЗЕМЕЛЬ ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Е. М. Афанасьева

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, al659502@gmail.com

Изучена роль картографирования и анализа структуры видов земель водосборных территорий для экологического мониторинга. На основе анализа литературных источников выявлено, что изучение видов земель на водосборных территориях имеет реальную практическую ценность для сохранения биологического разнообразия, адаптации к изменению климата и устойчивого использования водных ресурсов.

Ключевые слова: картографирование, виды земель; экологический мониторинг; водосборные территории; классификации видов земель; землепользование.

Введение. Эффективный экологический мониторинг и контроль напрямую зависят от качества и полноты информации о состоянии природных систем. В этом контексте важную роль играет детальное картографирование видов земель водосборных территорий, отражающее гидрологические особенности ландшафта. Данная информация служит ключевой информационной базой для экологического надзора и управления водными ресурсами.

Водосборы представляют собой естественные гидрологические единицы, в пределах которых происходит аккумуляция, трансформация и перераспределение воды с территории, ограниченной водоразделами. Картографирование этих природных систем позволяет выявить закономерности гидрологических процессов, а также установить связи между антропогенной нагрузкой на водные объекты и состоянием окружающей среды в целом. Такая информация имеет ценность для разработки эффективных стратегий рационального использования водных ресурсов.

В данной статье рассматриваются аспекты картографирования водосборных территорий и раскрывается его значение для совершенствования экологического мониторинга.

Материалы и методы исследований. Для визуализации использования земель водосборов проводится их картографирование согласно принятой в стране системе оценки земель. При этом в разных странах для выделения видов земель используются свои классификации и реестры земельного покрова.

Успешные глобальные и региональные проекты в области классификации земельных ресурсов, составления и обновления карт глобального и

регионального охвата, характеризующих структуру земель, включают программы Corine Land Cover [5], Copernicus Land Cover Classification [6], GLOBELAND 30 [7].

Одной из наиболее широко используемых систем классификации земель является CORINE. CORINE (Coordinated Information on the Environment) – европейская система классификации, разработанная Европейским агентством по окружающей среде. Она предназначена для унификации и стандартизации данных о земле в странах Европейского союза.

Ключевая особенность CORINE заключается в использовании многоуровневой классификации: первый уровень включает общие категории, а последующие уровни предоставляют более детальную информацию о типах земель. Это позволяет создавать как общую обзорную картину, так и более подробные карты для изучения конкретных территорий.

В то же время некоторые страны, например, США, разрабатывают собственные национальные системы классификации земель, адаптированные к местным условиям и потребностям. Так, в США используется система классификации, разработанная Геологической службой США (USGS). В Беларуси же используется разделение на категории и виды земель согласно Кодексу Республики Беларусь о земле. В соответствии со ст.7 Кодекса РБ о земле все земли подразделяются на 14 видов, выделяемых по природно-историческим признакам, состоянию и характеру использования.

Каждая система классификации видов земель имеет свои особенности и цели. Они могут различаться в зависимости от географического положения, климатических и экологических условий и потребностей каждой страны. Однако все они направлены на обеспечение систематизированной информации о видах земель для планирования использования земли, оценки рисков, охраны окружающей среды и устойчивого управления ресурсами.

У разных классификаций видов земель есть свои преимущества и недостатки. Например, главное преимущество системы CORINE заключается в возможности разделения классификации на несколько уровней, что позволяет использовать различные уровни детализации в зависимости от целей и требований исследования. Это обеспечивает гибкость и универсальность в применении системы относительно различных участков местности. Говоря о минусах данной классификации, стоит упомянуть ограничения в использовании для некоторых регионов, так как классификация создавалась для стран ЕС и не может полностью удовлетворять требованиям других стран и регионов.

Что касается разделения земель на виды и категории согласно Кодексу о земле Республики Беларусь, то в ней отсутствует такая гибкость, как в системе CORINE, имеет место ограниченность в интерпретации различных видов земель. Для территории Беларуси данная классификация

является оптимальной, так как создавалась именно для нашей страны. В Республике Беларусь данная система эффективно помогает управлять ресурсами, планировать устойчивое использование территории и распределять земельные ресурсы между различными секторами экономики.

Анализ литературных источников показал, что в настоящее время основные направления исследований по изучению структуры и динамики видов земель водосборных территорий касаются выявления и понимания изменений, происходящих с видами земель на водосборных территориях из-за изменения природных условий и антропогенного вмешательства в природную среду.

Научные исследования и публикации, посвященные роли картографирования водосборных территорий в экологическом мониторинге, представляют собой обширный пласт современной научной литературы. Рассмотрим наиболее значимые работы в данной области.

Так, публикация Mark S. Wigmosta, Stephen J. Burges [4] широко раскрывает данную тему. Мотивацией исследования явилась разработка политики землепользования, которая сводит к минимуму неблагоприятное воздействие и сохраняет биоразнообразие и устойчивость экосистемы под воздействием человека. Сделан вывод, что, изучая водосборы определенного региона (преимущественно на северо-западе Тихоокеанского региона Америки), а также влияние лесозаготовок и строительства дорог на речной сток и возникновение оползней, ученые могут сформировать принципы устойчивого управления окружающей средой со схожими гидроклиматическими и геоморфологическими условиями во всем мире.

Существует ряд зарубежных исследований, касающихся конкретных водных объектов, мониторинга динамики земель на их водосборах и влияния данных изменений на сами водные объекты. Один из примеров – публикация Costa R., Goncalves C., Fushita A., Santos J. [3]. Авторами данной работы проведен сравнительный анализ динамики антропогенного вмешательства в земли водосборной территории реки Жакаре-Гуасу (Бразилия) на основе изменений землепользования за 10 лет (2004-2014 гг.). Эта информация имеет практическое значение с точки зрения улучшения экологического планирования и управления. Данные за 10 лет были получены на основе индекса урбанизации, который оценивает, насколько в природных ландшафтах доминируют измененные системы.

Наряду с этим, анализ отечественных научных трудов показал, что на данный момент в белорусской науке недостаточно внимания уделяется вопросам, связанным с анализом и картографированием видов земель водосборных территорий. Из имеющихся публикаций, раскрывающих влияние изменений в использовании земель водосборов на водные объекты, представляют интерес работы [1] и [2].

В исследованиях О.В. Токарчук, С.М. Токарчук [1] на основе анализа открытых данных дистанционного зондирования Земли и пяти временных срезов доступной топографической информации, литературных источников, справочных изданий были выявлены направленность и интенсивность изменения гидрографической сети и поверхностных водосборов озер в пределах современной территории НП «Нарочанский» и его внешней охранной зоны.

Достойной внимания также является совместная публикация БГУ и Силезского университета в Катовице (Институт наук о Земле), авторами которой являются Б.П. Власов, П. Щипек [2]. В публикации рассмотрены необратимые изменения гидрологических особенностей Ореховского озера, произошедшие из-за интенсивной гидромелиорации водосбора озера в течение последних 100 лет, ставшие причиной ухудшения качества воды, снижения насыщения кислородом, повышения минерализации воды и концентрации биогенов, снижения прозрачности воды.

Результаты и их обсуждение. Анализ имеющихся литературных источников показывает и подтверждает важность картографирования и анализа видов земель водосборных территорий при экологическом мониторинге.

Детальное картографирование водосборных территорий обеспечивает ценную информацию, необходимую для комплексной оценки состояния окружающей среды. Знание точных границ водоразделов, особенностей гидрографической сети, морфометрических характеристик водосборов позволяет:

1. Выявлять источники и пути миграции загрязняющих веществ в водные объекты. Картографические данные дают возможность проследить связь между антропогенными воздействиями в пределах водосбора и качеством воды в соответствующих реках, озерах, подземных водах.

2. Оценивать экологический статус и уровень нагрузки на водные экосистемы. Анализ морфометрических параметров водосборов (площадь, форма, уклон) в сочетании с данными мониторинга позволяет определять устойчивость водных объектов к антропогенным воздействиям.

3. Прогнозировать возможные риски и угрозы, связанные с экстремальными гидрологическими явлениями. Картографическая информация о пространственном распределении водных ресурсов в пределах речных бассейнов служит основой для моделирования сценариев паводков, наводнений, засух.

4. Разрабатывать эффективные стратегии природоохраны и управления водными ресурсами. Целостное представление о гидрографической структуре территорий позволяет определять оптимальные границы водоохранных зон, планировать размещение очистных сооружений, водозаборных сооружений и других объектов водохозяйственной инфраструктуры.

Заключение. Картографирование водосборных территорий является незаменимым инструментом экологического мониторинга, обеспечивая

всестороннее пространственное моделирование гидрологических процессов и их взаимосвязи с состоянием окружающей среды. Регулярное обновление и совершенствование таких картографических продуктов служит ключом к эффективному управлению водными ресурсами и сохранению экологического благополучия.

Таким образом, на основе вышеизложенного материала можно сделать вывод о перспективности развития данного направления исследований в Беларуси. Изучение видов земель на водосборных территориях имеет реальную практическую ценность для управления земельными ресурсами, сохранения биологического разнообразия, адаптации к изменению климата и устойчивого использования водных ресурсов.

Библиографические ссылки

1. Токарчук О. В., Токарчук С. М. Подходы к изучению изменения гидрографической сети поверхностных водосборов озер территории национального парка «Нарочанский» // Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина. Брест, 2018.

2. Власов Б. П., Щупек Т. Изменение гидроэкологического состояния озера Ореховское под влиянием мелиорации водосбора // Белорусский государственный университет, Силезский университет в Катовице (Институт наук о Земле), 2020.

3. Land Use/Cover and Naturalness Changes for Watershed Environmental Management (Southeastern Brazil) / Costa R. [et al.] // Journal of Geoscience and Environment Protection, 2017.

4. Mark S. Wigmosta, Stephen J. Burges. Land Use and Watersheds: Human Influence on Hydrology and Geomorphology in Urban and Forest Areas // American Geophysical Union; 1st edition, 2001.

5. CORINE Land cover: Part 1 – Methodology // European Environment Agency [Electronic resource]. URL: http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part2/land_coverPart2.1.pdf (date of access: 12.09.2024).

6. Land Cover classification gridded maps from 1992 to present derived from satellite observations // Copernicus Climate Change Service [Electronic resource]. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/satellite-land-cover> (date of access: 12.09.2024).

7. Land Cover classification gridded maps from 1992 to present derived from satellite observations // Copernicus Climate Change Service [Electronic resource]. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/satellite-land-cover> (date of access: 12.09.2024).

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛАНДШАФТОВ
ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА р. ВЕЛИКАЯ
БОГОРОДСКОГО РАЙОНА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ
КАК ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Е. П. Баскакова, О. Е. Ватина

*Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина,
г. Нижний Новгород, Россия, baskakova.lizo4ka@gmail.com, vatinaol@yandex.ru*

Доклад посвящен геоэкологической оценке территории водосборного бассейна р. Великая Нижегородской области. На основе анализа комплексной географической характеристики исследуемой территории устанавливается ее ландшафтная структура, выделяются ландшафты, требующие особого внимания при решении экологической проблемы, вызванной хозяйственной деятельностью.

Ключевые слова: геоэкологическая оценка; ландшафтная структура; водосборный бассейн; рациональное природопользование.

Введение. На сегодняшний день во всем мире остро поставлена проблема рационального использования природных ресурсов. Антропогенная деятельность зачастую оказывает негативное воздействие на экологическую обстановку природно-территориальных комплексов. Загрязнение экосистем сточными водами, чрезмерная распашка земель – эти и другие проблемы актуальны для Богородского района Нижегородской области.

Разрешение экологических кризисов должно носить геосистемный характер, поскольку необходим учет каждого из компонентов ландшафтов. Поэтому цель работы заключается в геоэкологической оценке территории бассейна. В данной работе геоэкологическая оценка проводилась по методике Б.И. Кочурова. Для этого сперва дается комплексная физико-географическая характеристика территории, затем проводится ее ландшафтная дифференциация и определяется устойчивость каждого из ландшафтов. На основе полученных данных даются меры по оптимизации территории. Этапы проведения геоэкологической оценки соответствуют каждой из задач работы.

Материалы и методы исследований. В ходе выполнения работы были использованы данные тематических карт (топографические карты масштаба 1: 100 000, почвенные карты масштаба 1: 400 000, карты дочетвертичных и четвертичных отложений масштаба 1: 200 000, физическая

карта), спутниковых снимков и литературных источников. Работа выполнена при помощи картографического, полевого, геоинформационного, математического методов, путем анализа литературы.

Результаты и их обсуждение. Территория водосборного бассейна р. Великая располагается в северной части Богородского района Нижегородской области. Согласно классификации природных зон по Ф.М. Баканиной территория бассейна занимает зону смешанных хвойно-широколиственных лесов. Площадь водосборного бассейна составляет 196 км².

Особенности географического положения водосборного бассейна р. Великая обуславливают характер землепользования на этой территории. Возвышенный относительно Нижегородского Заволжья рельеф, наличие рек и сравнительно высокое плодородие почв обеспечили высокий уровень хозяйственной преобразованности территории. Как результат, склоны речных долин активно распахиваются, залесенные участки крайне немногочисленны. Наряду с населенными пунктами, эти факторы негативно влияют на состояние естественной защищенности территории, что подтверждают вычисления.

К основным типам землепользования на территории водосборного бассейна р. Великая относятся пашни, луга, леса, земли населенных пунктов. В результате геоинформационного анализа данных дистанционного зондирования были получены значения площадей каждого из типов (табл. 1). Доля дестабилизирующих компонентов значительно превысила средостабилизирующие элементы.

Таблица 1

Площадные показатели основных компонентов ландшафта водосборного бассейна р. Великая

Ландшафтная структура	Тип землепользования	Площадь, км ²	Сумма, км ²	Доля, %	Доля, %
Стабилизирующий компонент ландшафта	Леса	48,4	91,64	24	47
	Луга, залежи	43,2		22	
	Болота	0,04		<1	
Дестабилизирующий компонент ландшафта	Пашни	56,2	105,3	28	53
	Земли населенных пунктов	48,9		25	
	Пустыри	0,2		<1	

Коэффициент естественной защищенности водосборного бассейна р. Великая был рассчитан по формуле [2]:

$$K_{\text{ез}} = \frac{P_{\text{сф}}}{P_0}, \quad (1)$$

где $P_{\text{сф}}$ – площадь территории со средостабилизирующими функциями; P_0 – общая площадь исследуемой территории.

$K_{\text{ез}}=0,46$. Значение коэффициента $<0,5$, что свидетельствует о критическом состоянии естественной защищенности.

Согласно классификации Ф.М. Баканиной и соавторов территория бассейна р. Великая расположена в Приокском дубравном ландшафтном районе. Основными типами местности являются плакорный, склоновый и пойменный. На основе полученных данных о физико-географических особенностях водосборного бассейна была проведена ландшафтная дифференциация. Территория включает в себя 8 ландшафтов, представленных в (рис.1).

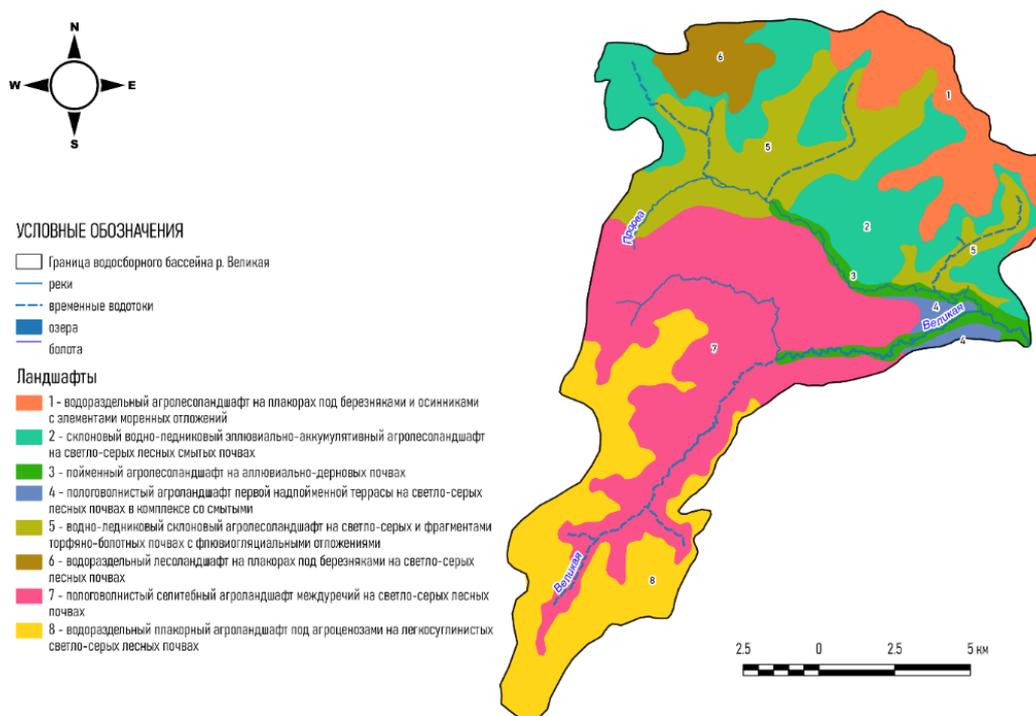


Рис. 1. Ландшафтная структура

В результате индивидуального расчета коэффициента естественной защищенности для каждого из ландшафтов, были выявлены территории с наибольшим и наименьшим показателем (рис. 2). Максимально

критическое состояние экологической стабильности характерно для ландшафтов, охватывающих территорию г. Богородска, поймы р. Прорва и южных окраин водосборного бассейна, где большая часть земель занята пашнями. Напротив, наиболее устойчивыми оказались ландшафты к северу от р. Прорва, занимаемые лесными сообществами (табл. 2).

Таблица 2

Состояние естественной защищенности ландшафтов

Ландшафт	Стабилизирующие компоненты	Доля, %	Дестабилизирующие компоненты	Доля, %	Кез
1. Водораздельный агролесоландшафт на плакорах под березняками и осинниками с элементами моренных отложений	Лес, луга, залежи	72	Пашни, земли населенных пунктов	28	0,7
2. Склоновый элювиально-аккумулятивный агролесоландшафт на светло-серых лесных смытых почвах	Луга, леса, залежи	63	Пашни, земли населенных пунктов	37	0,6
3. Пойменный ландшафт на элювиально-дерновых почвах	Луга, леса, залежи	73	Пашни, земли населенных пунктов	27	0,7
4. Пологоволнистый агроландшафт первой надпойменной террасы на светло-серых лесных почвах в комплексе со смытыми	Луга, леса, залежи	31	Пашни, земли населенных пунктов	69	0,3
5. Водно-ледниковый склоновый агролесоландшафт на светло-серых и фрагментами торфяно-болотных почвах с флювиогляциальными отложениями	Луга, леса, залежи	66	Земли населенных пунктов, пашни	34	0,6
6. Водораздельный лесоландшафт на плакорах под березняками на светло-серых лесных почвах	Леса, луга, залежи	88,2	Пашни, земли населенных пунктов	11,8	0,8
7. Пологоволнистый селитебный агроландшафт междуречий на светло-серых лесных почвах	Луга, леса, залежи	35	Пашни, земли населенных пунктов	65	0,3
8. Водораздельный плакорный агроландшафт под агроценозами на легкосуглинистых светло-серых лесных почвах	Луга, леса, залежи	40	Пашни, земли населенных пунктов	60	0,4

Примечание. При общем устойчивом состоянии ландшафта, сточными водами на него оказывается негативное загрязняющее воздействие.

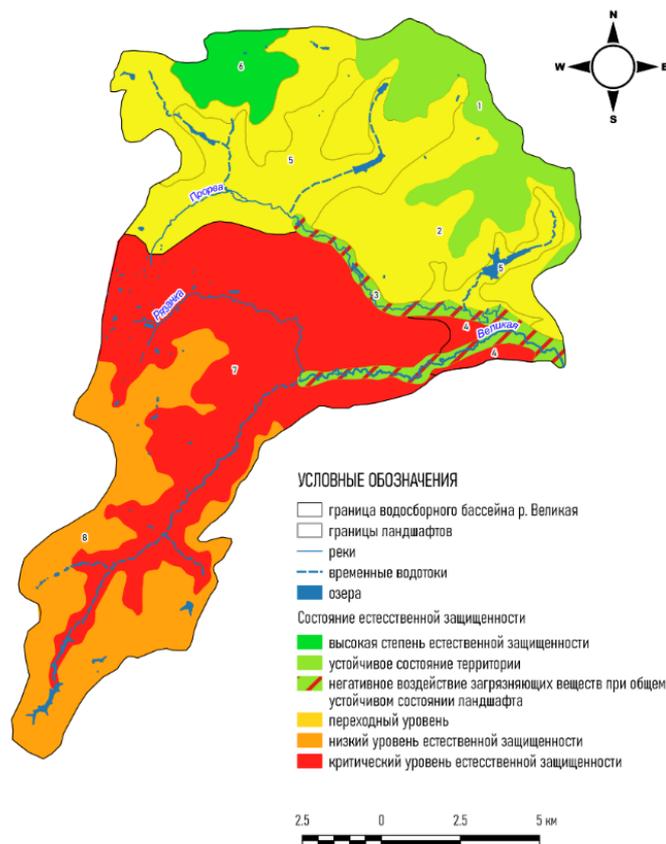


Рис. 2. Состояние естественной защищенности ландшафтов

В качестве мер по оптимизации территории могут быть предложены следующие: установка и/или совершенствование очистных сооружений; усиление контроля за состоянием окружающей среды; организация выращивания лесов на пустырях и лугах.

Заключение. Результат исследования представлен картосхемами ландшафтной структуры и экологического состояния исследуемой территории. Определены ландшафты, требующие приоритетного внимания при решении проблемы нерационального природопользования. Предложен ряд мер по оптимизации территории. Материалы исследования могут быть использованы Министерством экологии Нижегородской области, администрацией Богородского района при планировании хозяйственной деятельности и иными организациями.

Статья подготовлена в рамках реализации проекта «Экокомпас: студенческая наука» (соглашение от 30.05.2024 г. № 075-15-2024-594). Мероприятие проводится в рамках реализации гранта в форме субсидий из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ.

Библиографические ссылки

1. Асташин А. Е., Бадьин М. М. Массив данных и физико-географическое описание территории бассейна р. Логовежь и схема его ландшафтного районирования // Грантовый проект Русского географического общества «Экспедиция Плавающий университет Волжского бассейна». Нижний Новгород, 2022.
2. Ландшафтная дифференциация территории Кстовского района Нижегородской области / А. Е. Асташин [и др.] // Успехи современного естествознания, 2017. № 8. С. 47-51.
3. Инвентаризация и пространственный анализ туристско-рекреационных ресурсов бассейна малой реки на основе ландшафтного подхода с применением геоинформационных систем (на примере бассейна реки Линда Нижегородской области) / М. М. Бадьин М.М. [и др.] // Современные проблемы науки и образования. [Электронный ресурс] // Сетевой журнал. 2014. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15970> (дата обращения: 25.09.2023).
4. Баканина Ф. М., Пожаров А. В., Юртаев А. А. Ландшафтное районирование Нижегородской области как основа рационального природопользования // Международный научно-промышленный форум «Великие реки – 2003». Нижний Новгород, 2003. С. 288-290.
5. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М. : Высшая школа, 1991. 365 с.
6. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск : СГУ, 1999. 154 с.
7. 365 по Цельсию [Электронный ресурс]. URL: <https://pogoda.365c.ru/> (дата обращения: 25.09.2023).
8. В Богородском районе река Великая превратилась в фекальную. [Электронный ресурс]. URL: <https://vestinn.ru/news/society/123605> (дата обращения: 25.09.2023).
9. Верхнечетвертичные отложения (Верхний Плейстоцен). [Электронный ресурс]. URL: <https://scicenter.online/geologiya-sssr-scicenter/verhnechetvertichnyie-otlozheniya-verhniy-164107.html> (дата обращения: 25.09.2024).
10. Геологические карты: листы О-38-XXXII, N-38-II, масштаб 1: 200 000. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geolkarta.ru/index.php> (дата обращения: 19.10.2023).
11. Действующие метеорологические станции сети Росгидромета: Вниигми-Мцд (Rihmi-Wdc) [Электронный ресурс]. URL: http://portal.esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_RIHMI-WDC_2667 (дата обращения: 07.10.2023).
12. Нижегородское краеведение. Рельеф. [Электронный ресурс] URL: <https://arz.unn.ru/2016-05-16-10-34-33/1120-2016-05-17-09-58-04> (дата обращения: 25.09.2023).
13. Топографические карты: листы N-38-003, О-38-135, О-38-136, масштаб 1: 100 000, составлена Генеральным штабом СССР. [Электронный ресурс]. URL: <https://satmaps.info/> (дата обращения 12.09.2023).
14. Эколого-географический атлас республики Марий Эл. Ландшафты. [Электронный ресурс]. URL: <https://xn--12-glci9b.xn--p1ai/atlas/2-10-%d0%bb%d0%b0%d0%bd%d0%b4%d1%88%d0%b0%d1%84%d1%82%d1%8b/> (дата обращения: 25.09.2023).

РАССЧЕТ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В СТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОПЫТНОГО УЧАСТКА

А. А. Бенько, А. Л. Киндеев, А. Н. Червань, А. А. Сазонов

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
mailto:biblik.benko@mail.ru, Akindeev@tut.by, chervanalex@mail.ru, SazonauAA@bsu.by*

Приводится таблица показателей за 40-летний период для СПП опытного участка на территории Белорусского Полесья в Пинском административном районе. Предложена модификация шкалы морфометрических показателей для более объективной передачи информации о почвенном покрове.

Ключевые слова: неоднородность; контрастность; мелиорация; деградация почв; агроландшафт.

Введение. В большинстве зарубежных исследований внимание уделяется количественным изменениям состояния почвенного покрова, что несомненно имеет прикладное значение для сельскохозяйственного производства. При этом упускается оценка изменения качественного состояния почвы, которое может быть выражено через структуру почвенного покрова (СПП), а между тем межкомпонентные связи в почвенном покрове приводят в одних его компонентах к потерям вносимых физиологически активных веществ, а в других – к вредным последствиям их чрезмерного накопления. При большом внимании к проблеме деградации земель в Республике Беларусь в целом и в Полесском регионе в частности, до недавнего времени не представлялось возможным оценить изменения, вызванные многолетней эксплуатацией мелиоративных систем для определения дальнейших направлений использования почвенного покрова данной территории, что определяет актуальность проведения настоящего исследования. Расчет морфометрических показателей, а также проведение сравнительного анализа данных за исследуемый период помогает проследить как за положительными, так и отрицательными изменениями в СПП. Стоит отметить разночтения в расчете данных коэффициентов. Большинство шкал разработаны еще в 1970–80-ых годах, когда карты были более мелкого масштаба, менее точные, измерения площадей и периметров проводились без соблюдения топологических правил. Кроме того, данные шкалы были разработаны на конкретных территориях со своими специфическими почвенно-географическими условиями и СПП.

Таким образом можно заключить, что на данный момент для крупномасштабного картографирования требуется совершенствование шкалы морфометрических показателей СПП с более объективной передачей качественной информации о почвенном покрове. Кроме этого, важной составляющей расчетов являются единицы измерения площадей, так в различных источниках, при расчете коэффициента расчлененности используются м² или см², а при дальнейшем расчете коэффициента сложности — гектары [3]. Другие авторы в расчете КН используют вместо КС коэффициент расчлененности [2], что также вносит противоречия к трактовке итоговых результатов.

Нами предлагается рабочие участки (РУ) со значениями КН менее 50 можно отнести к однородным; от 51 до 100 — слабо неоднородным; 100–200 — средне неоднородным; 201–300 — сильно неоднородным и более 300 — очень сильно неоднородным.

Материалы и методы исследований. В Национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь [5] определена наиболее уязвимая область страны — территория Белорусского Полесья.

Исходя из важности данного региона, именно он является объектом настоящего исследования.

Ключевым участком выступают земли опытного полигона СПК «Бобрик» в Пинском административном районе Республики Беларусь на территории Белорусского Полесья. Опытный полигон в 1972 г. состоял из 21 рабочего участка, впоследствии к нему добавились еще 5 и в 2022 г. общее количество достигло 26 рабочих участков.

Материалами для исследования послужили архивные материалы первого тура почвенно-агрохимического обследования земель 1972 г. перед проведением осушения данной территории и современные данные (2022 г.) земельно-информационной системы Республики Беларусь [1]. Обработка пространственных данных и создание картографического материала проводилась в программном продукте ArcGIS ArcMap 10.7. Расчет морфометрических показателей СПП, включающих в себя коэффициент сложности (КС) контрастности (КК) и неоднородности (КН) производился автоматизировано с использованием инструментов ModelBuiler на основании определенных Юодисом Ю. К. формул [6]:

$$КС = \frac{КР \times (S - S_{MAX})}{S^2} \quad (1)$$

где — КС — коэффициент сложности; КР — сумма коэффициентов расчленения всех контуров; S — сумма площадей всех контуров, га; S_{max} — площадь наиболее крупного контура, га.

$$KP = \frac{P}{3,54\sqrt{S}} \quad (2)$$

где – KP – коэффициент расчлененности; P – периметр почвенного контура; S – площадь почвенного контура.

$$KK = \frac{ax + by + cz}{20} \quad (3)$$

где – a, b, c – площади почв в процентном отношении от общей площади территории; x, y, z – степень контрастности соответствующих почв по отношению к распространенной.

Коэффициент 20 использован для уменьшения коэффициента контрастности. Фоновая почва в расчетах не учитывалась.

$$KH = KC \times KK \quad (4)$$

где – KH – коэффициент неоднородности почвенного покрова; KC – коэффициент сложности; KK – коэффициент контрастности.

В связи с тем, что в коэффициенте контрастности заложена качественная информация о почвенном покрове, который учитывается в интегральном коэффициенте неоднородности, последний может служить не только количественной, но и качественной характеристикой, отражающей пестроту структуры почвенного покрова и являться основанием для принятия управленческих решений при рациональном природопользовании.

Результаты и их обсуждение.

Морфометрические показатели рабочих участков СПК «Бобрик»

Рабочий участок	Площадь участка, га	Кол-во контуров		Ср. площадь контура ЭПА, га		KK		KC		KH	
		1972	2022	1972	2022	1972	2022	1972	2022	1972	2022
1	123	14	29	8,84	4,26	13,1	5,81	10,9	23,8	142	138
2	140	5	20	28,7	6,87	1,10	11,9	0,18	12,9	0,20	153
3	9,73	2	5	4,89	2,02	0,74	4,76	0,79	37,1	0,58	176
4	56,2	5	9	11,2	6,24	1,22	6,54	0,74	15,7	0,90	102
5	197	3	25	65,9	7,91	0,32	11,5	0,10	17,7	0,03	203
6	132	6	19	22,1	6,97	3,39	6,23	1,98	17,7	6,71	110
7	73,5	8	17	9,19	4,32	9,84	5,68	8,66	25,6	85,2	145
8	2,38	3	5	0,79	0,45	2,00	2,58	30,7	191	61,4	492

Рабочий участок	Площадь участка, га	Кол-во контуров		Ср. площадь контура ЭПА, га		КК		КС		КН	
		1972	2022	1972	2022	1972	2022	1972	2022	1972	2022
9	1,10	1	2	1,10	0,55	0,03	0,71	0,00	35,7	0,00	25,3
10	3,56	1	2	3,56	1,77	0,00	2,08	0,00	8,22	0,00	17,1
11	75,1	21	23	3,57	3,26	9,58	3,47	40,2	27,8	385	96,5
12	19,7	5	11	3,94	1,81	9,56	5,26	30,8	47,1	294	247
13	22,2	4	9	5,54	2,43	3,08	7,25	5,69	38,9	17,5	282
14	2,12	2	3	1,03	0,71	3,45	4,62	26,3	122	90,7	563
15	1,19	1	2	1,19	0,59	0,04	1,95	0,00	44,2	0,00	86,2
16	4,17	1	3	4,17	1,39	0,04	6,88	0,00	72,0	0,00	495
17	29,7	3	11	9,90	1,55	4,22	2,21	8,62	42,6	36,3	94,1
18	1,11	2	2	0,56	0,71	3,93	1,23	95,9	54,2	376	66,7
19	8,34	2	6	4,17	1,01	0,57	3,61	2,01	110	1,15	397
20	15,9	1	9	15,9	1,73	0,00	4,23	0,00	36,4	0,00	154
21	3,54	2	1	1,77	3,54	13,0	0,00	40,3	0,00	523	0,0
22	57,9		13		4,46		15,1		25,5		385
23	43,4		14		3,10		6,51		33,3		216
24	19,1		5		3,78		9,61		19,9		191
25	20,0		11		2,63		6,40		39,8		254
26	30,7		8		3,84		2,58		17,8		45,9

Примечание. КК – Коэффициент контрастности; КС – коэффициент сложности; КН – коэффициент неоднородности; ПК – почвенная комбинация.

Проведенные расчеты показывают ряд особенностей изменения в структуре почвенного покрова территории. Так, если исключить 5 новых рабочих участков (РУ), то в большинстве случаев (16 из 21 РУ) наблюдается увеличение коэффициента неоднородности почвенного покрова. За период хозяйственного использования исследуемая территория претерпела разительные изменения в СПП – к 2022 г. При незначительном уменьшении площади очень сильно неоднородной СПП (6,86 %) (КН более 300), значительно возросла доля сильно и средне неоднородных РУ (27,7 и 52,1 % соответственно), что вызвано увеличением почвенных разновидностей при уменьшении их площади, и как следствие – практически десятикратное увеличение коэффициента сложности. Сопоставляя с предыдущими исследованиями проводимых на территории Беларуси [4],

можно утверждать, что для данных РУ необходимо вводить особый режим сельскохозяйственного использования. РУ со слабой неоднородностью ПП занимают 9,8 % территории, что также отражает общую тенденцию к увеличению степени неоднородности СПП.

Стоит выделить РУ № 21 где КН упал до 0,00, в следствии выработки торфяно-болотной почвы и образованием единого контура дерново-глеевой, развивающуюся на связных песках почве. Снижение КС на РУ № 11 обусловлено появлением большего по площади контура дерново-глееватых почв, который вычитается в делимом при расчете коэффициента, что при неизменной общей площади приводит к значительному уменьшению итогового результата.

Изменения коэффициента контрастности связано с типологическими трансформациями почвенного покрова рабочих участков за исследуемый период и, как следовало ожидать, в большинстве случаев (13 из 21) показывает увеличение различий в структуре почвенного покрова. Снижение КК происходит за счет нивелирования различий между типами почв. Например, на РУ № 11 и 12 в 1972 г. коэффициента контрастности обусловлены типологической разницей между дерново-подзолистыми и торфяно-глеевыми почвами, находящиеся на данных участках, что отражено в более высоком значении КК (9,58 и 9,56 соответственно). К 2022 году, вследствие изменения водного режима вместо торфяных и дерново-подзолистых почв появились значительно менее контрастные между собой дерново-глеевые и глееватые почвы, что привело к снижению КК до 3,47 и 5,26.

Заключение. При расчетах морфометрических показателей СПП было определено, что по ряду объективных причин (отсутствие детальных карт, автоматизированной геообработки данных и других) установленные в прошлом веке качественные градации коэффициентов сложности, контрастности и неоднородности должны быть по-новому адаптированы к конкретным почвенно-географическим условиям страны и масштабам исследования. Также необходима унификация единиц измерения площадей на всех этапах расчетов данных показателей. Исходя из проведенных расчетов на 15 из 21 рабочих участков было установлено практически десятикратное увеличение коэффициентов сложности и неоднородности. В ходе проведения хозяйственного использования количество почвенных контуров возросло с 58 до 172, а средняя площадь ЭПА уменьшилась с 15,93 га до 6,34 га. Увеличение неоднородности почвенного покрова приводит к еще более активному перераспределению веществ, в том числе избыточному накоплению удобрений.

Библиографические ссылки

1. Геопортал земельно-информационной системы Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://gismap.by/next/> (дата обращения: 22.03.2024).
2. *Никитина А. Н.* Шкала контрастности почв БССР // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов: сб. науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М. : Наука, 1978. С. 52 – 57/
3. *Скрябина О. А.* Структура почвенного покрова, методы ее изучения. Пермь, ПГСХА, 2007. 206 с.
4. *Романова Т. А, Пучкарева Т. Н, Никитина А. Н.* Учет структуры почвенного покрова при составлении проектов внутрихозяйственного землеустройства в колхозах и госхозах БССР // Структура почвенного покрова и организации территории. М.: Наука, 1983. С. 26-30.
5. Стратегия адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата, Минск, 2019. 57 с.
6. *Юодис Ю. К* О структуре почвенного покрова Литовской ССР // Почвоведение. 1967. № 11. С. 50-55.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

С. В. Бродницкий, Н. Г. Вихарев

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
stasbrodnitskij@gmail.com, vikharau.mikita@gmail.com*

В статье на основании анализа литературных источников и интернет-ресурсов рассматриваются возможности применения метода георадиолокационного зондирования для рационального экологического мониторинга, основные направления его использования, а также преимущества и недостатки метода.

Ключевые слова: георадиолокационное зондирование; экологический мониторинг среды; геофизический метод.

Введение. В XXI веке развитие практических направлений в интегральных географических науках тесно связано с улучшением качества исследований. Современный экологический мониторинг часто сталкивается с рядом проблем, в частности с трудностями проведения детальных изысканий в городской среде, предполагающей плотную застройку [3]. Нерациональность организации работ может быть вызвана высокой стоимостью, а зачастую и невозможностью бурения скважин среди зданий, недостаточной подробностью результатов (например, некоторые объекты вроде погребенных речных русел, валунов, водяных линз могут иметь размеры меньше расстояния между точками бурения и, следовательно, не будут обнаружены), отсутствием эффективных методов нанесения полученных данных на план исследуемого участка и т. п. Вполне закономерно, что все это приводит к получению недостоверной или недостаточной информации. Это в свою очередь создает риски аварий при строительстве, чрезмерного загрязнения окружающей среды, в частности грунтовых и сточных вод.

Следовательно, получение избыточного количества данных при изучении почвенной и геологической среды в условиях плотной городской застройки просто необходимо. Одним из существующих способов является георадиолокация, т. е. геофизический метод, использующий электромагнитное поле для определения неоднородностей в диэлектрической проницаемости геологической среды с целью выделения объектов и структур [0].

Использование георадара имеет ряд неоспоримых преимуществ, таких как скорость проведения работ, их дешевизна, высокая мобильность, компактность, а также неинвазивный характер исследований. Однако есть у данного метода и серьезные недостатки, основными из которых являются не самый широкий диапазон применения (георадары малоэффективны при работе на влажных глинистых грунтах или при наличии помех) и сложная, неоднозначная интерпретация полученных результатов, требующая от специалиста глубоких теоретических знаний и большого практического опыта работы. Вышеперечисленные недостатки делают актуальным дальнейшее изучение и развитие данного метода.

Материалы и методы исследований. Рассмотрим основные направления использования георадиолокации при зондировании с земной поверхности.

Георадары применяются для построения или уточнения разрезов верхних слоев грунта. При этом используются данные, полученные перед этим путем скважинного бурения, что позволяет довольно точно интерпретировать результаты зондирования.

Геологическая среда по сути своей является низкочастотным фильтром, что объясняется частотно-зависимым затуханием радиоволн. То есть чем больше частота волны, тем быстрее она затухает в грунте. Это обуславливает преимущественное использование в георадиолокации низкочастотных видеоимпульсов. Данное решение позволяет увеличить эффективную глубину зондирования, однако негативно сказывается на разрешающей способности радара.

Рассмотрим, чем определяется глубинность эффективного зондирования. В общем случае с увеличением глубины уменьшается мощность отраженного сигнала, и он становится все менее контрастным на фоне шумов, и в какой-то момент он и вовсе перестанет выделяться на их фоне. Приблизительную мощность минимального обнаруживаемого сигнала можно рассчитать по следующей формуле:

$$P_{min} = \frac{kB(T_0F_n + T)E_{s/n}}{N}, \quad (1)$$

где P_{min} – мощность минимального обнаруживаемого сигнала; k – постоянная Больцмана; B – ширина рабочей полосы частот радара; T_0 – стан-

дартная температура (290 K); F_n – шум-фактор приемника; T – абсолютная температура зондируемой среды; $E_{s/n}$ – отношение сигнал/шум, при котором сигнал различим на фоне помех; N – количество принятых сигналов при одном положении антенны георадара [3].

Спрогнозировать реальную мощность принятого сигнала на практике практически невозможно, так как для подобных расчетов необходимо иметь точную детальную модель зондируемой среды. Однако для формирования общего понимания возможностей метода можно рассмотреть следующую упрощенную формулу расчета мощности принятого сигнала при зондировании в идеальной однородной среде:

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda_{гр}^2}{4\pi} \cdot \frac{1}{4\pi R^2} \cdot \frac{S_{эфф}}{4R^2} \cdot \exp\left(-4 \cdot \text{Im}(\sqrt{\varepsilon})R \cdot \frac{2\pi}{\lambda_{гр}}\right), \quad (2)$$

где P_r – мощность принятого сигнала; P_t – мощность излучаемого сигнала; G_t – коэффициент усиления передающей антенны; G_r – коэффициент усиления приемной антенны; $\lambda_{гр}$ – длина волны в грунте; R – расстояние зондирования; $S_{эфф}$ – эффективная площадь рассеяния; ε – диэлектрическая проницаемость среды [3].

Результаты и их обсуждение. Оценка состояния окружающей среды часто требует бурения скважин. Для минимизации рисков при таких исследованиях может использоваться георадар. В качестве примера возьмем использование георадара для составления карты расположения резервуаров для хранения на заправочной станции, необходимой для последующего бурения в целях экологического мониторинга.

Продажа АЗС требовала экологической оценки объекта. На этом месте были известные подземные препятствия, включая захороненные инженерные сети, старые фундаменты, заглубленные резервуары и другой возможный захороненный мусор. Целью оценки было определить, просочились ли углеводороды в почву, путем проведения программы отбора проб почвы из скважины.

До проведения таких скважинных программ обычно используется георадар для определения участков, свободных от подземных препятствий. Программы очистки часто используют несколько методов. Металлические трубы и кабели часто идентифицируются с помощью традиционных методов электромагнитного отслеживания.

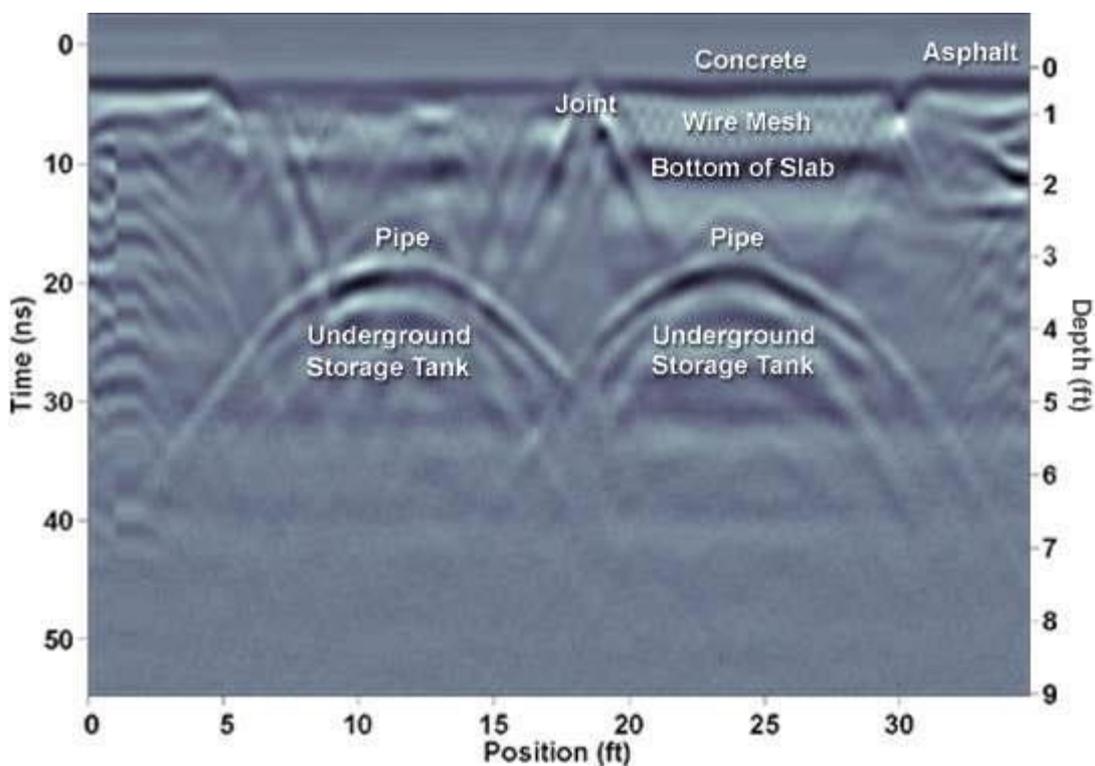
Сканирование местности при помощи георадара позволяет обнаруживать множество как металлических, так и неметаллических объектов.

Как результат можно определить участки нарушенной почвы, недокументированные коммуникации и резервуары для хранения.

Во время этого исследования использовалась система Noggin 250 SmartCart. Полученное поперечное сечение ниже (рисунок) показывает реакцию двух заглубленных резервуаров, расположенных под бетонной плитой, а также наличие некоторой части заглубленной трубы.

После того, как все геологические особенности были обнаружены, скважины были выбраны в подходящих областях, что еще раз показывает преимущества георадиолокационного зондирования.

Обычный подход - сканировать территорию с помощью георадара. Любые локализованные изменения сразу видны на экране в реальном времени и могут быть немедленно отмечены. Проведение георадиолокационных исследований на этой АЗС обеспечило безопасное выполнение необходимой программы отбора проб [1].



Поперечное сечение георадара, на котором показаны два подземных топливных бака под бетонной плитой и связанный трубопровод продукта

Заключение. Таким образом, георадиолокация является эффективным инструментом для минимизации рисков при качественной и комплексной экологической оценке среды. Данный метод является недорогим и простым в эксплуатации, а неинвазивный характер проведения работ позволяет использовать его и на введенных в эксплуатацию объектах для

экологического мониторинга среды. Его грамотное применение в совокупности с другими геофизическими методами (в первую очередь, сейсмоакустическим) позволяет значительно снизить риски возникновения аварийных ситуаций, что обуславливает необходимость его дальнейшего внедрения в практику проведения инженерно-геологических изысканий.

Георадиолокация применима при решении многих важных практических задач в геоэкологии, инженерной геологии, и других науках. К числу наиболее перспективных направлений использования георадара можно отнести следующие: исследование верхних слоев грунта; поиск и картографирование различных подземных коммуникаций по тем или иным причинам не нанесенных на план или же нанесенных неточно; поиск плывунов, подземных пустот и зон разуплотнений; определение уровня грунтовых вод; контроль состояния строительных конструкций, дорожного полотна и т. д. Из этого следует, что георадиолокация является многофункциональным и востребованным инструментом при решении различных задач, что обуславливает актуальность изучения и развития данного направления.

Библиографические ссылки

1. *Annan A. P.* Ground Penetrating Radar: Principles, Procedures and Applications. Sensors and Software Inc., 2003. 278 p.
2. *Jol H.* Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. Elsevier Science, 2009. 544 p.
3. *Изюмов С. В., Дручинин С. В., Вознесенский А. С.* Теория и методы георадиолокации: учебное пособие. М. : Издательство «Горная книга», 2008. 196 с.
4. *Изюмов С. В., Дручинин С. В., Круглов Н. А.* Особенности применения георадаров ТР-ГЕО в тоннелях // Подземное пространство мира. 2003. № 3–4. С. 36–38.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЯДОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА МЕТЕОСТАНЦИЯХ МИНСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Н. А. Гордей

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
nadezhdagordey3@gmail.com*

Ключевые слова: температура; Минская городская агломерация; атмосферные осадки; опасные явления; остров тепла.

Введение. Изучение климата городов имеет большое практическое значение и представляет сложную научную задачу. Без учета климатических особенностей невозможно правильное планирование и ведение городского хозяйства. В большинстве исследований по климату, город описывается едиными характеристиками, которые в свою очередь представляют собой климатический фон, климатическую основу, и чрезвычайно важны.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования является климат Минской городской агломерации, а предметом исследования – климатические условия и особенности изменения климата в современных условиях.

Полученные табличные данные были обработаны в редакторе Microsoft Office Excel. В ходе исследования была составлена методика, которая включает в себя ряд методов, используемых в географии и смежных с ней дисциплинах. В данной работе применен метод статистического анализа и анализа фондовых материалов (архивы Белгидромета), а также были построены карты изменения температуры воздуха и количества атмосферных осадков за период 1960-2021 гг.

Метод сравнительно-географического анализа основывается на сравнении и определении различий показателей в определенный промежуток времени, что позволяет с достаточной точностью выявить и объяснить причины сходства и различия.

Для того чтобы определить существующие климатические условия г. Минска, были отобраны следующие метеорологические показатели:

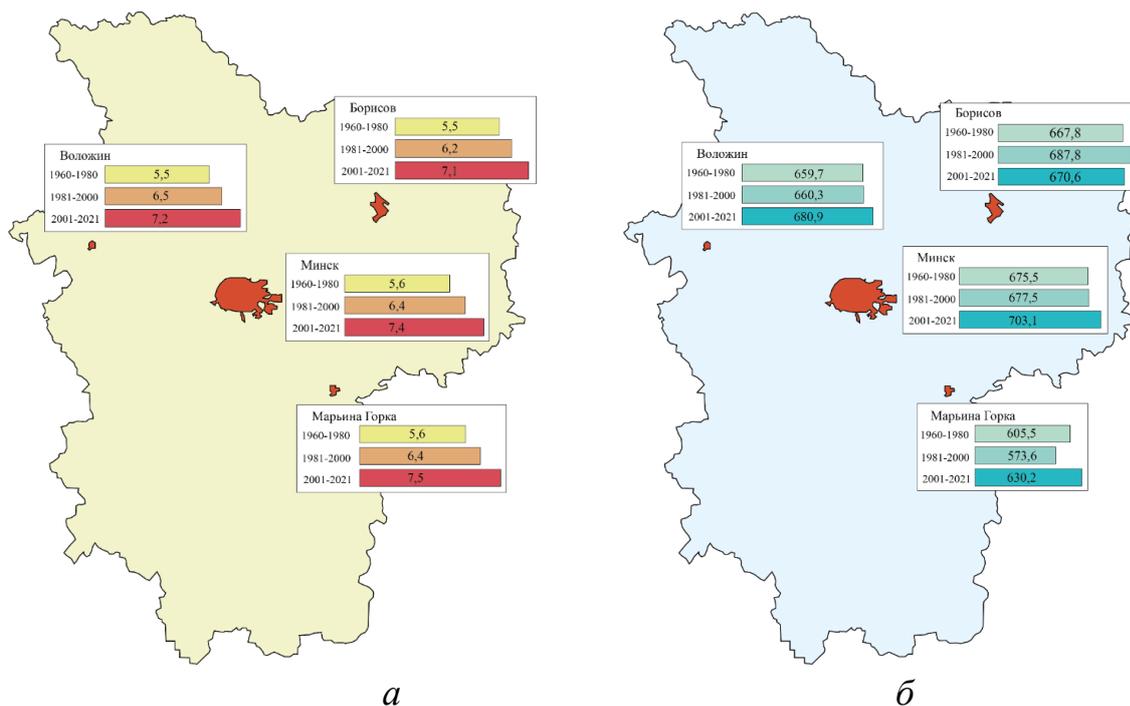
1. температура воздуха;
2. атмосферные осадки;
3. опасные метеорологические явления.

Данные по средней температуре воздуха, годовому количеству осадков, рассматривались за период с 1960 по 2021 гг. Использовались данные о количестве наблюдаемых опасных и неблагоприятных явлений и видах

этих явлений. Строились графики, картодиаграммы, определялись основные тенденции изменения, произошедшие за продолжительный период времени.

В роли станции-эталона, для определения различий метеорологических величин, выступили: метеостанция Минск (Обсерватория), расположенная в городе Минске, метеорологическая станция, расположенная в Марьиной Горке, метеорологическая станция Воложин и метеорологическая станция Борисов.

Результаты и их обсуждение. В работе дано представление об изученности проблемы городского климата, климатических особенностях, изменении температурного режима, изменения количества осадков и динамика опасных метеорологических явлений. Путем сравнения климатических рядов наблюдений, определены различия в интенсивности изменения метеовеличин в городе Минске, а также метеостанциях Борисов, Воложин и Марьиная Горка. Выявлены причины, обуславливающие эти изменения на территории Минской городской агломерации.



Динамика изменения температуры на территории Минской городской агломерации по периодам:

a – температура воздуха; *б* – атмосферные осадки

Составлено по фондовым данным Белгидромета

Средние годовые температуры в рассматриваемых городах (Воложин, Борисов, Минск, Марьина Горка) демонстрируют устойчивую тенденцию к повышению с течением времени. Визуально на картах отчетливо видно расширение и углубление областей с положительными аномалиями температур от более ранних периодов к более поздним, а также формирование и усиление «городских островов тепла» вокруг крупных населенных пунктов.

Помимо роста средних температур, наблюдается тенденция к уменьшению годового количества осадков во всех рассматриваемых городах.

Таким образом, в регионе наблюдается комплексное изменение климата, характеризующееся одновременным ростом температур и снижением количества осадков.

Эти две тенденции взаимно усиливают друг друга, ведя к усилению засушливости и увеличению вероятности экстремальных погодных явлений, таких как засухи, волны тепла, наводнения.

Помимо общих климатических изменений, одним из ключевых факторов, способствующих повышению температур в городах Воложин, Борисов, Минск и Марьина Горка, является феномен городских островов тепла. Высокая плотность застройки, наличие большого количества асфальтированных поверхностей, зданий и другой искусственной инфраструктуры в городах создают условия для накопления и удержания тепла, формируя так называемые «тепловые острова» с более высокими температурами по сравнению с окружающими, менее застроенными сельскими или пригородными территориями.

Заключение. Анализ климатических данных показал, что город Минск и прилегающие территории агломерации характеризуются определенными климатическими различиями. Это подтверждает, что климат городских территорий имеет свою специфику и не может быть описан едиными характеристиками.

Сравнение климатических рядов наблюдений на метеостанциях Минска, Борисова, Воложина и Марьиной Горки выявило более интенсивные изменения ключевых метеорологических величин (температура воздуха, количество осадков) непосредственно в городе Минске. Это объясняется влиянием городской застройки, промышленности и автотранспорта на местный климат.

Полученные результаты подчеркивают, что учет климатических особенностей урбанизированных территорий имеет важное практическое значение. Это необходимо для правильного планирования и ведения городского хозяйства, а также разработки эффективных региональных программ адаптации к изменениям климата.

Комплексный подход к изучению климата Минской городской агломерации позволил всесторонне исследовать данную территорию и выявить ее специфические климатические характеристики.

Эти данные могут быть использованы для дальнейшего совершенствования систем мониторинга, прогнозирования и управления климатическими рисками в регионе.

В связи с этим, необходимо продолжать научные исследования в этой области, чтобы более точно определить динамику изменения климатических показателей города Минска и в будущем предложить меры по адаптации к изменениям.

Стоит также упомянуть, что мониторинг проявления опасных метеорологических явлений играет важную роль, так как они могут нанести значительный ущерб населению и отдельным отраслям экономики и представляет угрозу безопасности населения и окружающей среде.

В заключении хочется подчеркнуть, что проблема изменения климата требует внимания со стороны государства, чтобы найти эффективные решения и предотвратить более серьезные последствия для окружающей среды и страны в целом.

Библиографические ссылки

1. Курс климатологии / Б. П. Алисов [и др.]; Под ред. Рубинштейн Е. С.: Гидрометеоиздат, 1940. 436 с.
2. Герменчук М. Г. Состояние, тенденции и последствия изменения климата Беларуси // Природные ресурсы. 2017. N 1. С. 77-86.
3. Гольберг М. А. Климат Минска. Минск : «Вышейшая школа», 1976. 288 с.
4. Запрудский И. И., Озем Г. З. К вопросу о выделении границ Минской городской агломерации [Электронный ресурс]. Минск : Издательский центр БГУ, 2012. URL: <http://elib.bsu.by/bitstream/pdf> (дата обращения: 18.07.2024).
5. Логинов В. Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и последствия. Мн., 2008. 496 с.
6. Логинов В. Ф. Изменения климата Беларуси и их последствия. Минск : Тонпик, 2003. 330 с.
7. Логинов В. Ф. Климатические условия Беларуси за период инструментальных наблюдений [Электронный ресурс]. Минск: ВАК, 2016. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/klimaticheskie-usloviya-belarusi-za-period-instrumentalnyh-nablyudeniya> (дата обращения: 18.07.2024).
8. Логинов В. Ф., Лысенко С. А. Современные изменения глобального и регионального климата. Минск : Беларуская навука, 2019. 315 с.
9. Локощенко М. А., Исаев А. А. О вековых изменениях годового количества осадков в г. Москве // Вестник МГУ. 2004. Серия 5. География. № 5. С. 42-46.
10. Полищук А. И., Герменчук М. Г., Мельник В. И. Сборник трудов Республиканского гидрометеорологического центра. Минск : Белгидромет, 2014. 123 с.

11. Фундаментальные и прикладные исследования в гидрометеорологии [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию каф. общего землеведения и гидрометеорологии Белорус. гос. ун-та, Минск, 11-13 окт. 2023 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: П.С. Лопух (гл. ред.), Ю. А. Гледко, Е. В. Логинова. Минск : БГУ, 2023. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

12. *Lokoshchenko M. A.* Urban heat island and urban dry island in Moscow and their centennial changes // *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2017. Vol. 56. №. 10. P. 2729-2745.

13. *Lokoshchenko M. A., Alekseeva L. I.* Influence of Meteorological Parameters on the Urban Heat Island in Moscow // *Atmosphere*. Т. 14, № 3. 2023.

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЗАВОДСКОГО РАЙОНА г. МИНСКА

Я. А. Гриц, У. А. Рондак

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
yanagrits2000@gmail.com, rondakulyana@gmail.com*

В работе представлены результаты мониторинга экологического состояния зеленых насаждений территорий Заводского района г. Минска. Обследовано 814 деревьев на 26 площадках древостоя. Полученный набор дендрометрических показателей позволил произвести расчет индекса жизненного состояния насаждений в рамках заложенных площадок. Результаты расчетов послужили основой для выявления категории жизненного состояния насаждений общего пользования Заводского района и сравнения полученных показателей с другими административными районами г. Минска.

Ключевые слова: мониторинг зеленых насаждений; экологическое состояние зеленых насаждений; индекс жизненного состояния насаждений; категория жизненного состояния насаждений

Введение. В настоящий момент доля городских жителей составляет более 56 % мирового населения, а для Республики Беларусь данный показатель еще выше — более 78,6 % населения страны [1, 2]. Таким образом, именно урбанизированные пространства формируют основную среду существования человека, влияя на жизнь горожан посредством множества неблагоприятных факторов: от всевозможных видов физического и химического загрязнения до крайне низкого рекреационно-эстетического потенциала.

Самым крупным урбанизированным пространством Республики Беларусь как по площади, так и по населению, бесспорно можно назвать город Минск, территория которого разделена на 9 административных районов. Особого внимания заслуживает Заводской, являющийся одним из крупнейших промышленных районов города. Район расположен в юго-восточной части города, занимая здесь площадь 36 км². По численности населения район занимает 4-е место: в нем проживает около 230 тысяч человек, что составляет 11,5 % жителей столицы.

Экологическое состояние территории Заводского района формируется под воздействием множества стационарных и мобильных источников загрязнения. В районе располагается более 45 крупных предприятий промышленности. Более 60% объема промышленного производства района занимают предприятия автомобилестроения и машиностроения: ОАО

«Минский автомобильный завод», ОАО «Минский подшипниковый завод», ОАО «Минский завод колесных тягачей», ООО «Завод автомобильных прицепов и кузовов «МАЗ-Купава». Помимо этого, здесь расположены объекты строительной отрасли (ОАО «Минскжелезобетон», ОАО «Минскдрев»), химической промышленности (УП «Минскинтеркапс») и др. Также стоит упомянуть, что на территории района расположена свободная экономическая зона «Минск», которая включает около 100 различных предприятий. Такое большое количество всевозможных объектов промышленности влияет на распространение по территории района широкого спектра загрязнителей. Помимо химического воздействия, территория Заводского района, как и любое городское пространство, подвержена физическому загрязнению — в первую очередь тепловому, причиной чему является доминирование пространств с искусственным покрытием и высокоплотной застройки, а также тепло, выделяемое отдельными предприятиями.

Среди возможных и наиболее эффективных стратегий улучшения сложившейся ситуации является создание эффективной системы озелененных территорий города и поддержания ее при этом в надлежащем состоянии. Улучшение экологической обстановки территории происходит благодаря многофункциональности растительного покрова: возможности выполнять санитарно-гигиенические, структурно-планировочные, декоративно-художественные, рекреационные и прочие функций [3].

Материалы и методы исследований. Наибольшую ценность для жителей Заводского района и города в целом играют насаждения общего пользования: 3 парка, 19 скверов, 3 лесопарков и 4 городских леса. Общая площадь рассматриваемых объектов озеленения составляет 351,6 га, не учитывая городских лесов, расположенных на окраинных частях города, занимая лишь 10 % площади изучаемого района. Показатель обеспеченности жителей района, озелененными территориями на исследуемом участке, равен 15 м²/чел, при норме 8-10 м²/чел [4]. Хоть показатель и превышает рекомендуемый норматив, основная площадь озелененных территорий расположена на периферии района, где по большей части находится промышленная, а не жилая застройка. При этом центральные районы города ощущают нехватку озелененных пространств.

Подобная ситуация означает, что необходимо поддерживать существующие насаждения в благоприятном состоянии, чтобы растения могли эффективно выполнять свои функции. Именно поэтому в границах Заводского района в летний период 2024 года был проведен мониторинг экологического состояния насаждений общего пользования. Изучено 26 участков древостоев, в границах каждого из которых было случайным образом отобрано достаточное количество (не менее 30) деревьев из преобладающих в общей структуре насаждений в пределах каждой озелененной территории общего пользования (исключая городские леса на периферии

района). Всего было изучено 814 деревьев как хвойных, так и лиственных пород, причем с преобладанием липы мелколистной, березы пушистой и клена остролистного. Оценка их экологического состояния проведена с помощью анализа ряда дендрометрических показателей: степень изреженности кроны (количество просветов в процентах), наличие усыхания хвои и ветвей, цвет хвои, окорение ствола, наличие трещин и других механических повреждений (рис. 1).

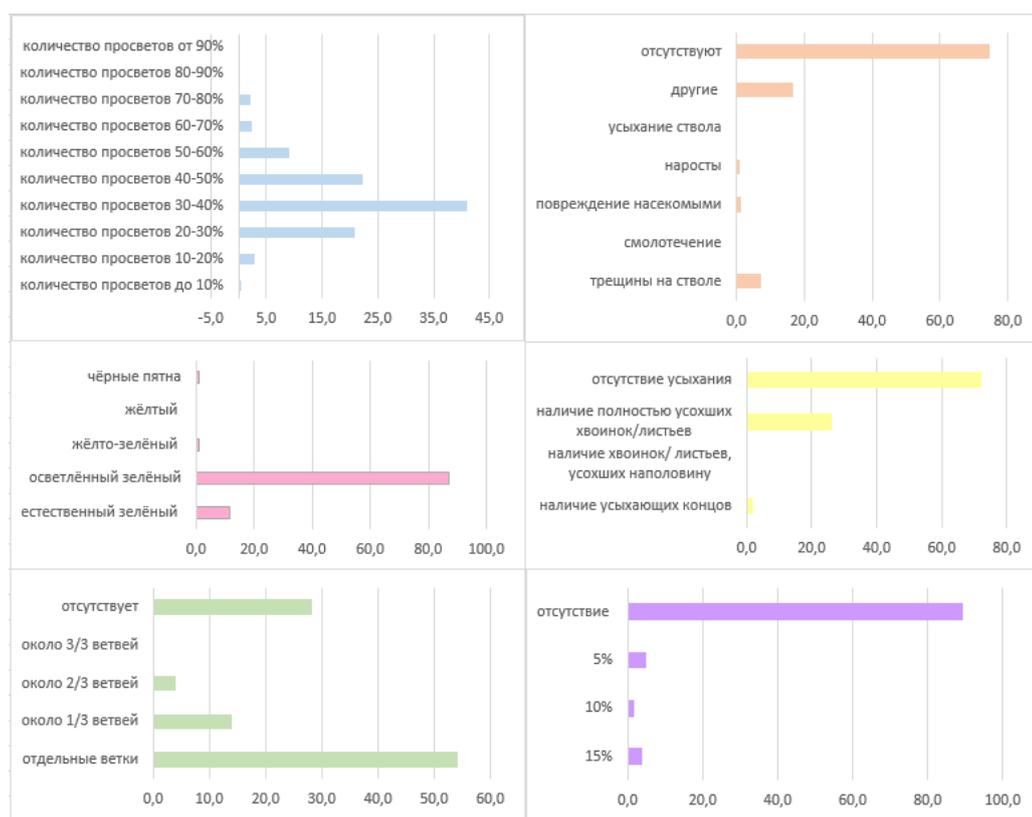


Рис. 1. Дендрометрические показатели обследованных деревьев на территории Заводского района г. Минска

По совокупности данных признаков производится расчет индексов состояния древостоя и определяются категории их жизненного состояния. На основании результатов анализа и оценки показателей экологического состояния выбранных деревьев производится расчет индексов относительного жизненного состояния древостоев с использованием следующей формулы [5]:

$$Ln = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4}{N} \quad (1)$$

где L_n – относительное жизненное состояние древостоя; n_1 – количество здоровых деревьев, n_2 – ослабленных, n_3 – сильно ослабленных, n_4 – усыхающих; N – общее количество деревьев (включая сухостой).

Дальнейшее отнесение насаждений к категориям жизненного состояния осуществляется на основе модифицированной шкалы В. А. Алексеева.

Древостои с индексом состояния 90-100 % отнесены к категории здоровые, 80-89 % – здоровые с признаками ослабления, 70-79 % – ослабленные, 50-69 % – поврежденные, 20-49 % – сильно поврежденные, менее 20 % – разрушенные [5].

Результаты и их обсуждение. Полученные результаты расчетов показали, что состояние древостоев на исследуемых площадках (1-26) соответствует различным индексам и определенным категориям. Всего было выявлено три группы насаждений: 4 % здоровых с признаками ослабления, 19 % ослабленных, 54 % поврежденных и 23 % сильно поврежденных. Участки, оцениваемые как здоровые и разрушенные, отсутствуют. При отдельном рассмотрении различных типов озелененных территорий можно сказать, что здоровые с признаками ослабления и ослабленные древостои встречаются только на территории скверов. В целом, анализ полученных результатов показал, что экологическое состояние системы озелененных Заводского района г. Минска в целом оценивается как неудовлетворительное в связи с отнесением большинства обследуемых древостоев к поврежденным и сильно поврежденным и отсутствием территорий со здоровыми древостоями (рис.2).

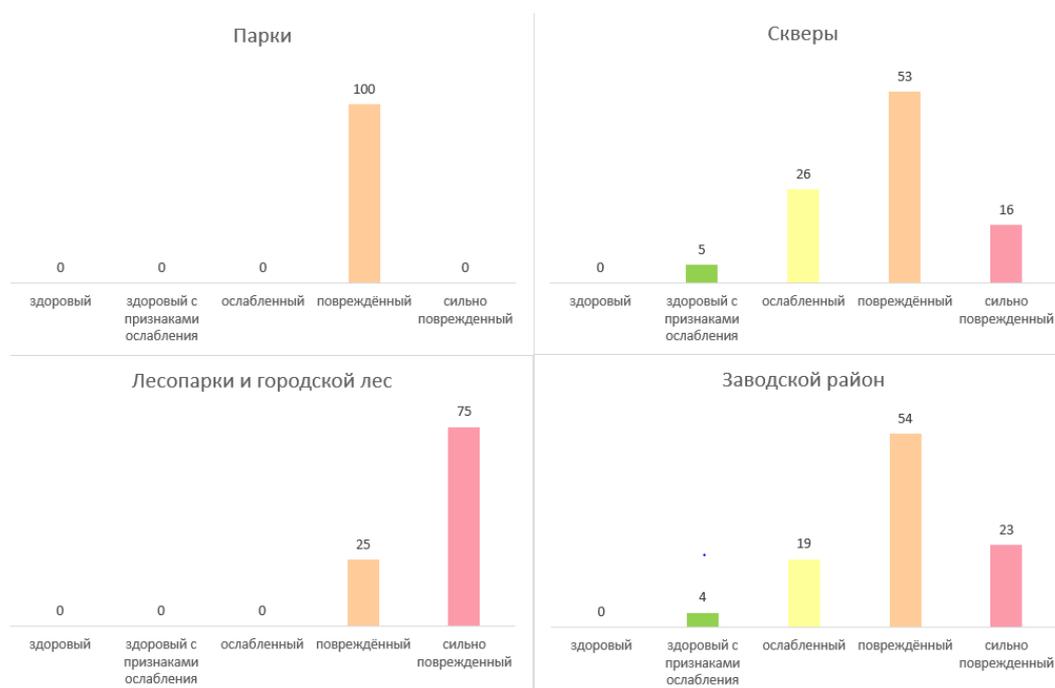


Рис.2. Жизненное состояние древостоя зеленых насаждений общего пользования Заводского района г. Минска

В сравнении с озелененными территориями других административных районов г. Минска древостои Заводского района находятся в более угнетенном состоянии. В отличие от исследуемого района в Московском, Фрунзенском и Октябрьском районе преобладают ослабленные древостои – 76 %, 66 % и 47 %, соответственно. Наличие здоровых древостоев отмечается в Октябрьском районе – 6 %. Сильно поврежденные древостои присутствуют в Фрунзенском районе (3 %) [6].

Заключение. По результатам исследования состояние озелененных территорий Заводского района г. Минска их состояние оценивается как неудовлетворительное. Основной проблемой является жизненное состояние: 77 % древостоев являются поврежденными и сильно поврежденными. При проведении мониторинга экологического состояния территории на регулярной основе можно определить причины ухудшения состояния древостоев, оперативно выявить проблемы и определить пути их устранения, а также определить уход за насаждениями, для исключения дальнейшего угнетения.

Библиографические ссылки

1. Rescuing SDG 11 for a Resilient Urban Planet [Электронный ресурс]. // United Nations Human Settlements Programme. 2023. URL: https://unhabitat.org/sites/default/files/2023/07/sdg_11_synthesis_report_2023_executive_summary_final.pdf (дата обращения: 30.05.2024).
2. Численность населения на 1 января 2024 г. и среднегодовая численность населения за 2023 год по г. Минску в разрезе районов [Электронный ресурс]. // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. URL: <https://minsk-city.belstat.gov.by/upload/iblock/d9e/u27cxt50ci7wddsf7b2mrpfcduqm2qbu.pdf> (дата обращения: 30.05.2024).
3. *Горохов В. А.* Зеленая природа города: учебное пособие. Москва : Архитектура. С. 2005.
4. Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планирования и застройки. [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W01833598p&p1=1> (дата обращения: 30.05.2024).
5. *Алексеев В. А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–67.
6. *Shchasnaya I., Rondak U.* Green spaces system analysis and assessment of plantings' ecological state in Minsk city applying geoinformation technologies [Electronic resource]. // E3S Web of Conferences. URL: https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2024/10/e3sconf_eea2023_02016/e3sconf_eea2023_0_2016.html (date of access: 30.05.2024).

УДК 502.42 (911.52)

ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ НА ОБЛАСТНОМ И РАЙОННОМ УРОВНЯХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е. А. Здрок, А. Н. Червань

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
elizarzdrok@gmail.com, chervanalex@mail.ru*

Приводится анализ транспортной доступности Молодечненского, Минского, Дзержинского, Логойского и Воложинского административного района Минской области. Разработана методика оценки транспортной доступности на районном и областном уровнях. Предложены варианты решения проблем транспортной доступности отдельных районов.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории; транспортная доступность; устойчивое развитие; ГИС; социально-экономическое развитие.

Введение. В соответствии с Конституцией Республика Беларусь является социальным правовым государством, что означает обеспечение на высоком уровне прав и свобод граждан [10]. Транспортная доступность является одним из критериев социально-экономического развития любой территории, условием жизнедеятельности населения. Качественно организованные транспортные связи обеспечивают возможность свободного перемещения не только населения, но и товаров производственной сферы. Соответственно, чем лучше организованы логистические связи между различными формами расселения людей, а также между промышленными центрами, тем активнее происходит их развитие как в количественном, так и в качественном ключе [2]. Важность исследования транспортной доступности прослеживается не только в экономическом, но и в экологическом аспекте, так как она помогает при поиске оптимальных маршрутов, защите природных зон. Хорошо спланированная транспортная инфраструктура может способствовать улучшению качества жизни граждан, обеспечивая доступ к образованию, медицинскому обслуживанию и другим социальным услугам, что отвечает требованиям социального государства. Кроме того, она может способствовать снижению выбросов загрязняющих веществ и оптимизации других факторов улучшения экологического состояния природной среды. С точки зрения территориального планирования от расположения транспортных хабов зависят очаги наибольшего загрязнения в городе, что целесообразно использовать для анализа расположения зеленых зон.

Материалы и методы исследований. В качестве сравниваемых показателей были рассмотрены значения численности населения городов пяти репрезентативных административных районов Минской области по состоянию на 01.01.2023 г. и значения транспортной доступности, которые складывались в зависимости от наличия в них следующих элементов транспортной сети: автомобильные дороги республиканского значения и железнодорожные пути республиканского значения [8]. Отдельные элементы транспортной системы, находящиеся в непосредственной близости от рассматриваемых городов Республики Беларусь, в зависимости от масштабов пропускного оборота и интенсивности движения, подразделялись на две группы: первую, оцениваемую в 2 балла (железные и автомобильные дороги республиканского значения); и вторую, оцениваемую в 1 балл (местные автомобильные и железные дороги).

Для расчета транспортной доступности административных районов учитывались республиканские магистральные и республиканские прочие дороги. В расчет не входили дороги местного значения ввиду того, что в большинстве случаев такая дорога не ведет в другой район, а, следовательно, не повышает транспортную доступность в масштабах области или района.

Для выявления проблемных районов была выбрана следующая методика. Если район имеет высокие показатели транспортной доступности и пассажирооборота, грузооборота и промышленного производства, то он относится к категории высокой транспортной доступности. Если показатель транспортной доступности низкий, а показатели грузооборота и пассажирооборота высокие, то район относится к группе проблемных. Если все показатели низкие, район включается в группу со средней транспортной доступностью.

При выборе районов для исследования мы руководствовались ранее проведенным исследованием, в котором оценивалась транспортная доступность городов и административных районов всей республики.

Для более правильной оценки была разработана следующая формула:

$$K = \frac{P}{10000} * \frac{P_0}{100000} * \frac{G}{100000} \quad (1)$$

где K – мультипликационный коэффициент ранжирования, P – промышленное производство, P_0 – пассажирооборот, G – грузооборот.

Для того, чтобы формула была численно-устойчивая (чтобы не происходило переполнение целочисленного типа), было произведено деление на нормирующий коэффициент.

Результаты и их обсуждение. После получения результатов транспортной доступности области и плотности транспортной сети районов, была проведена оценка транспортной доступности выбранных районов. По каждому административному району проведен подсчет количества входных\выходных узлов, оценка плотности автомобильного покрытия, промышленного потенциала, показателя пассажирооборота, грузооборота и численности населения. Эти показатели являются ключевыми при оценке транспортной доступности. Пассажирооборот указывает на уровень спроса на транспортные услуги и на туристический потенциал (для рекреационных районов). Грузооборот отражает интенсивность торговли и эффективность транспортной инфраструктуры для перемещения товаров. Уровень промышленного производства свидетельствует о потребностях в транспортировке товаров и сырья. Вместе эти показатели помогают оценить доступность транспорта, его влияние на экономику и социальные условия. После оценивания транспортной доступности, основываясь исключительно на входных\выходных узлах, была получена следующая карта (рис. 1).

Условные обозначения

- Низкая
- Средняя
- Высокая

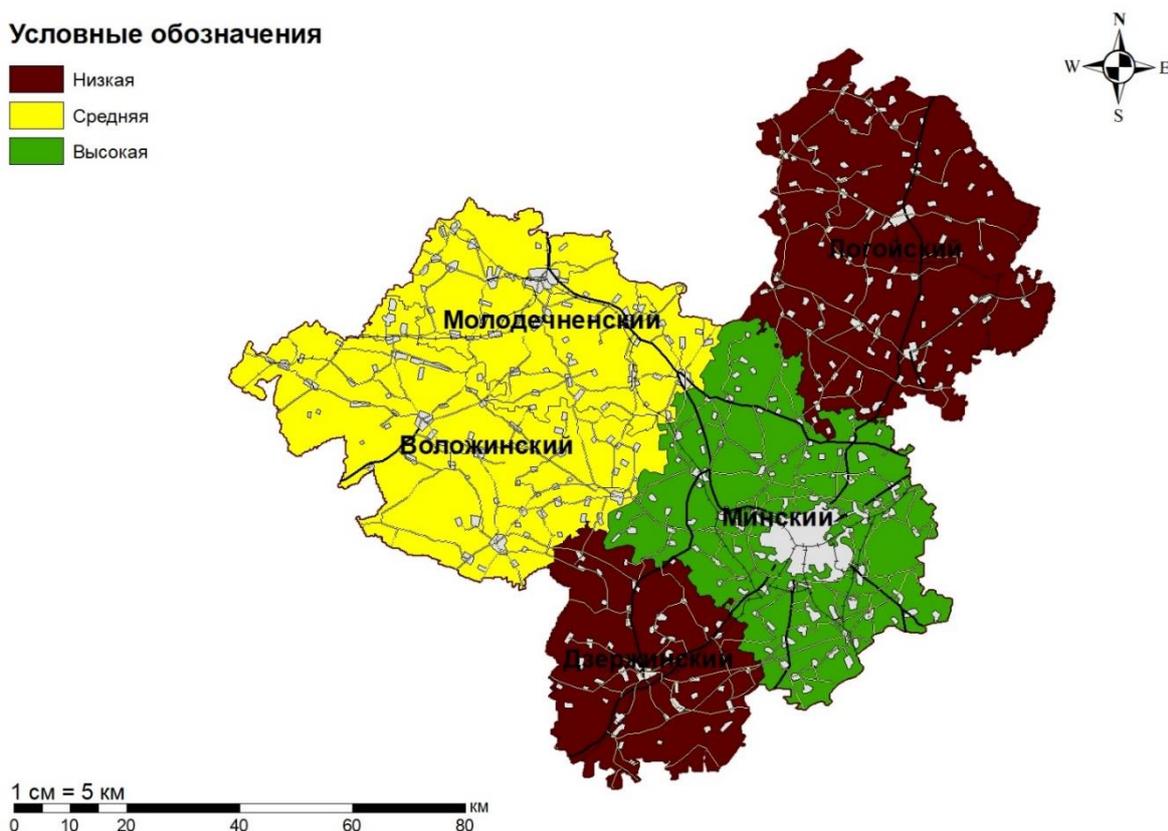


Рис. 1. Карта транспортной доступности исследуемых районов

Наибольшие транспортные баллы чаще соответствуют районам с наибольшим населением, что прослеживается и на республиканском

уровне. Для всех районов кроме Воложинского прослеживается весьма тесная зависимость между населением и транспортной доступностью. Из этого можно сделать вывод что население является основополагающим фактором развития транспортной инфраструктуры.

Для выявления проблемных районов, были оценены очевидные закономерности между показателями населения, плотности транспортной сети, пассажирооборота, грузооборота, промышленного производства и транспортной доступности. После учета вышеуказанных показателей группировка районов несколько изменилась (рис. 2).

Условные обозначения

- Требуется улучшения
- Нормальное состояние
- Отличное состояние

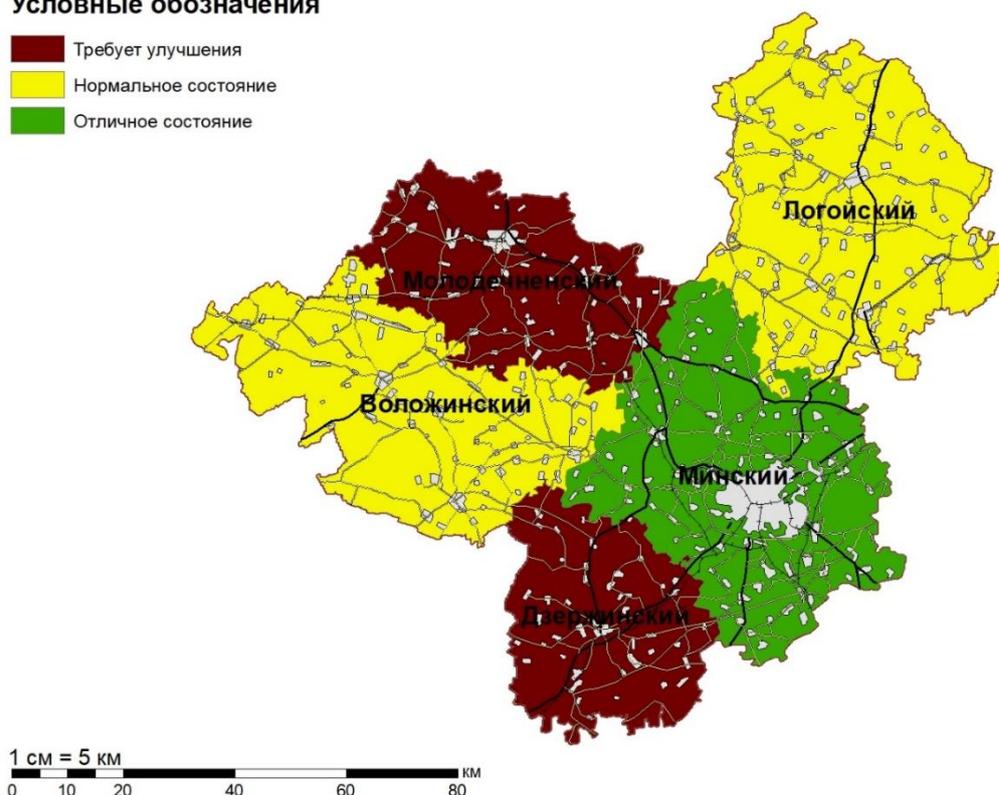


Рис.2. Состояние транспортной инфраструктуры районов на основе логического анализа

Показатели Минского района характеризуются высоким уровнем, балл транспортной доступности составил 46, отнесен в категорию с отличным состоянием транспортной инфраструктуры. Логойский и Воложинский районы составляют группу с нормальным состоянием транспортной инфраструктуры. Дзержинский район имеет один из самых низких баллов транспортной доступности – 25, при этом показатель грузооборота второй по величине среди исследуемых районов, отнесен в группу районов требующих улучшения. Транспортный балл

Молодечненского района составил 33 единицы, отнесен в группу требующих улучшения, все показатели Молодечненского района превышают показатели Воложинского в 3 раза, при различии в балле транспортной доступности в 2.

Заключение. Развитая транспортная система является основополагающим фактором развития городов, административных районов и республики в целом. В первую очередь, транспортная инфраструктура предопределяет увеличение населения городов и административных районов соответственно за счет необходимой связности с другими населенными пунктами и территориальными единицами, обеспечивающей свободное интенсивное передвижение людей, а также перемещение товаров производственной сферы. При проведении исследования была установлена взаимосвязь между транспортной системой и численностью населения административных районов Республики Беларусь. Изучив уровень объемов промышленного производства, грузооборот и пассажирооборот была произведена оценка транспортной доступности административных районов, результат которой был отображен на карте. Низкая транспортная доступность административных районов говорит о наличии проблем в развитии транспортной системы нашей страны. Для решения выявленных проблем предложены следующие пути решения: увеличить количество транспортных путей к районам, относящимся к группе требующих улучшения; расширить возможности транспортной сети Минской области путем внедрения более новых и современных типов транспорта. Изучение транспортной системы и ее влияния на распределение городского населения имеет высокую значимость в рамках устойчивого и пространственного развития Республики Беларусь, поэтому проведенные расчеты транспортной доступности и корреляционной зависимости имеют высокий потенциал в дальнейших исследованиях, направленных на качественное развитие городов, районов и Республики, их транспортной инфраструктуры и повышения уровня жизни горожан [9].

Библиографические ссылки

1. *Безрученюк А. П.* География транспорта и логистика: практикум для студентов факультета географии и геоинформатики. Минск : БГУ, 2019. 52 с.
2. *Бугроменко В. Н.* Транспорт в территориальных системах. 1987. 112 с.
3. *Безрученюк А. П.* Территориальная структура и совершенствование сети дорог автомобильного транспорта Республики Беларусь: автореф. дис. канд. географ. наук: 25.03.02 / А. П. Безрученюк; БГУ. Минск, 2017. 25 с.
4. *Жучкевич О. Н.* Транспортная логистика: практикум. Витебск: УО «ВГТУ», 2018. 40 с.
5. *Иванов М. В.* Повышение уровня транспортной доступности как фактор социально-экономического развития территорий. ФБОУ ВПО ВГАВТ, 2013. 26 с.

6. *Ивуть Р. Б., Стефанович Н. В., Косовский А. А.* Единая транспортная система и география транспорта: учеб. пособие. Минск : БНТУ, 2009. 76 с.
7. *Курочкин Д. В.* Современная складская инфраструктура в Республике Беларусь. // Кафедра логистики межд. университета МИТСО, 2016. 45 с.
8. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [электронный ресурс]. URL: www.belstat.gov.by (дата обращения: 01.10.2022).
9. Транспортная доступность как индикатор развития региона / П. А. Лавриненко [и др.]. 2019. 146 с
10. Конституция Республики Беларусь // с изм. и доп., принятыми на респ. референдумах 24 нояб. 1996 г., 17 окт. 2004г. И 27 фев. 2022г. Минск : Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, 2024. 112 с.

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ВЫРУБОК НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Д. А. Кислицын, К. Я. Лис

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
dimas_13082000@mail.ru, LisKY@bsu.by*

Приводятся результаты комплексного использования индекса VARI и его разницы, рассчитанной на основе разновременных космических снимков Sentinel-2 (даты съемки: 07 мая 2018 г. и 01 мая 2023 г.), а также индексов NDVI и MNDWI, которые использованы для повышения точности при определении контуров лесных вырубок за 5-летний период. Картографирование сплошных рубок в рамках сельсоветов Новогрудской возвышенности выполнено в среде ArcGIS 10.7.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование; Sentinel-2; лесные вырубки; Новогрудская возвышенность.

Введение. Ключевым фактором для оперативного управления лесами и мониторинга лесов является наличие актуальной пространственной информации о состоянии лесных ресурсов. Лесные вырубки являются одним из основных видов нарушений лесного покрова, а для анализа геоэкологических аспектов природопользования может использоваться информация о пространственном распределении сплошных рубок, полученная на основе цифровых технологий, что определяет актуальность исследования.

Идентификация лесных вырубок может проводиться не только на основе данных космической съемки или глобальных продуктов изменений лесного покрова, но и с использованием геометрических метрик [3]. Применение искусственных нейронных сетей при выполнении комплексной обработки разновременных космических снимков Sentinel-2 для картографирования вырубок и ветровалов проанализировано в статье [2].

Цель исследования – геоинформационное картографирование лесных вырубок на территории Новогрудского, Кореличского и Дятловского районов Гродненской области на основе цифровой обработки космических снимков.

Материалы и методы исследований. Мультиспектральные космические снимки Sentinel-2 с уровнем обработки L2A (даты съемки: 07 мая 2018 г. и 01 мая 2023 г.), имеющие пространственное разрешение 10 м для каналов NIR, Red, Green, Blue, использованы в качестве исходных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Исследуемая территория представлена тремя районами Гродненской области (Новогрудский, Кореличский, Дятловский), которые в основном расположены в пределах Новогрудской

возвышенности. Геоинформационный и картографический методы, а также цифровая обработка космических снимков, использованы для проведения исследования.

Индекс устойчивости к видимой атмосфере (VARI) рассчитывается на основе каналов Red, Green, Blue и позволяет выделить растительный покров в видимой части спектра, а также заметно снижает влияние разницы освещения и атмосферных явлений [1]. Расчет спектральных индексов VARI, NDVI, MNDWI выполнен на основе функции «Изображения – Индексы» в ArcGIS Pro, а для индекса VARI также вычислена его разница за 5-летний период, что необходимо для сопоставления уровня вегетации в начале мая. При идентификации участков сплошных рубок использованы значения индекса VARI менее 0 на основе снимка Sentinel-2 за 01 мая 2023 г., а также его разница за исследуемый период – менее -0,06 (т.е. уменьшение индекса VARI в 2023 г. по сравнению с 2018 г.). Для выделения участков, соответствующих данным индексным критериям, выбраны такие инструменты, как «Извлечь по атрибутам» и «Булев оператор And». Следует отметить, что снижение индекса VARI для начала мая за период с 2018 по 2023 гг. проявляется не только для участков лесных вырубок, но и для некоторых контуров пахотных земель из-за смены сельскохозяйственных культур в рамках севооборотов. Пересечение контуров, выделенных на основе индекса VARI, а также его разницы, и растрового слоя лесных земель, полученного по данным векторного слоя из OpenStreetMap, выполнено путем использования инструмента «Булев оператор And». Удаление участков, которые имеют площадь менее 30 пикселей (0,3 га), проведено с помощью инструментов «Группировка» и «Извлечь по атрибутам». Генерализация растровых контуров и их конвертация в векторный формат осуществляется на основе применения инструментов «Фильтр большинства» и «Растр в полигоны».

Однако, использование информации, полученной только на основе анализа индекса VARI, не позволяет достичь требуемой степени достоверности, так как нередко участки заболоченных лесов ошибочно идентифицируются как лесные вырубки, что обусловлено изменениями уровня вегетации в зависимости от уровня грунтовых вод. Индекс MNDWI, который рассчитывается на основе спектральных каналов Green и SWIR [1], может применяться не только для выделения водных объектов, но и для разделения экосистем с различным уровнем влажности почв. В качестве индексного критерия, использованы средние значения MNDWI, которые не превышают -0,19 (на основе космического снимка Sentinel-2 за 01 мая 2023 г.), в рамках векторных контуров сплошных рубок, полученных на основе анализа индекса VARI.

Следует отметить, что для некоторых участков сплошных рубок, проведенных в 2018 и 2019 гг., наблюдается постепенное восстановление уровня вегетации, поэтому в рамках контуров вырубок среднее значение индекса NDVI не превышает 0,35. Сглаживание участков выполнено с помощью инструмента «Сгладить полигоны», а заполнение пробелов –

на основе инструмента «Удалить часть полигона». Плавное округление границ незначительно уменьшило площадь небольших контуров, поэтому в полученном векторном слое были выделены участки, имеющие площадь более 0,27 га.

Для достижения высокой степени достоверности при идентификации сплошных рубок необходима информация не только о спектральных индексах, но и о геометрических характеристиках полигональных объектов. Так, некоторые погрешности связаны с выделением новых широких просек и наиболее крупных полос выборочных рубок, а также с определением небольших участков вдоль рек. Количественный анализ особенностей формы объектов выполнен нами на основе двух геометрических критериев: первый – отношение периметра к площади, умноженное на 100, а второй – отношение периметра к площади, которая взята в квадратный корень. Невысокие значения первого критерия позволяют выбрать относительно крупные участки, для которых не характерна вытянутая форма, но имеющие однородную или извилистую границу. Вторым геометрическим критерием определяет степень вытянутости объектов независимо от их размеров, что позволяет выделить участки вдоль рек, которые не относятся к лесным вырубкам. Далее выполняется выборка объектов, имеющих вытянутую форму: по первому геометрическому критерию значения составляют более 6,5, а по второму – более 5,0 (рис. 1).



Рис. 1. Выборка участков, не относящихся к сплошным рубкам, на основе двух геометрических критериев

Затем осуществляется переключение выборки в таблице атрибутов векторного слоя для выделения участков сплошных рубок, которые экспортируются в отдельный класс пространственных объектов. При использовании только первого геометрического критерия проявляется влияние площади объекта, а в случае применения только второго критерия могут возникнуть

неточности из-за отнесения крупных участков сплошных рубок с извилистой формой границы к линейно-вытянутым объектам, поэтому анализ двух критериев позволяет повысить степень достоверности.

Результаты и их обсуждение. Следует отметить, что участки сплошных рубок, размер которых превышает 10 га, составляют около 15 % от их общей площади, в то время как лесные вырубки с площадью от 1,0 до 5,0 га – 49,8 %. Сплошные рубки в основном сконцентрированы в северо-западной и северной частях Новогрудского района, к западу от городского поселка Козловщина, на северо-западе Дятловского района, в окрестностях бассейна реки Молчадь, в восточной части Кореличского района. Наибольшие площади сплошных рубок (более 250 га) характерны для 4 сельсоветов, которые имеют достаточно высокий уровень лесистости территории, и в них сконцентрировано около 53,7 % от общей площади лесных вырубок Новогрудской возвышенности (рис. 2).

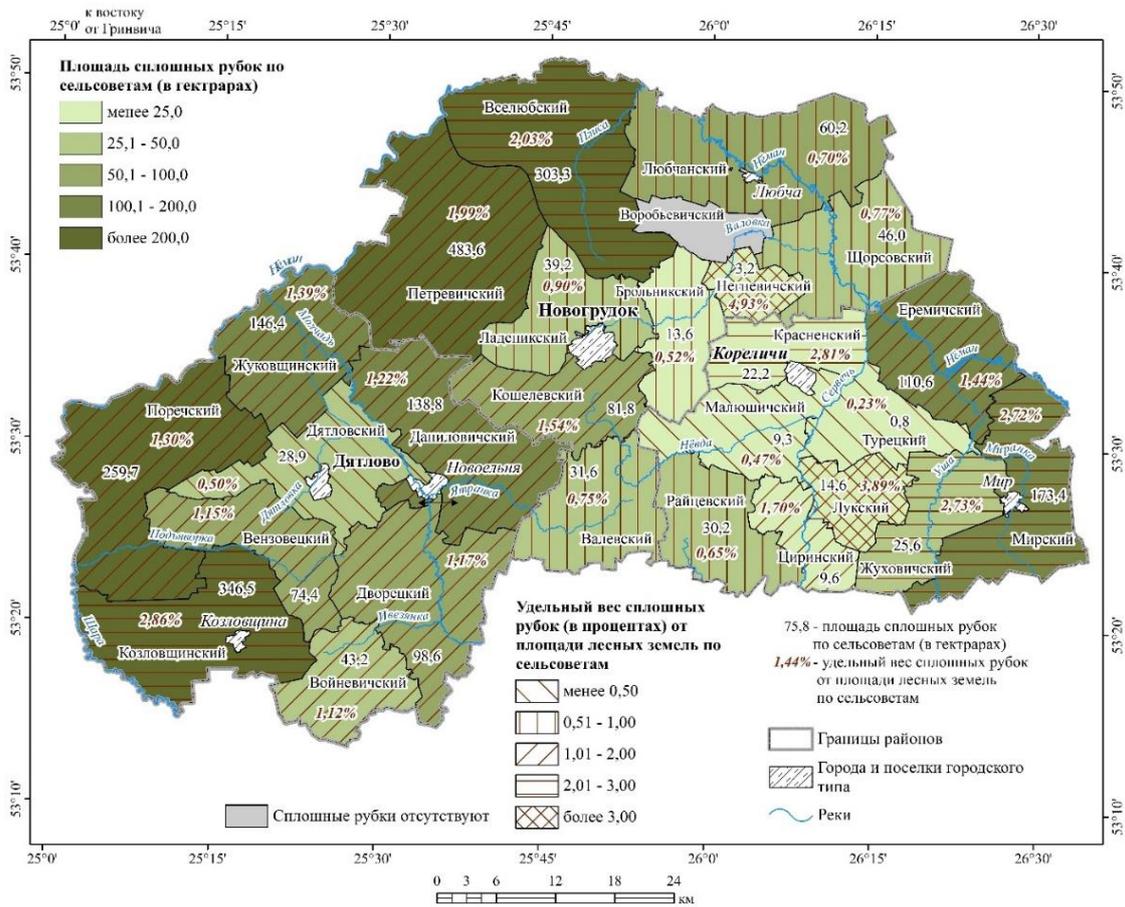


Рис. 2. Карта пространственного распределения сплошных рубок по сельсоветам Новогрудской возвышенности за период с 2018 по 2023 гг.

Для 7 сельсоветов, которые расположены в центральной части Кореличского района, а также к востоку от Новогрудка в окрестностях бассейна реки Валовка, сплошные рубки встречаются фрагментарно и их площадь не превышает 25 га, что обусловлено очень высокой сельскохозяйственной освоенностью территории и наличием небольших участков лесных земель. Для такого показателя, как удельный вес сплошных рубок от площади лесных земель, пространственные закономерности несколько отличаются. Так, наиболее высокие значения данного показателя (более 3 %) характерны для Лукского и Негневичского сельсоветов, что обусловлено очень низкой лесистостью территории, поэтому наличие даже относительно небольших вырубок делает более высоким их удельный вес от площади лесных земель. Для большей части сельсоветов исследуемой территории удельный вес сплошных рубок от площади лесных земель составляет от 0,5 % до 2,0 %.

Таким образом, общая площадь сплошных рубок, полученная на основе использования только индексных критериев, составила 2880 га, а после применения геометрических критериев – 2596 га. Для оценки степени достоверности использовались среднегодовые значения площадей сплошных рубок в пределах территории ГЛХУ «Дятловский лесхоз» и ГЛХУ «Новогрудский лесхоз» (расположены преимущественно в границах Дятловского, Новогрудского и Кореличского районов), которые составляют в среднем около 500 га за 1 год. Эффективность использования представленной методики подтверждается высокой точностью (более 90 %), которая рассчитана при сопоставлении площадей сплошных рубок за 5-летний период.

Заключение. Таким образом, комплексное использование различных спектральных индексов (VARI, MNDWI, NDVI), а также разницы индекса VARI за 5-летний период при сопоставлении уровня вегетации в начале мая, позволяет идентифицировать сплошные рубки, а также уменьшить количество ошибочно определенных контуров, связанных с участками заболоченных лесов. Для повышения уровня точности использована информация о двух геометрических критериях, рассчитанных на основе периметра и площади векторных контуров, что необходимо для удаления линейно-вытянутых полигональных объектов (новые широкие просеки и наиболее крупных полосы выборочных рубок, а также небольшие участки вдоль рек), которые не относятся к сплошным рубкам.

Библиографические ссылки

1. Галерея индексов ArcGIS Pro [Электронный ресурс]. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/data/imagery/indices-gallery.htm> (дата обращения: 12.07.2024).

2. Распознавание вырубок и ветровалов по спутниковым снимкам Sentinel-2 с применением сверточной нейронной сети U-net и факторы, влияющие на его точность / А. И. Канев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20, № 3. С. 136–151.

3. Швецов Е. Г., Пономарев Е. И. Мониторинг сплошных вырубок с использованием спутникового продукта глобального изменения лесного покрова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 4. С. 140–148.

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ г. КОБРИНА)

П. В. Книга¹⁾, А. А. Карпиченко²⁾

¹⁾ Государственное научное учреждение «Институт природопользования
Национальной академии наук Беларуси», *knigarv@mail.ru*

²⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, *karpi@bsu.by*

Изложены результаты исследования почв г. Кобрин, а также их статистической обработки. Изучены и проанализированы корреляционные связи между тяжелыми металлами, проведен факторный анализ, выделены геохимические ассоциации в почвах города. Выявлены факторы, которые объясняют общую дисперсию, приведены выводы, трактующие природу ассоциаций элементов.

Ключевые слова: тяжелые металлы; геохимия ландшафта; факторный анализ; метод главных компонент; геохимическая ассоциация.

Введение. На территории городов формируются специфические городские ландшафты, сочетающие в себе природные и антропогенные компоненты, в которых выбросы, стоки и отходы промышленных предприятий, коммунально-бытовых объектов и транспорта создают искусственные геохимические потоки и обширные аномалии загрязняющих веществ [1, 2, 3]. В данной статье рассматриваются почвы г. Кобрин, как депонирующая среда, в которой обычно накапливаются и преобразуются продукты техногенеза, оказывающего заметное влияние на ландшафты Полесья [5]. Эффективное исследование трансформации почвенного покрова под воздействием природных и техногенных факторов не представляется возможным без использования методов математической статистики.

В соответствии с учением о биосфере В.И. Вернадского природные геохимические системы многокомпонентны, поэтому основной особенностью геохимического образа депонирующих сред, как объекта исследования является его многомерность. С другой стороны, природные и техногенные процессы многофакторны, и результат процессов (городские почвы) представляет собой результат наложения и сложения большого числа одновременно действующих сил и механизмов [3, 4], что обосновывает применение совокупности статистических методов, сформированных на основе реально существующих связей объектов (признаков) позволяют выявить латентные (неявные) обобщающие характеристики структуры изучаемых объектов (факторы).

Материалы и методы исследований. Пробоподготовка и химико-аналитические работы были выполнены в научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов БГУ.

Изучение накопления тяжелых металлов в почвах г. Кобриня проводилось путем отбора смешанных проб из поверхностных горизонтов почв. Пробные площадки располагались в различных функциональных зонах города. Образцы почв высушивались в муфельной печи при 105 °С до абсолютно сухого состояния, просеивались через сито диаметром 1 мм, взвешивались, после чего проводилось сухое озоление пробы в муфельной печи при температуре 440–450 °С. После озоления проба охлаждалась в эксикаторе, взвешивалась для определения потерь при прокаливании, и растиралась до пудрообразного состояния. Потери от прокаливании (в основном за счет органического вещества) составили в среднем 2,9 % (варьирование в пределах от 0,1 до 6,8 %). Анализ валового содержания Cu, Pb, Mn, Ni, Sn, Cr, Ti в почвах производился эмиссионно-спектральным методом на многоканальном атомно-эмиссионном спектрометре ЭМАС-200ДДМ в дуге переменного тока.

Результаты и их обсуждение. Многомерный статистический анализ выполнен методом главных компонент в программе Statistica. Как значимые рассматривались факторы с собственным значением выше 1 (критерий Кайзера), в итоге было выделено три фактора, которые объясняют около 82 % общей дисперсии (табл. 1).

Таблица 1

Собственные значения факторов

Значения факторов				
Фактор (F)	Собственные значения	% общей дисперсии	Суммарные собственные значения	Суммарный % общей дисперсии
1	2,78	39,75	2,78	39,75
2	1,80	25,73	4,58	65,49
3	1,12	16,59	5,71	81,51

Интерпретация результатов факторного анализа осуществлялась по значениям нагрузок, которые являются коэффициентами корреляции между выделенными компонентами и переменными. Переменные, более тесно коррелирующие с данным фактором, чем с другими, формируют его ядро. Сами компоненты и соответствующие им ассоциации ранжируются согласно степени влияния, оцениваемой по их вкладу в общую дисперсию. Значения факторных нагрузок по элементам показаны в табл. 2.

Стоит отметить, что подобное распределение элементов между факторами является не слишком удобным для содержательной интерпретации, элементы имеют существенные связи сразу с несколькими факторами, что затрудняет определение причинности подобного распределения. Чтобы преодолеть эту неоднозначность при факторном анализе допускается «вращение» матрицы факторных нагрузок, что способствует более отчетливому выявлению групп признаков, которые определяют тот или иной фактор. Наиболее часто употребляется ортогональное вращение по варимаксу (Varimax), при котором происходит минимизация количества переменных с высокой факторной нагрузкой.

Таблица 2

Матрица факторных нагрузок

Элемент	F1	F2	F3
Cu	-0,85	0,40	-0,11
Pb	-0,84	0,35	0,05
Mn	-0,48	0,05	-0,34
Ni	-0,68	0,36	0,52
Sn	-0,55	-0,70	-0,34
Ti	-0,11	0,80	0,77
Cr	-0,58	0,26	-0,06

В результате применения этого метода в Statistica получили результаты более однородные собственные значения факторов, что в табл. 3.

Таблица 3

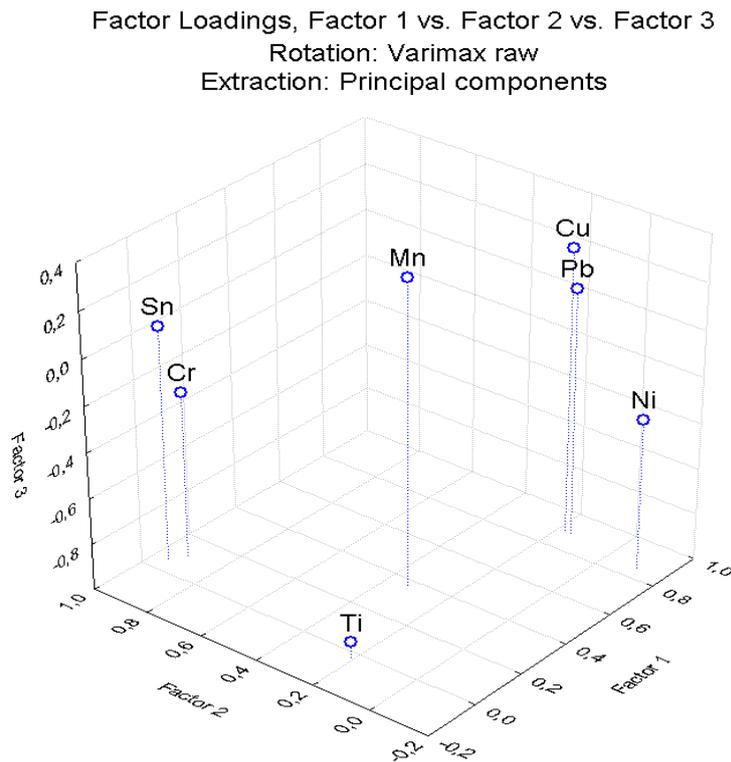
Матрица факторных нагрузок (Варимакс)

Элементы	F1	F2	F3
Cu	0,90	0,19	0,24
Pb	0,89	0,16	0,08
Mn	0,37	0,33	0,32
Ni	0,86	-0,11	-0,35
Sn	0,06	0,95	0,02
Ti	-0,02	0,21	-0,93
Cr	0,11	0,92	-0,28

Многомерный статистический анализ выполнен на основе корреляционной матрицы методом главных компонент с последующим варимакс-вращением корреляционной матрицы с целью упрощения содержательной интерпретации результатов анализа (рисунок).

В результате первый фактор в заметной мере объясняет характер накопления никеля, меди и свинца, второй – олова и хрома, третий – титана. Марганец не входит ни в одну ассоциацию и имеет близкую к слабой связь со всеми факторами, что указывает на возможную полигенетичность характера его накопления, при котором оно определяется целой совокупностью причин, при которой сложно выделить ведущий фактор.

Исходя из характера распределения можно предположить, что распределение титана в большей мере связано с естественными факторами, в первую очередь – неоднородность почвенного покрова, связанная с различиями в гранулометрическом составе и генезисе почвообразующих пород, в то время как в накоплении остальных элементов есть ряд признаков техногенного накопления, что проявилось в точечном характере максимальных значений факторных координат. При этом факторы техногенеза различаются для ассоциаций элементов Cu–Pb–Ni и Sn–Cr.



Факторный анализ ассоциаций элементов почв г. Кобрина

Заключение. Факторный анализ выполнен на основе корреляционной матрицы методом главных компонент с последующим варимакс-вращением. Первый фактор определяет характер накопления в верхнем горизонте почв г. Кобрин Cu–Pb–Ni, второй – Sn–Cr, третий – Ti. Накопление марганца носит явный многофакторный характер без ярко выраженной доминанты.

Таким образом, в данной статье изложены результаты исследования городских почв, а также их статистической обработки. Установлено три фактора с собственным значением выше 1, объясняющие около 82 % общей дисперсии, выделены геохимические ассоциации. Приведены выводы, трактующие возможную природу ассоциаций элементов.

Библиографические ссылки

1. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт [и др.]. М. : Недра, 1990. 335 с.
2. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М. : Высшая школа, 1988. 328 с.
3. Городская среда: геоэкологические аспекты / В. С. Хомич [и др.]. Минск : Беларуская навука, 2013. 281 с.
4. Хомич В. С., Какарека С. В., Кухарчик Т. И. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси. Минск : Минсктиппроект, 2004. 260 с.
5. Чертко Н. К., Карпиченко А. А. Техногенные нагрузки на ландшафты Белорусского Полесья // Вестн. Белорус. ун-та. 2013. Сер. 2. № 2. С. 62–65.

ДИНАМИКА И НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ СЛУЧАЕВ СИЛЬНОГО ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

И. В. Костюченко¹⁾, И. С. Данилович^{1,2)}

¹⁾ *Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь,
kostyuchenko_irina89@mail.ru, irina-danilovich@yandex.ru*

²⁾ *Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

В работе представлен анализ числа случаев сильного ветра, как опасного метеорологического явления, приведена информация о последствиях разрушительной силы ветра в Беларуси. В среднем на территории страны регистрируется 10-20 опасных метеорологических явлений в год, около 19 % от их общего количества приходится на сильный ветер. Наибольший ущерб отмечается, когда скорость ветра достигает 25 м/с. За период 2009-2023 гг. не выявлен значимый тренд числа случаев сильной скорости ветра, но их число остается стабильным на уровне 5-8 случаев в год.

Ключевые слова: изменение климата; сильный ветер; опасные гидрометеорологические явления; риски; ущерб

Изменение климата влияет на многие сферы экономической деятельности человека. Всемирный экономический форум в 2017 и 2018 гг. выпустил ежегодные доклады, посвященные глобальным рискам. Наиболее значимым среди них названы экстремальные погодные явления, что указывает на возрастание значимости гидрометеорологического фактора в устойчивом развитии общества.

Возрастающая изменчивость климатических условий проявляется в увеличении экстремальности климата и повторяемости опасных метеорологических явлений, что приводит к возникновению природно-техногенных катастроф. Во всем мире число зарегистрированных стихийных бедствий, связанных с погодой, за период с 1960-х гг. увеличилось более чем в три раза [1]. На рис. 1 приведено распределение суммарного числа случаев всех опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды в России за 1991—2015 гг., нанесших социальные и экономические потери [2].

Как отмечено в [3], вследствие изменения климата на территории Республики Беларусь также участились случаи опасных гидрометеорологических явлений. Кроме того, эксперты Всемирного банка еще в 2005 г. оценивали ежегодный ущерб от воздействия опасных гидрометеорологических явлений в Беларуси в размере 90 млн. долларов США.

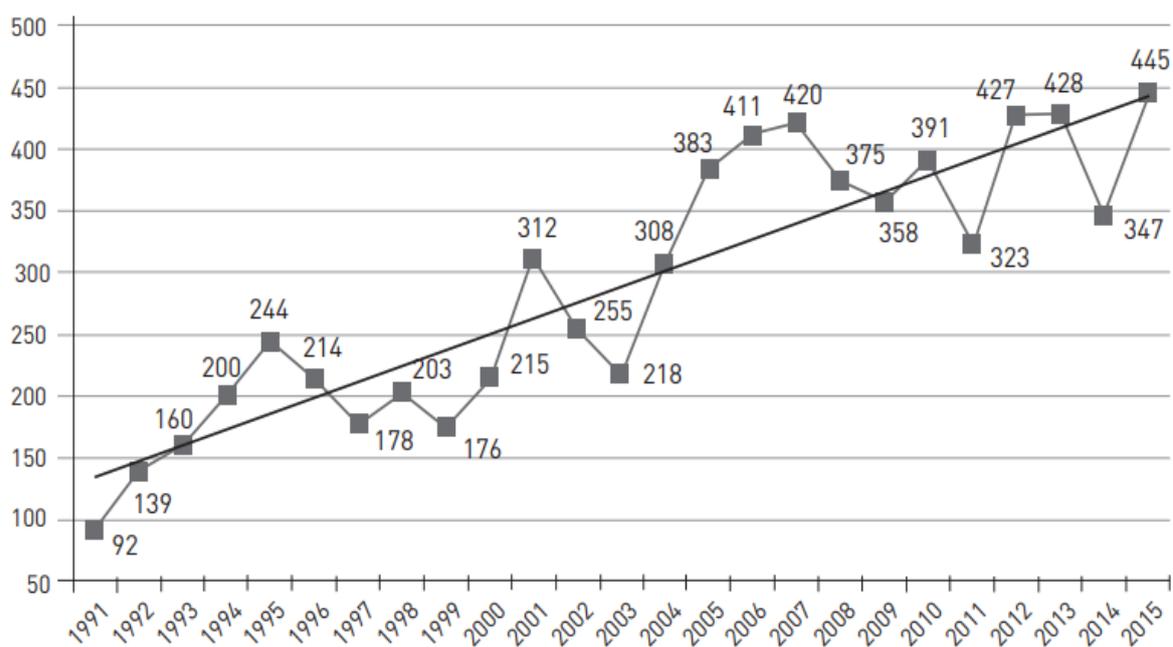


Рис. 1. Распределение числа случаев опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды за период 1991-2015 гг., нанесших социальные и экономические потери
Составлено по: [2]

На территории Беларуси наблюдаются более 20 гидрометеорологических явлений, которые могут нарушать производственную деятельность, нанести значительный ущерб отраслям экономики, а также привести к человеческим жертвам. К таким неблагоприятным погодным явлениям относятся и сильные ветры. Сильные ветры повреждают постройки, затрудняют работу автотранспорта, значительно влияют на лесное и сельское хозяйство.

В Беларуси в среднем регистрируется от 10 до 20 опасных метеорологических явлений в год. При этом около 19 % от общего количества случаев приходится на сильный ветер. Большинство из них носит локальный характер, но в отдельные годы может охватывать значительную территорию страны. Наиболее часто случаи ущерба отмечаются, когда скорость ветра достигает 25 м/с и более. Согласно [4], максимальная скорость ветра, включая порывы, равная и (или) превышающая 25 м/с, считается опасным метеорологическим явлением. В таблице 1 приведены сведения о зафиксированном ущербе от ветра со скоростью 25 м/с и более на территории Беларуси за период с 2021 по 2024 гг.

**Ущерб от случаев сильного ветра на территории Беларуси
за период с 2021 по 2024 гг.**

Дата	Скорость ветра	Ущерб
25.06.2021	25 м/с	Зафиксированы 75 случаев падения деревьев в Витебской, Гомельской, Минской и Могилевской областях, в результате которых повреждены 17 легковых автомобилей. В 2 районах Витебской области, 3 районах Могилевской области и г. Могилеве зафиксированы случаи повреждения кровель 16 жилых домов, 1 производственного здания и 12 сельскохозяйственных зданий. В течение суток на территории республики периодически нарушалось электроснабжение 827 населенных пунктов.
17.08.2021	25 м/с	Пострадал 31 населенный пункт в Брестской, Витебской, Гродненской, Минской и Могилевской областях, и г. Минск. Повреждены кровли 56 жилых домов, 1 объекта соцкультбыта, 4 производственных и 56 сельскохозяйственных зданий. Зафиксированы 340 случаев падения деревьев в Витебской, Гродненской, Минской областях и в г. Минске. Элементами кровель и поваленными деревьями повреждены 44 автомобиля в Витебской области и в г. Минске. В результате падения деревьев на железнодорожные пути произошла задержка в движении 2 пассажирских поездов. Травмированы 3 человека. Нарушалось электроснабжение 1016 населенных пунктов, 107 сельскохозяйственных зданий и 3264 трансформаторных подстанций.
14.01.2022	32 м/с	В 93 районах республики пострадали 982 населенных пункта и г. Минск. Разрушено 1 сельскохозяйственное здание (склад), повреждены кровли 687 жилых домов, 125 объектов соцкультбыта, 36 производственных и 1742 сельскохозяйственных зданий. Элементами кровель и поваленными деревьями повреждены 32 автомобиля. В Ляховичском, Толочинском, Вороновском и Могилевском р-нах зафиксированы падения деревьев на железнодорожные пути и воздушные линии электропередач. Задержка движения 42 поездов. В г. Минске травмирована гражданка 1955 г.р., в Могилеве пострадали 2 человека. В г. Минске на акватории водохранилища Дрозды работниками ОСВОД доставлены со льда на берег 15 рыбаков, которые не могли самостоятельно покинуть лед из-за сильных порывов ветра. В г. Орша в результате обрушения опор эстакады теплотрассы произошло повреждение контактной линии электропоездов и трубопровода теплоснабжения диаметром 150 мм. Нарушалось электроснабжение 3114 населенных пунктов.

Дата	Скорость ветра	Ущерб
17.01.2022	27 м/с	В 10 районах страны пострадали 33 населенных пункта. Повреждены кровли 11 жилых домов, 3 объектов соцкультбыта, 1 производственного и 36 сельскохозяйственных зданий. Зафиксированы 38 случаев падения деревьев, в результате которых повреждены 3 автомобиля. Периодически нарушалось электроснабжение 941 населенного пункта
12.05.2022	31 м/с	Пострадали 444 населенных пункта. Повреждены кровли 351 жилого дома, 58 хозяйственных построек, 83 объектов соцкультбыта, 59 производственных и 759 сельскохозяйственных зданий. Зафиксированы 274 случая падения деревьев, повреждены 43 автомобиля. Произошла задержка в движении 4 пассажирских поездов. Получили травмы 5 человек. Электроснабжение 1586 населенных пунктов, 292 сельскохозяйственных зданий и 6185 трансформаторных подстанций.
07.08.2023	25 м/с	Пострадали 92 населенных пункта, повреждены кровли 59 жилых домов, 2 хозяйственных построек, 20 объектов соцкультбыта, 7 производственных и 93 сельскохозяйственных зданий. Остались без электроснабжения 65 населенных пунктов и 102 трансформаторных подстанции.
08.10.2023	28 м/с	Пострадали 12 населенных пунктов. Повреждены кровли 4 жилых домов, 3 здания соцкультбыта и 10 сельскохозяйственных зданий. Зафиксированы 254 случая падения деревьев. Упавшими деревьями повреждены 22 автомобиля. Периодически нарушалось электроснабжение 842 населенных пунктов, 77 сельскохозяйственных зданий и 2945 трансформаторных подстанций.
13.07.2024 14.07.2024	29 м/с	В 39 районах республики пострадали 1042 населенных пункта. Повреждены кровли 4117 жилых домов, 87 объектов соцкультбыта, 1283 сельскохозяйственных зданий, 16 производственных зданий и 590 хозяйственных построек. Зафиксированы 372 случая падения деревьев, которыми были повреждены 25 автомобилей. Упавшим деревом убит человек, травмировано 8 человек. В результате порыва ветра произошло обрушение части кирпичной стены частного жилого дома.

Ветер такой силы приводит к обрыву проводов и линий электропередач; разрушению инженерных сооружений и систем жизнеобеспечения, дорог и мостов, промышленных и жилых зданий. Сильные ветры наносят ущерб сельскому хозяйству, сдувая верхний слой почвы, оказывают механическое воздействие на растения. На рис. 2 приведено количество случаев сильного ветра по отношению к общему числу зафиксированных чрезвычайных ситуаций природного характера за период с 2009 по

2023 гг. За этот период прослеживается тенденция увеличения повторяемости чрезвычайных ситуаций природного характера, но для числа случаев сильной скорости ветра не выявлен значимый тренд, однако их число остается стабильным на уровне 5-8 случаев в год.



Рис.2. Количество случаев сильного ветра по отношению к чрезвычайным ситуациям (ЧС) природного характера за период с 2009 по 2023 гг.
Составлено по данным о чрезвычайных ситуациях МЧС Беларуси

В работе [5] отмечается, что наибольшая повторяемость сильного ветра характерна для большей части территории Витебской области, южных районов Минской области, центральных и северо-восточных районов Могилевской области, а также западных и северных районов Гродненской области.

Согласно данным Белгидромета, скорость 30 м/с и более наблюдалась на метеорологических станциях Славгород (2022 г.), Кличев (2022 г.), Слуцк, (в 2016 г. и в 2004 г.), Ошмяны (в 2005 г.). Максимальная скорость ветра была зарегистрирована 29.07.2016 г. продолжительностью 17 минут на станции фонового мониторинга Березинский заповедник (Витебская область) и составила 35 м/с. Формирование подобных ветров ураганной силы можно связать с перестройкой в климатической системе, вызванной потеплением климата. В работе [6] отмечается, что динамика параметров ветра взаимосвязана с процессом перераспределения тепла в системе океан-атмосфера и увеличение тепла в верхних слоях океана способствует трансформации атмосферной циркуляции и, следовательно, ветра.

Библиографические ссылки

1. *Соколов Ю. И.* Риски экстремальных погодных явлений // Проблемы анализа риска. 2018. Том 15, № 3. С. 6 – 21.
2. *Огонесян В. В., Орлова Е. А.* Оценки рисков нанесения ущербов экономике опасными метеорологическими явлениями погоды. [Электронный ресурс]. URL: <https://method.meteorf.ru/publ/tr/tr362/ogan.pdf> (дата обращения 16.09.2024 г.)
3. *Бертош Е., Лукашевич Т., Русаков Д.* Национальный доклад: уязвимость и адаптация к изменению климата в Беларуси. Минск, 2014. 43 с.
4. ТКП 17.10-06-2008 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила составления краткосрочных прогнозов погоды общего назначения // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Минск, 2008. 34 с.
5. *Буяков И. В., Данилович И. С.* Современные особенности распространения сильного ветра и смерчей на территории Беларуси // Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. В 7 ч. Ч. 1. Современные проблемы гидрометеорологии / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2024. С. 48-52.
6. *Логинов В. Ф., Лысенко С. А., Мельник В. И.* / Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования. 2-е изд. Минск: УП «Энциклопедике», 2020. 264 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ МЕТРИК ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ОЗЕЛЕНЕННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ г. БАРАНОВИЧИ)**

М. А. Крупская

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
maria.krupskaaya@gmail.com*

В настоящем исследовании проведена оценка ландшафтной структуры озелененных территорий общего пользования города Барановичи с использованием анализа индексов ландшафтной структуры и метода главных компонент.

Ключевые слова: озелененные территории общего пользования; ландшафтные метрики; пространственная структура.

Введение. В соответствии с одним из основных положений теории ландшафтной экологии, пространственная структура организмов, популяций и экосистем в ландшафте отражает действие природных и антропогенных факторов, и в свою очередь формирует многие экологические процессы. Эта взаимосвязь пространства и процессов происходящих в его пределах определила количественную оценку ландшафтной структуры как одну из наиболее фундаментальных задач ландшафтной экологии.

Появление пакета анализа FRAGSTATS почти 30 лет назад позволило значительно преобразовать анализ ландшафтной структуры и утвердить индексы ландшафтной структуры или «ландшафтные метрики» в наборе статистических инструментов многих экологов и биогеографов [2].

В теории ландшафтной экологии ландшафт представляется как гетерогенный регион, состоящий из ряда различных участков (patches) или компонент ландшафтной структуры. Под ландшафтной структурой (landscape pattern) понимается пространственная конфигурация участков ландшафта различных размеров и форм. Ландшафтная структура отражает не только его неоднородность, но и следствия антропогенной деятельности и природных процессов в разных масштабах [6].

Ландшафтные метрики - это количественные показатели, описывающие структурные и пространственные аспекты ландшафта. Для описания ландшафтной структуры используются метрики, разработанные для оценки на уровне участков (например, размер, форма) и ландшафта в целом (плотность и разнообразие участков, их связность) [3]. При этом цель анализа ландшафтной структуры должна заключаться в установлении

связи между ландшафтными метриками и их влиянием на экологические процессы, но не полагать количественное описание пространственной структуры как самоцель [2].

В качестве ландшафта может рассматриваться как городское пространство в целом, так и его отдельные зоны, в частности озелененные территории (ОТ). Структура ОТ имеет решающее значение для поддержания биоразнообразия [4]. Обеспечение рационального размещения озелененных территорий может способствовать росту количества и качества экосистемных услуг [1]. Оценка ландшафтной структуры находит свое применение и в сфере городского планирования [5].

Материалы и методы исследований. Город Барановичи — административный центр одноименного района в Брестской области, расположен в северо-восточной ее части, в трансъевропейском коридоре Е-2. Барановичи — крупный промышленный, образовательный и культурный центр, ключевой транспортный узел на западе Беларуси.

В качестве материалов для настоящего исследования использовались публичные данные Схемы озелененных территорий общего пользования г. Барановичи, пространственные данные УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА» и изображение от 12 июля 2023 с пространственным разрешением 10 м полученное в рамках миссии Sentinel-2. На основании ДЗЗ был рассчитан индекс NDVI, по значениям которого были выделены зеленые насаждения города.

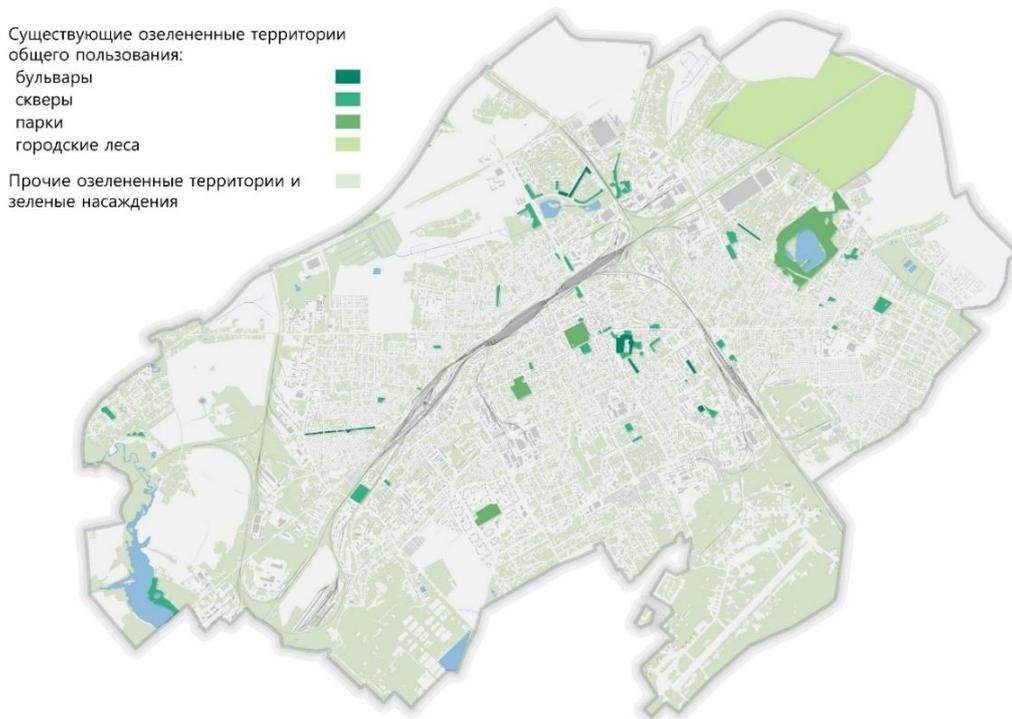
В работе для анализа были выбраны три типа показателей (площадь, форма и агрегация). Показатели площади: плотность участков (Patch Density, PD), индекс наибольшего участка (Largest Patch Index, LPI) и индекс формы ландшафта (Landscape Shape Index, LSI); показатели формы: средневзвешенная площадь участка (Area-weighted mean patch area, AREA_AM), усредненный индекс формы участка (Mean patch shape index, SHAPE_MN) и индекс разделенности ландшафта (Landscape Division Index, DIVISION), а показатели агрегации включали размер полезной сетки (Effective Mesh Size, MESH) и индекс агрегации (Aggregation Index, AI). Затем с помощью программы Fragstats4.0 были рассчитаны индексы ландшафтной структуры озелененных территорий общего пользования (ОТОП) по видам. Метод главных компонент (PCA) был использован для интеграции рассчитанных значений метрик и оценки качества ОТОП.

PCA - метод, используемый для создания минимального набора данных. Это метод многомерного статистического анализа, в котором небольшое число важных переменных, называемых главными компонентами, выбирается путем линейного преобразования множества переменных. PCA объединяет комплексные показатели переменных с минимальной потерей исходной информации [37]. Формула PCA выглядит следующим образом (формула (1)):

$$F_p = a_{1i}Z_{x1} + a_{2i}Z_{x2} + a_{3i}Z_{x3} + \dots + a_{pi}Z_{xp} \quad (1)$$

где $a_{1i}, a_{2i}, \dots, a_{pi} (i = 1, 2, \dots, m)$ - собственный вектор, соответствующий собственному значению ковариационной матрицы X ; $Z_{x1}, Z_{x2}, \dots, Z_{xp}$ - нормализованное значение исходной переменной.

Результаты и их обсуждение. В г. Барановичи выделено 58 ОТОП общей площадью 458 га. ОТОП включают: 8 бульваров (12 га), 44 сквера (50 га) и 4 парка (69 га), два из которых в центре, два — на периферии. Участок городского леса на востоке занимает 326 га. В структуре озелененных территорий отсутствуют целостность и связующие коридоры: малые участки сосредоточены в центре и у водоемов, крупные — на окраинах города (рисунок).



Виды существующих озелененных территорий общего пользования г. Барановичи

В табл. 1 приведены результаты анализа индекса ландшафтной структуры озелененных территорий общего пользования.

Анализ отдельных значений ландшафтных метрик показывает, как существенные различия, так и некоторые сходства в их характеристиках. Прежде всего, стоит отметить, что индекс разделенности ландшафта (DIVISION) одинаков для всех типов ОТОП и равен 1, что свидетельствует о полной изолированности территорий друг от друга. Также во всех

категориях наблюдается высокий индекс агрегации (AI), особенно у городских лесов (99,64) и парков (99,26), следовательно, ОТОП одного и того же типа сконцентрированы в крупные блоки.

В то же время по ряду параметров отмечаются существенные различия. Например, плотность участков (PD) значительно выше у скверов (1,18), тогда как у парков и бульваров она существенно ниже (0,08 и 0,22 соответственно). Индекс наибольшего участка (LPI) наиболее высок у городских лесов (2,70), у бульваров этот показатель минимален (0,02).

Индекс формы ландшафта (LSI) также различается: наиболее высокое значение у скверов (20,67) указывает на более сложную и менее регулярную форму их участков. Напротив, у парков и городских лесов этот показатель ниже (7,79 и 8,33 соответственно), что говорит о более упорядоченной форме.

Значение показателя эффективного размера сетки (MESH), описывающего агрегацию, также варьируются: у городских лесов этот показатель наиболее высок (10,42), так как участок является крупным и непрерывным, тогда как у бульваров он минимален (0,00), что указывает на их фрагментированность.

Таблица 1

**Ландшафтные индексы озелененных территорий общего пользования
г. Барановичи**

Вид ОТОП	PD	LPI	LSI	AREA_AM	SHAPE_MN	DIVISION	MESH	AI
бульвары	0,22	0,02	9,26	1,37	1,69	1,00	0,00	97,46
скверы	1,18	0,56	20,67	48,59	1,76	1,00	1,17	98,94
парки	0,08	0,47	7,79	54,91	2,02	1,00	0,32	99,26
городские леса	0,25	2,70	8,33	351,67	1,99	1,00	10,42	99,64
все территории	1,74	2,70	1,01	197,57	5,38	1,00	11,91	99,30

В ходе PCA были выделены две главные компоненты с коэффициентами вклада - 63 и 21 %, соответственно; совокупный коэффициент вклада - 84 %. Это свидетельствует о высокой достоверности главных компонент. Линейное уравнение главных компонент было составлено с использованием следующих собственных векторов (уравнения (2) и (3)):

$$F_1 = 0,027X_1 + 0,418X_2 - 0,299X_3 + 0,329X_4 + 0,388X_5 - 0,375X_6 + 0,427X_7 + 0,277X_8 \quad (2)$$

$$F_2 = -0,430X_1 + 0,246X_2 + 0,106X_3 + 0,496X_4 - 0,368X_5 + 0,414X_6 + 0,162X_7 + 0,403X_8 \quad (3)$$

где $X_1 \sim X_8$ соответствуют значениям индексов PD, LPI, LSI, AREA_AM, SHAPE_MN, DIVISION, MESH, SPLIT и AI после стандартизации.

Далее были рассчитаны соответствующие баллы главных компонент для различных типов парков, и, наконец, была проведена комплексная оценка ландшафтной структуры ОТОП. Ниже приводится уравнение (4) комплексной оценки:

$$E = 0,6256F_1 + 0,2135F_2 \quad (4)$$

где F_1 и F_2 - значения первой и второй главных компонент, соответственно.

Значения по первой компоненте в значительной степени определяются городским лесом, что свидетельствует о высоком влиянии территорий этого вида на общее состояние озелененных территорий. Второй по значимости вес приходится на парки. Бульвары и скверы, в свою очередь, имеют отрицательное влияние на обе главные компоненты (табл. 2).

Таблица 2

Итоговая оценка озелененных территорий общего пользования г. Барановичи

Вид ОТОП	Первая компонента	Вторая компонента	Комплексный балл
бульвары	-2,33	-0,94	-165,78
Скверы	-1,49	-0,29	-99,49
Парки	-1,25	0,30	-71,50
городские леса	1,31	2,34	132,05
все территории	3,76	-1,41	204,72

Комплексный балл представляет общую оценку каждого вида территории. Городские леса имеют наилучшую ландшафтную структуру с баллом 132,05 благодаря большой площади и правильной форме. Для всех остальных видов ОТОП комплексный балл имеет резко отрицательные значения. Ландшафтная структура парков (-71,50) оценивается несколько лучше структуры скверов (-99,49). Бульвары, с баллом -195,71, имеют наихудший показатель вследствие своей малой площади и фрагментарной природы. Таким образом комплексная оценка структуры ОТОП подтверждает выводы, полученные в результате анализа отдельных ландшафтных индексов территорий.

Заключение. Несмотря на ограничения, связанные с разрешением данных, площадью исследуемой территории, и наиболее существенные ограничения, связанные с установлением экологической значимости ландшафтных метрик, такие показатели продолжают широко использоваться, поскольку являются простым, доступным инструментом для оценки изменений в ландшафтной структуре и, как следствие, изменений в базовых экологических процессах.

В работе рассматривается ландшафтная структура ОТОП г.Барановичи на основании набора ландшафтных индексов, описывающих площадь участков (PD, LPI, LSI), форму участков (AREA_AM, SHAPE_MN, DIVISION), их агрегацию (MESH, AI). Метод главных компонент (PCA) применяется для уменьшения набора данных и расчета комплексного балла структуры территорий.

Городские леса города характеризуются большой площадью и компактностью, что делает их наиболее целостными озелененными территориями. Парки, скверы и бульвары, напротив, имеют более сложную форму и размещены по всей территории города. Виды ОТОП по комплексному баллу ландшафтной структуры распределяются следующим образом: городские леса > парки > скверы > бульвары.

Библиографические ссылки

1. *Grafius D. R., Corstanje R., Harris J. A.* Linking ecosystem services, urban form and green space configuration using multivariate landscape metric analysis. *Landsc Ecol.*, 2018.
2. *Kupfer J. A.* Landscape ecology and biogeography: Rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 2012.
3. *McGarigal K. S., Cushman S., Neel M.* FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps, 2002.
4. *Norton B., Evans K., Warren P.* Urban biodiversity and landscape ecology: Patterns, processes and planning. *Current Landscape Ecology Reports*, 2016.
5. *Wu W., Ding K.* Optimization strategy for parks and green spaces in Shenyang City: Improving the supply quality and accessibility. *Int J Environ Res Public Health*, 2022.
6. Landscape ecology development supported by geospatial technologies: A review / Н. Yu [et al.]. *Ecological Informatics*, 2019.

АНАЛИЗ СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГРОЗ В АЭРОПОРТУ МИНСК-2

Д. А. Куценко, Д. Л. Иванов

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
danilkut23@gmail.com, geoivanov@mail.ru*

Рассматриваются основополагающие синоптические процессы, приводящие к возникновению грозовой активности в аэропорту г. Минск-2. Проанализированы 22 случая гроз за период 2021-2023 гг. В рамках исследования были проанализированы различные типы циклонов, их траектории и условия, при которых развивалась грозовая активность. Основное внимание уделено влиянию ныряющих и западных циклонов. Дается оценка оправдываемости прогнозов гроз различными методами. Предложены рекомендации для улучшения прогнозирования и повышения авиационной безопасности.

Ключевые слова: грозы; синоптические условия; циклоны; метеорология; прогнозирование; безопасность полетов; авиационная метеорология.

Введение. Грозы – одно из наиболее сложных и опасных атмосферных явлений, оказывающих значительное влияние на безопасность авиационных полетов [4, 7]. Турбулентность, молнии, снижение видимости и порывы ветра во время грозы представляют серьезные риски для воздушных судов. Пилоты вынуждены изменять маршруты, чтобы избегать грозовой активности, так как полеты через грозовые облака могут привести к непредвиденным и опасным ситуациям [3, 6].

Важнейшим аспектом прогнозирования таких явлений является точное определение регионов, где возможно развитие грозовой активности. Особенно важно понимать механизмы формирования гроз для аэропортов с высокой интенсивностью воздушного движения, таких как Минск-2.

Аэропорт Минск-2 сталкивается с грозами преимущественно в теплый период года. Метеорологические условия данного региона, такие как неустойчивость воздушных масс и взаимодействие различных типов циклонов, создают предпосылки для интенсивной грозовой деятельности.

Цель исследования – выявить основные синоптические процессы, влияющие на грозовую активность на аэродроме Минск-2, дать оценку оправдываемости прогнозов грозовой деятельности с учетом использования разных методов прогноза и разработать рекомендации по совершенствованию методов прогнозирования гроз.

Материалы и методы исследований. В основу работы положены материалы сводок METAR и SPECI и архивные синоптические карты,

предоставленные авиационной метеорологической станцией гражданской (АСМГ) аэропорта Минск-2. В ходе исследования были проанализированы 22 случая гроз на аэродроме Минск-2.

Расчет повторяемости гроз на аэродроме Минск-2 проводился на основе стандартных расчетных методов для летнего периода (с 1 мая по 15 сентября), в период наиболее высокой активности грозовой деятельности. В ходе исследования рассмотрены различные типы циклонов в т. ч. западные, ныряющие и южные, которые оказывают наибольшее влияние на развитие гроз в данном регионе. Проведена оценка эффективности расчетных методов прогнозирования грозовой активности на аэродроме Минск-2.

Результаты и их обсуждение. При развитии холодных фронтов происходит резкий подъем теплого воздуха и его столкновение с холодной воздушной массой. Это создает условия для развития мощной конвекции и образования кучево-дождевых облаков, которые часто сопровождаются молниями и интенсивными ливнями [2]. На территории региона грозы, возникающие на холодных фронтах с волнами, возникают в 64 % случаев. Эти грозы сопровождаются сильными осадками, порывами ветра (до 24 м/с) и значительным ухудшением видимости.

Западные циклоны приносят теплый и влажный воздух с Атлантики, что способствует развитию фронтальных систем. Анализ синоптических материалов, показал, что прохождение этих циклонов в рассматриваемом регионе вызывали грозы в 54 % случаев.

Грозы на западных циклонах часто развиваются на холодных фронтах с интенсивной конвекцией, создающей мощные кучево-дождевые облака (Cb). Такие грозы могут сопровождаться сильными ливнями, градами и мощными порывами ветра. Кроме того, важным фактором является развитие шквалов, что создает дополнительные опасности для авиации. Часто такие грозы имеют значительную продолжительность, что увеличивает риски для воздушных судов, находящихся в зоне действия таких погодных условий [5].

Южные циклоны характеризуются фронтами окклюзии, что способствует образованию мощных грозových ячеек, особенно в летний период. Такие циклоны нередко сопровождаются интенсивной электрической активностью. Прохождение таких циклонов сопровождалось грозами в 14 % случаев. Часто развитие гроз в таких условиях происходит ночью или ранним утром, что усложняет их прогнозирование и требует специальных метеорологических наблюдений.

Грозы на холодных фронтах чаще всего наблюдаются в дневное время, с пиком активности в период с 12 до 21 UTC, что связано с интенсивным солнечным прогревом нижних слоев атмосферы. Это приводит к развитию конвективных потоков, которые усиливаются с приближением холодных фронтов. Внутримассовые грозы, вызванные нагревом поверхности земли и последующим подъемом теплого воздуха, наблюдались

реже, однако они также представляют опасность для полетов из-за возможной турбулентности, электрической активности (молнии) и резкого изменения ветра в вертикальном профиле [3, 2].

Внутримассовые грозы наблюдаются в условиях малоградиентного барического поля, когда фронтальные системы отсутствуют, но имеются мощные конвективные потоки. Особенностью таких гроз является их быстрая локальная интенсивность, что может создавать внезапные угрозы для воздушных судов. Такие грозы могут развиваться практически в любой момент, что делает необходимым постоянное наблюдение за динамикой атмосферных процессов в районе аэродрома Минск-2 [5].

Регистрация повторяемости гроз на аэродроме Минск-2 проводилась для теплого времени года (с 1 мая по 15 сентября), исходя из климатических особенностей и исторической статистики грозовых явлений на данной территории. В течение этого времени инженеры-синоптики проводят необходимые расчеты и анализы для прогнозирования возможных грозовых очагов, что позволяет эффективно планировать и организовывать деятельность на аэродроме и обеспечивать безопасность полетов во время грозовой активности [1].

Для прогноза гроз (АМСГ) аэропорта Минск-2 используются несколько методов, точность и оправдываемость которых существенно различается. Нами была проведена общая оценка эффективности четырех методов прогнозирования гроз за период с 2021 по 2023 годы. Результаты оправдываемости расчетных методов, используемых для прогнозирования грозовой деятельности на аэродроме Минск-2 отражены в таблице.

Оправдываемость расчетных методов гроз на аэродроме Минск-2 за период 2021-2023 гг.

Расчетный метод	2021 год	2022 год	2023 год
Решетова	62 %	63 %	100 %
Славина	75 %	77 %	82 %
Вайтинга	51 %	48 %	59 %
Минск гроза	74 %	94 %	93 %

Результаты показали, что средняя оправдываемость всех методов составила около 73 %. Наиболее высокий процент эффективности демонстрирует метод «Минск гроза», оправдываемость которого составила в среднем 87 % за три года. Метод Вайтинга показал наименьшую эффективность, его средний процент оправдываемости составил около 53 %.

Заключение. Анализ синоптических данных показал, что основными причинами возникновения гроз в районе аэродрома Минск-2 являются активные циклоны, особенно западные и ныряющие. Эти циклоны сопровождаются значительными метеорологическими изменениями, которые создают

условия для развития грозовой активности, представляющей угрозу для авиации. Грозы, возникающие на холодных фронтах, сопровождаются интенсивными осадками, сильными порывами ветра и ухудшением видимости, что создает серьезные риски для безопасности полетов.

Анализ эффективности методов прогноза, показал, что наиболее высокую оправдываемость имеет метод «Минск гроза». Поэтому при выборе метода прогноза грозовых явлений важно учитывать статистику оправдываемости прогнозов, что позволит повысить точность предсказаний и минимизировать риск возникновения чрезвычайных ситуаций, особенно в периоды интенсивной авиационной деятельности.

Для повышения безопасности полетов в районе аэродрома необходимо продолжать развитие методов и совершенствование методик прогнозирования гроз, используя современные метеорологические инструменты, такие как радарные наблюдения, спутниковые снимки и системы молниезащиты.

Рекомендуется также проводить дополнительные исследования условий возникновения грозовых факторов, влияющих на развитие гроз в данной местности, с целью уточнения существующих методов прогнозирования.

Библиографические ссылки

1. Белгидромет. Руководство по использованию автоматизированных расчетных методов явлений погоды на аэродромах Республики Беларусь. Минск : Белгидромет, 2021. 82 с.
2. Гидрометеоздат. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. Л. : Гидрометеоздат, 1985. 305 с.
3. *Jeppesen S.* Private Pilot Handbook. Englewood, CO: S. Jeppesen. 2004. 744 pp.
4. *Зверев А. С.* Синоптическая метеорология / А. С. Зверев. Л. : Гидрометеоздат, 1977. 711 с.
5. *Сумак Е. Н., Семенова И. Г.* Циклоническая активность и повторяемость опасных явлений погоды над территорией Беларуси // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2019. № 2. С. 79-93.
6. *Шакина Н. П.* Динамика атмосферных фронтов и циклонов. Л. : Гидрометеоздат, 1985. 264 с.
7. *Wallace John M. (John Michael), Peter V. Hobbs.* Atmospheric science: an introductory survey. 1940. 2nd ed.

ВЛИЯНИЕ ГОРОДА НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ КОНВЕКТИВНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Е. И. Кечик^{1,2)}, Е. Н. Сумак^{1,2)}

¹⁾ *Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
katyasbelarus@gmail.com, jennykechik@gmail.com*

²⁾ *ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», г. Минск, Беларусь*

Рассмотрено влияние городских условий на возникновение конвективных явлений в теплый период года на примере случая 18 июля 2024 г., когда над центральными районами Беларуси произошло обострение малоподвижного холодного фронтального раздела с волновыми возмущениями. Показано, что под влиянием комбинации таких факторов, как городской «остров тепла», неустойчивый характер атмосферы происходит активизация над городом конвективных процессов и образование мощной кучево-дождевой облачности, что обуславливает возникновение таких опасных конвективных явлений как интенсивные сильные осадки, грозы в теплое время года.

Ключевые слова: микроклимат; конвекция; кучево-дождевая облачность; остров тепла; гроза; Минск

Введение. Современная урбанизация, характеризующаяся ускоренным темпом роста городского населения, влияет и на увеличивающееся количество городских ландшафтов. В свою очередь, городская застройка имеет свой характерный микроклимат.

Город преимущественно застраивается такими строительными материалами, как кирпич, сталь, бетон, которым свойственна темная цветовая гамма. Известно, что поверхности городских строений и покрытий темных тонов способны поглощать энергию света и преобразовывать ее в тепло, из-за чего и происходит нагрев. Важной особенностью городской аэрации в условиях слабого ветра является мощность тепловой конвекции, возникающей из-за положительной аномалии теплового равновесия городской среды. В температурном поле эта аномалия приводит к образованию известного микроклиматического эффекта – «городской остров тепла».

С эффектом «городского острова тепла» связано локальное увеличение интенсивности циркуляции конвекционных потоков воздуха и одновременного значительного (25-35 % по сравнению с периферийными районами) уменьшения горизонтального движения воздушных масс [1]. Следовательно, нагретые городские поверхности способствуют активизации

конвективных процессов, в результате чего в теплый период года образуется мощная конвективная облачность, с которой связан комплекс наиболее опасных явлений погоды – это сильные ливни, град, грозы, шквалы и смерчи. Также, городские аэрозоли, такие как пыль, выхлопные газы и другие загрязнители, могут выступать ядрами конденсации, также способствуя образованию облаков.

Процесс урбанизации также создает многовариантные типы естественного и полустественного почвенного покрова для водонепроницаемых, закрытых поверхностей, способствует изменению среды обитания и почвы. В городской среде много элементов, выполненных из водонепроницаемых строительных материалов, из-за чего существенно уменьшается пропускная способность почвы, создавая большую нагрузку на системы водоотведения.

Все большее число научных исследований [2, 3] обращает внимание на влияние антропогенного фактора в риске наступления явлений экстремальных ливневых осадков. Одним из примеров являются экстремальные ливневые осадки, выпавшие на востоке Китае в июне и июле 2016 года, когда было установлено, что антропогенное воздействие значительно повысило вероятность этого события, тогда как в исследовании, опубликованном в Бюллетене Американского метеорологического общества [4], эта связь не прослеживалась столь четко.

Изменение климата приводит к значительному увеличению интенсивных ливней. Об этом стало известно из исследования Университета Ньюкасла и лондонского университета Метрополитен [5].

Вышесказанное определяет актуальность изучения степени влияния города не только на микроклимат, но и на интенсивность конвективных явлений. Целью данного исследования является комплексный анализ условий возникновения очень сильных ливней в городе Минске в дневные часы 18 июля 2024 года.

Материалы и методы исследований. Для анализа условий возникновения очень сильных ливней в городских условиях были использованы синоптические карты от центров Москва и Оффенбах, обработанные комплексом GisMeteo в Республиканском центре по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, а также данные срочных станционных наблюдений, штормовые оповещения по городу Минску, материалы спутникового анализа, поля гидродинамических характеристик (адвекция температуры, относительная влажность, индексы конвективной неустойчивости) от Европейского центра среднесрочных прогнозов (ECMWF).

Результаты и их обсуждение. В утренние часы над центральными районами Беларуси на волновых возмущениях холодного фронта началось

обострение конвективной деятельности (рис. 1). В период с 9 ч 58 мин до 10 ч 20 мин местного времени над западными районами г. Минска начала развиваться кучево-дождевая облачность, смещающаяся в северо-восточном направлении со скоростью 30-40 км/ч. В 10 ч 26 мин на метеостанции Минск (Уручье) была зафиксирована гроза. Начиная с 10 ч 30 мин местного времени, автоматические станции, расположенные на территории г. Минска, начали отмечать интенсивные осадки. На АМС Независимости дождь начался в 11 ч 00 мин местного времени и до 11 ч 20 мин осадки достигли критериев опасного явления (ОЯ – 30 мм за 1 ч и менее). Интенсивный дождь продолжался до 12 ч 20 мин, и с перерывами отмечался в течение дня. На метеостанции Минск (Уручье) в период с 10 ч 53 мин до 12 ч 08 мин по местному времени наблюдался очень сильный ливень (35,8 мм), в период с 10 ч 53 мин до 15 ч 07 мин наблюдался очень сильный дождь (51,1 мм). Всего за день 18 июля метеостанция Минск (Уручье) отметила 53 мм осадков, АМС Независимости 88 мм.

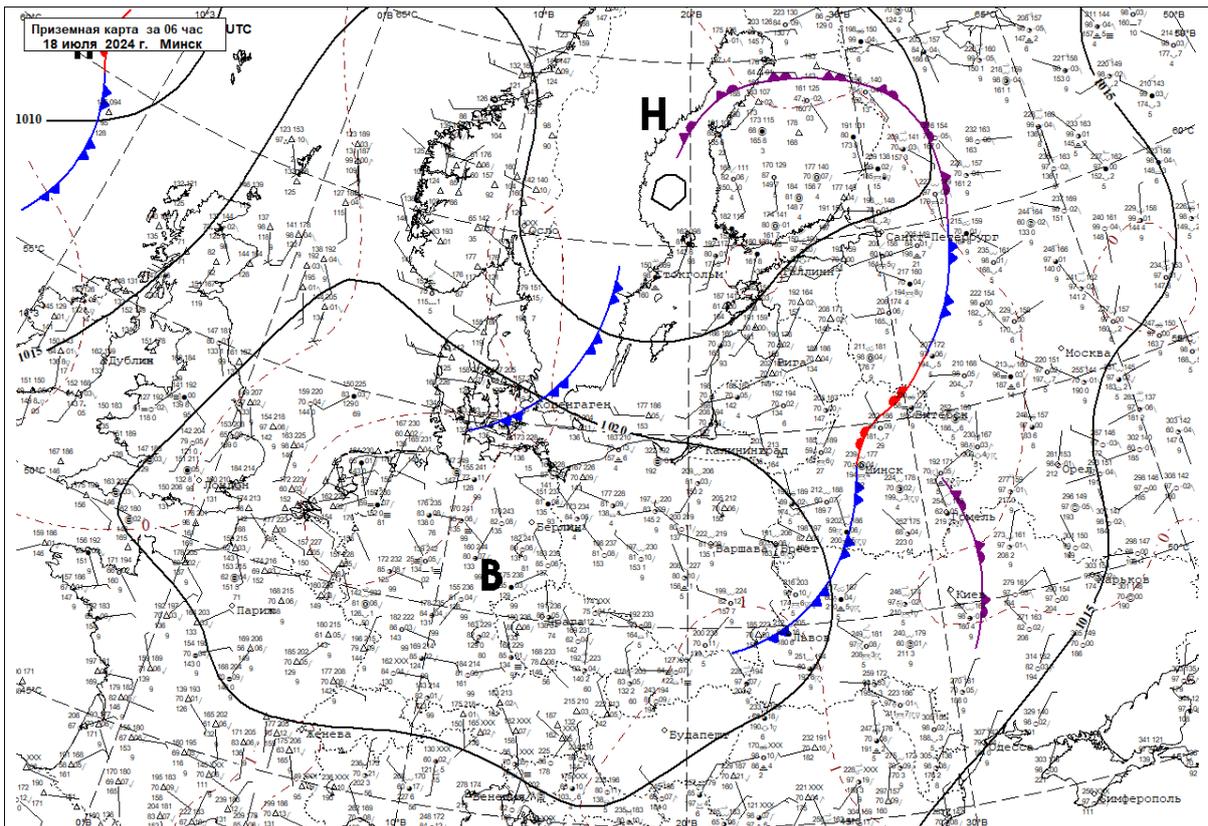


Рис. 1. Приземная карта за 18.07.2024 г. (06 UTC)

Согласно картам барической топографии, восток Беларуси находился на периферии высотного гребня, над западными районами страны наблюдалась слабовыраженная высотная ложбина.

При этом на территорию нашей страны поступала очень теплая неустойчивая воздушная масса тропического происхождения с юго-запада Европы.

Так как территория страны находилась в малоградиентном барическом поле с преобладанием слабых юго-западных потоков, холодный фронтальный раздел с волновыми возмущениями смещался очень медленно. Сформировавшаяся над столицей мощная конвективная облачность получала дополнительную энергию за счет контрастов температур между хорошо прогретым городом и прохладной воздушной массой, поступающей вслед за холодным атмосферным фронтом. В связи с этим в течение первой половины дня 18 июля мощная конвективная облачность стационарировала над северо-востоком города, постепенно увеличиваясь в размерах (рис. 2).

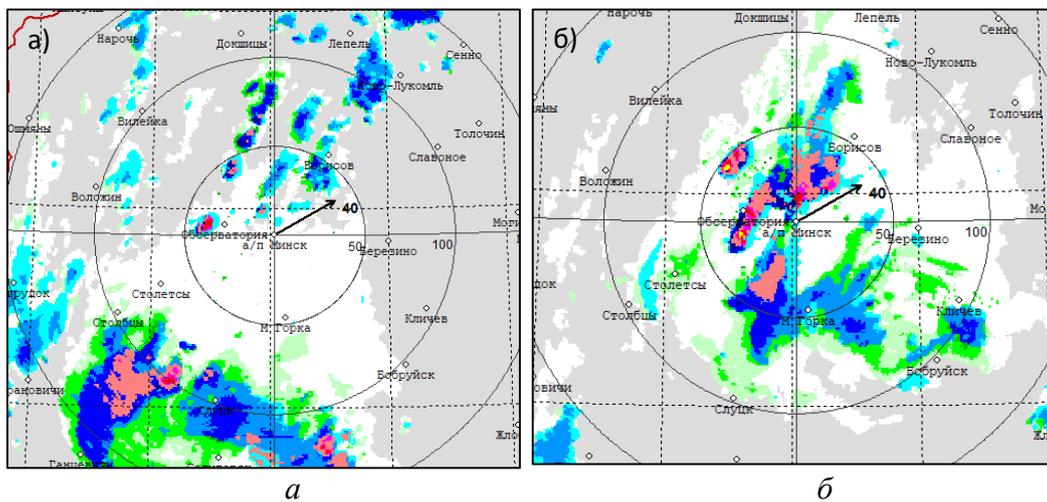


Рис. 2. ДМРЛ Минск за срок:
а – 07.10 UTC; б – 09.00 UTC

В течение дня над территорией Беларуси продолжалось развитие кучево-дождевой облачности, во многих районах прошли грозовые дожди различной интенсивности, местами – сильные и очень сильные.

Заключение. В результате выпадения интенсивных дождей, в Заводском, Ленинском, Партизанском, Первомайском, Советском, Фрунзенском и Центральном районах г. Минска были подтоплены 43 участка дорог, подземный паркинг, вестибюли станций метро «Парк Челюскинцев» и «Восток», 6 частных домовладений и 8 других объектов различного назначения. Зафиксированы 7 случаев падения деревьев, в результате которых поврежден 1 автомобиль. Пострадавших нет. Работниками МЧС и коммунальными службами проводились работы по ликвидации последствий подтоплений. По информации ГП «Минсктранс» из-за погодных условий

зафиксированы 33 случая остановок движения (до 4 ч 49 мин) общественного транспорта, движение осуществлялось по объездным маршрутам.

Таким образом, нагретый город создает благоприятные условия для развития взрывной конвекции и выпадения очень сильных дождей. Комплекс таких факторов, как городской «остров тепла», наличие неустойчивости атмосферы, как результат активизация конвективных процессов и образование кучево-дождевой облачности приводит к возникновению интенсивных сильных осадков. Прогнозирование конвективных осадков в крупных городах – задача, требующая комплексного подхода, учитывающего специфику городской среды. Для улучшения качества прогнозирования таких явлений необходимо использовать мезомасштабные численные прогностические модели, данные вертикального зондирования атмосферы, спутниковые снимки и т.д. Стоит отметить, что для повышения заблаговременности и точности прогнозов необходимо постоянное совершенствование методов и моделей прогноза.

Библиографические ссылки

1. *Шукуров И. С.* Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, №. 2. С. 62-69.
2. *Кривенко В. Г.* Концепция внутривековой и многовековой изменчивости климата как предпосылка прогноза // Климаты прошлого и климатический прогноз. Москва, 1992. С. 39- 40.
3. *Меркулова Н. Н., Михайлов М. Д.* Разностные схемы для обыкновенных дифференциальных уравнений. Томск, 2014. 122 с.
4. Bulletin of the American Meteorological Society (2021), Volume 102, Issue 11 (November 2021).
5. *Andy Ridgwell, Paul J. Valdes.* Climate and climate change Current, Vol. 19. № 14. 564 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИВЕЛИРНЫХ СЕТЕЙ В ОЦЕНКЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛАНДШАФТА

Е. В. Левицкий, А. Б. Кафтанчикова

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
levickije164@gmail.com, abkaft@rambler.ru*

В работе анализируются возможности применения нивелирных сетей для отслеживания изменений рельефа и оценки возможных техногенных или природных угроз. Приводится возможность использования дистанционных методов измерения высоты рельефа.

Ключевые слова: нивелирная сеть; геоэкологическое состояние; Международная Земная система высот.

Введение. Геоэкологическое состояние – это характеристика территории, опирающаяся на анализ хозяйственной деятельности человека и его взаимоотношений с окружающей природной средой на компонентном уровне и исследование ответной реакции среды на техногенное воздействие общества. Важным инструментом для оценки этого состояния является геоэкологическая оценка территории, которая определяет степень антропогенного воздействия на ландшафт и его устойчивости к этому воздействию.

При геоэкологических исследованиях используются методические приемы различных отраслей науки, в частности геологии, горного дела, географии, биологии, экологии, экономики. Это, с одной стороны, способствует всестороннему изучению объектов исследования, а с другой - позволяет находить нестандартные пути решения геоэкологических задач. Геоэкология использует трансформированные ранее географией и экологией сравнительный, системный, временной подходы, восприятие действительности как гетерогенной целостности.

Одним из подходов к мониторингу геоэкологического состояния ландшафта является использование нивелирной сети для получения информации об изменении рельефа вызванных различными динамическими процессами, такими как оседание или поднятие грунта и эрозия почвы.

Нивелирная сеть – система пунктов на земной поверхности с известными высотными отметками. Именно точное знание высоты поверхности и играет ключевую роль в отслеживании текущего состояния ландшафта и изменения рельефа.

Материалы и методы исследований. Оценка геоэкологического состояния территории начинается со сбора информации об исследуемой территории и создании геоинформационной базы данных со значениями выбранного показателя и его изменением во времени.

В основе создания базы для мониторинга состояния ландшафта при помощи нивелирных сетей лежит принцип их сгущения, который позволяет увеличить площадь участка исследования, а также проведение регулярных геодезических изысканий для получения актуальной информации о состоянии рельефа. Следует заметить, что точность подобных исследований во многом зависит от используемого класса нивелирной сети.

Также стоит заметить, что нивелирование в подобных целях подразумевает собой не только проведение полевых съемок, но и использование дистанционных методов измерения высот земной поверхности. Одним из подобных способов является применение концепции Международной Земной системы высот (ITRS). Республика Беларусь реализует эту систему через государственную спутниковую геодезическую сеть, что позволяет получать точные геопространственные данные и обеспечивать их совместимость на международном уровне.

ITRS - это глобальная система координат, которая используется для определения положения объектов на Земле. Она основана на геодезических измерениях и служит для связи между различными реализациями системы координат. ITRS постоянно совершенствуется и обновляется, чтобы учитывать изменения положения Земли во времени. Ее реализация включает в себя определение опорных пунктов, их координат и скоростей, а также оценку точности системы координат.

Стратегия реализации Международной Земной системы отсчета высот на глобальном и национальном уровне предполагает определение с высокой точностью пространственных координат пунктов нивелирования (носителей системы отсчета) относительно центра масс Земли и детального изучения аномального поля силы тяжести (аномального потенциала). Эти измерения в дальнейшем помогут в более точном определении изменения рельефа.

В большей степени мониторингу изменения высот подлежат участки потенциально подверженные эрозии или оползням, для получения регулярной информации и своевременного реагирования на возможные угрозы геоэкологической стабильности территории.

После наполнения базы данных следует создание на их основе карт изменений рельефа на определенных отрезках времени, для дальнейшего анализа пространственного распределения деформаций и их влияния на местные экосистемы. После чего в зависимости от полученных данных создаются модели, прогнозирующие дальнейшие изменения рельефа и их возможные последствия для окружающей среды.

Результаты и их обсуждение. Нивелирование остается главным источником информации об изменении рельефа земной поверхности. Наблюдение за этими изменениями позволяет контролировать геоэкологическое состояние ландшафта и предотвращать возможные угрозы экологической устойчивости территории на раннем этапе их формирования.

В дальнейшем полученные при помощи нивелирования данные могут быть объединены с результатами геохимических или геофизических исследований для комплексного анализа состояния ландшафта. Это объединение помогает выявить взаимосвязи между изменениями рельефа и другими экологическими факторами.

Заключение. В данной работе рассмотрены возможности использования нивелирных сетей для оценки геоэкологического состояния ландшафта. Проведенные исследования подтвердили высокую эффективность нивелирных сетей в выявлении и мониторинге изменений рельефа, связанных с антропогенными и природными факторами.

Анализ данных нивелирования позволяет выявить ключевые зоны риска и определить степень их воздействия на окружающую среду. Полученные результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций по управлению и охране природных ресурсов, а также для планирования мероприятий по снижению негативного воздействия на ландшафт.

Таким образом, использование нивелирных сетей является важным инструментом в геоэкологическом мониторинге, способствующим более точной и своевременной оценке состояния ландшафта и принятию обоснованных решений в области экологического управления.

Библиографические ссылки

1. Герасимов П. Я. Применение нивелирных сетей для оценки экологического состояния территорий // Вестник геодезии и картографии. 2018.
2. Иванов А. И., Петрова. С. В. Геоэкологические исследования с использованием нивелирных сетей // Геоэкология, 2019.
3. Сидоров Е. А. Нивелирные сети и их роль в экологических исследованиях». СПб. : Издательство СПбГТУ, 2016.
4. Фролов А. Н. Геоэкология: принципы и методы. М. : Наука, 2017.
5. Рудницкая Н. И. Современное состояние и основные направления совершенствования государственной геодезической инфраструктуры // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение: материалы III Международной научно-технической конференции [Электронный ресурс] // Материалы Международной научно-технической конференции / сост.: С. Н. Соболевская, Е. М. Жуковский. Минск : БНТУ, 2022. С. 180-183.

АНАЛИЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДА СУДОХОДНОЙ НАВИГАЦИИ

С. В. Луд, П. С. Лопух

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
conf.ecoland@gmail.com, lopuch49@mail.ru*

В статье представлены результаты исследования изменения уровня режима судоходных рек Республики Беларусь за 30 лет. Анализируются колебания минимальных месячных уровней воды и дат наступления и окончания ледовых явлений по всем соответствующим постам, по полученным данным строятся графики с указанием средних навигационных периодов. Выявлено понижение средних минимальных уровней воды на всех реках, уменьшение продолжительности средних периодов навигации.

Ключевые слова: судоходство; уровень режим; навигация на реках.

Введение. Республика Беларусь имеет разветвленную сеть внутренних водных путей, включая реки, озера и каналы. Однако, исследования в области влияния колебаний уровней воды и ледовых явлений на судоходство в Беларуси являются ограниченными. Изменения уровня воды и ледовые явления могут существенно повлиять на безопасность и эффективность судоходства, вызывая задержки, повреждения судов и инфраструктуры, а также нанося ущерб окружающей среде.

Материалы и методы исследований. Для изучения обеспеченности судоходными условиями на реках использовались обработанные многолетние (1989 – 2023 гг.) данные гидрологических постов, соответствующих судоходной сети Республики Беларусь [1] на реках Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож и Припять. Исходными данными для анализа послужили осредненные по трем декадам минимальные месячные уровни воды, даты наступления и окончания ледовых явлений, а также отметки опасного уровня для судоходства. В ходе исследования были использованы методы статистического анализа, сравнения и обобщения.

Результаты и их обсуждение. В результате выполненного исследования за период потепления установлено, что с 90-х годов по настоящее время на всех рассматриваемых реках наблюдается снижение минимальных уровней воды, которые являются основным показателем, обеспечивающим возможности для судоходства на реках Беларуси. Даты наступления ледовых явлений существенно не сместились, а даты окончания приняли широтную зональность – удаление дат от начала года, при движении с запада на северо-восток страны.

Было выявлено, что большинство рек Беларуси имеют уровневые возможности для судоходства преимущественно в период весеннего половодья и редко в период осенних паводков. Наиболее ограничено судоходство в летне-осеннюю межень.

Анализ фактических данных демонстрирует, что за последнюю декаду, даты начала ледовых явлений на всех постах занимают последнюю декаду ноября, большая часть между 21 и 25 числами. В то же время даты схода льда разнятся между различными регионами – Припять и Неман – последние числа февраля-начало марта; Днепр, Сож, Березина – вторая декада марта (10-20 числа); Западная Двина – последние числа марта – первые числа апреля (табл.1).

Таблица 1

**Осредненные даты начала и окончания ледовых явлений
на судоходных реках Беларуси (1989 – 2023 гг.)**

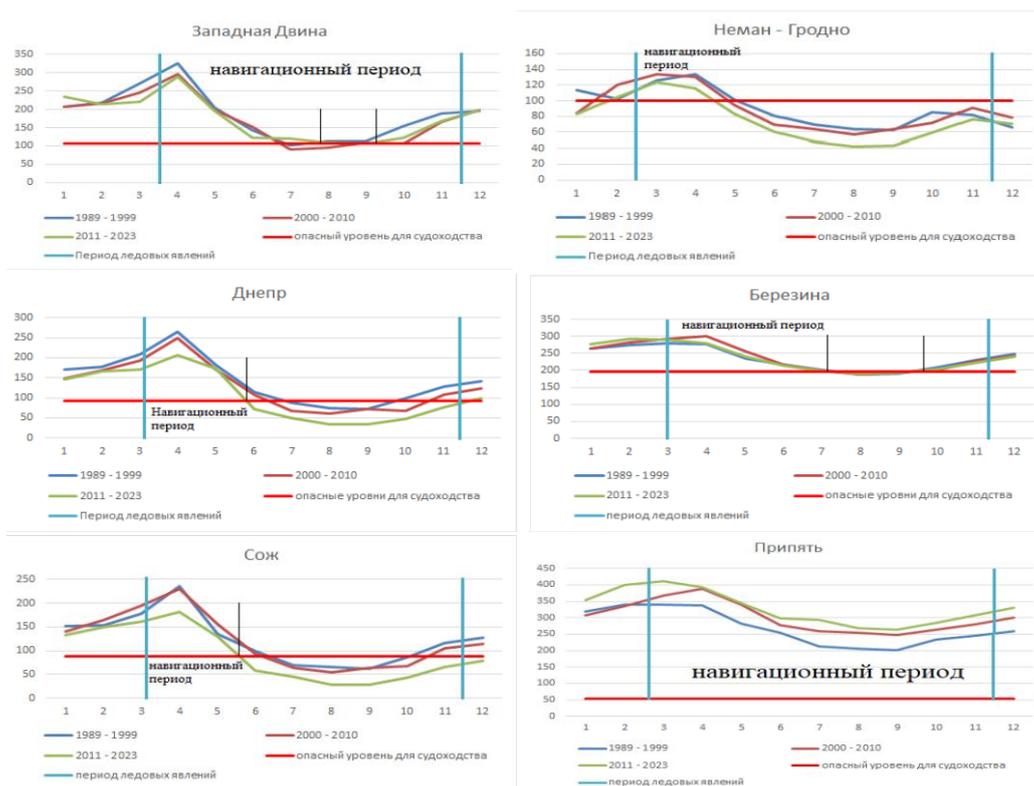
Река	Название поста	Период, гг		
		1989-1999	2000-2010	2011-2023
Начало ледовых явлений				
Западная Двина	Сураж	15 нояб	28 нояб	29 нояб
	Витебск	21 нояб	28 нояб	22 нояб
	Полоцк	21 нояб	03 дек	22 нояб
Неман	Гродно	27 нояб	29 нояб	29 нояб
Днепр	Могилев	22 нояб	29 сент	24 нояб
	Жлобин	20 нояб	30 окт	23 нояб
	Речица	22 нояб	31 окт	23 нояб
	Лоев	24 нояб	1 нояб	25 нояб
Березино	Березино	21 нояб	31 окт	21 нояб
	Бобруйск	22 нояб	30 окт	22 нояб
	Светлогорск	22 нояб	05 дек	23 нояб
Сож	Славгород	22 нояб	02 дек	23 нояб
	Гомель	24 нояб	29 окт	24 нояб
Припять	Пинск	28 нояб	02 нояб	30 нояб
	Черничи	26 нояб	07 нояб	29 нояб
	Петриков	25 нояб	06 нояб	28 нояб
	Мозырь	25 нояб	05 нояб	27 нояб

Окончание табл.1

Река	Название поста	Период, гг		
		1989-1999	2000-2010	2011-2023
Окончание ледовых явлений				
Западная Двина	Сураж	01 апр	04 апр	01 апр
	Витебск	30 март	30 март	29 март
	Полоцк	26 март	28 март	26 март
Неман	Гродно	27 февр	12 март	28 февр
Днепр	Могилев	20 март	23 март	19 март
	Жлобин	19 арт	22 март	18 март
	Речица	16 март	18 март	11 март
	Лоев	15 март	17 март	13 март
Березино	Березино	20 март	20 март	20 март
Березино	Бобруйск	11 март	20 март	11 март
	Светлогорск	12 март	17 март	11 март
Сож	Славгород	14 март	21 март	15 март
	Гомель	17 март	22 март	17 март
Припять	Пинск	29 февр	08 март	28 февр
	Черничи	04 март	12 март	03 март
	Петриков	04 март	12 март	03 март
	Мозырь	08 март	14 март	07 март

Составлено по: [2].

Анализируя возможности для судоходства, ограниченные уровнями воды и ледовыми явлениями, можно выделить несколько особенностей судоходной навигации на реках Беларуси. Из анализа уровневого режима, становится понятно, что минимальные уровни воды за последние 30 лет снизились на всех крупнейших реках страны пропорционально их средним показателям, что говорит о неблагоприятных тенденциях для условий судоходства.



Объединенный типовой график колебания уровней воды судоходных рек за период 1989 – 2023 с выделением навигационного периода
Составлено по: [2].

Следует отметить, что большинство рек обладают возможностью прохождения судов только в период половодья, а именно Сож, Днепр и Неман. Березина и Западная Двина кроме этого обеспечены судоходными уровнями в период осенних паводков. Припять единственная не страдает недостатком уровней воды для хождения судов, круглый год ее показатели не достигают опасных отметок для судоходства. Итоговые сравнительные данные по рассматриваемым рекам представлены в табл. 2.

Таблица 2

Осредненные навигационные характеристики судоходных рек Беларуси

Река	Средние даты начала и окончания ледовых явлений		Средняя продолжительность навигации, дней
Припять	29.нояб	03.март	271
Западная Двина	24.нояб	29.март	195
Березина	22.нояб	14.март	175
Днепр	24.нояб	17.март	85
Сож	24.нояб	16.март	80
Неман	29.нояб	28.февр	60

Заключение. Проведенный анализ показал, что в последние десятилетия наблюдается тенденция к уменьшению минимальных уровней воды в реках Беларуси. Это влечет сокращение периодов судоходства и увеличению затрат на содержание и эксплуатацию судов. Кроме того, изменения в гидрологическом режиме рек могут повлиять на экологическое состояние водотоков и окружающей среды из-за возможного проведения дноуглубительных работ и возведения гидротехнических сооружений.

Таким образом, изучение гидрологического режима рек имеет большое значение для Республики Беларусь. Полученные результаты могут быть использованы для разработки стратегий по управлению водными ресурсами, обеспечению безопасной навигации и защите окружающей среды. Кроме того, они могут быть полезны для планирования и реализации проектов по развитию речного судоходства и туризма.

Библиографические ссылки

1. Постановление министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь 23 апреля 2020 г. N 12 об установлении перечня и границ внутренних водных путей Республики Беларусь, открытых для судоходства.
2. Архивные данные Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Республики Беларусь.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА КЛИМАТИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ ПО ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

А. М. Небышинец

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
arinanebyshinec@gmail.com*

Представлена оценка, расчет и классификация климатической уязвимости по метеостанциям Беларуси на основе безразмерных индексов, включающих средние и экстремальные показатели температуры воздуха, осадков и ветра. Рассмотрено распределение индексов климатической уязвимости по территории Республики Беларусь.

Ключевые слова: климат; климатическая уязвимость; климатические индексы; температура; осадки; ветер.

Введение. Республика Беларусь располагает значительными природными и социально-экономическими ресурсами, что делает возможным ее устойчивое развитие. Вопросы устойчивого развития в последнее время приобретают особую актуальность, так как в экономике, и в социальной сфере становятся все более ощутимыми проблемы, связанные с изменениями климата. В последние два десятилетия, с ростом актуальности проблем и вопросов, связанных с глобальными изменениями окружающей среды, в том числе и изменениями климата, разрозненные исследования уязвимости и адаптации социально-экологических систем (СЭС), экосистем и секторов экономики объединились в новое самостоятельное научное направление – «уязвимость и адаптация» [4].

Климатическая уязвимость — это концепция, которая отражает степень, до которой система, общество или экосистема, подвержены негативным воздействиям изменения климата. Климатическая уязвимость основывается на понимании того, какие уровни изменений климата могут повлиять на различные системы и насколько они подготовлены или способны адаптироваться к этим изменениям.

Климатическая уязвимость может меняться в зависимости от времени, местоположения, социально-экономических условий и многих других факторов. Оценка климатической уязвимости играет важную роль в разработке стратегий адаптации и смягчения последствий изменений климата.

В российской литературе применяется понятие «гидрометеорологическая уязвимость» страны (ГМУ), ее территорий и производственно-хозяйственных объектов. Гидрометеорологические воздействия проявляются в виде экономических и социальных потерь. ГМУ является сложной функцией, аргументами которой выступают:

1) характер и частота негативных погодно-климатических явлений;
2) масштаб производственного объекта или процесса; его погодозависимость;

3) степень защищенности; особенности регионального положения, отражающие метеорологический риск, и ряд других характеристик отраслевого производства.

Таким образом, ГМУ рассматривается как комплексное понятие, включающее гидрометеорологические характеристики, а также макроэкономические показатели [2].

Материалы и методы исследований. Для расчета индексов климатической уязвимости использовались данные метеорологических наблюдений 42 станций сети Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды [1]. Исходные данные являются частью Государственного климатического кадастра Республики Беларусь и представлены материалами наблюдений на государственной сети гидрометеорологических наблюдений Белгидромета Минприроды.

В основу исследования положено определение индекса уязвимости (Vulnerability index). Это метрический параметр, характеризующий уязвимость системы. Индекс климатической уязвимости обычно выводится посредством сочетания (со взвешиванием или без) нескольких показателей, которые, как предполагается, представляют уязвимость. Расчет индексов климатической уязвимости (V_i) по метеостанциям Беларуси выполнен согласно методике, представленной в работе [5] и по формуле (1):

$$V_i = \frac{|T_{\min}| + |T_{\max}|}{|T_{\min \text{ ср.}}| + |T_{\max \text{ ср.}}|} + \frac{P_{\text{экстр}}}{P_{\text{ср}}} + \frac{F_{\text{экстр}}}{F_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где T_{\max} – максимальное значение из абсолютных максимумов температуры воздуха, по станции; $T_{\text{ср. макс}}$ – среднее годовое значение из абсолютных максимумов температуры воздуха, по станции; T_{\min} – минимальное значение из абсолютных минимумов температуры воздуха, обобщенное по станции; $T_{\text{ср. мин}}$ – среднее годовое значение из абсолютных минимумов температуры воздуха, обобщенное по станции; $P_{\text{ср}}$ – средняя суточная сумма осадков, обобщенная по станции; $P_{\text{экстр}}$ – максимальная сумма осадков за год, обобщенная по станции; $F_{\text{ср}}$ – средняя годовая скорость ветра, обобщенная по станции; $F_{\text{экстр}}$ – годовой максимум из месячных значений максимальной скорости, обобщенная по станции.

Как видно, формула (1) состоит из суммы безразмерных показателей и представляет соответственно, безразмерное число, которое предлагается считать индексом климатической уязвимости [2].

Рассматриваемый период охватывает 1989-2022 гг. – период потепления климата. Были определены экстремумы температуры, осадков и ветра, и их средние многолетние значения. Расчетные значения климатических параметров представлены в табл. 1.

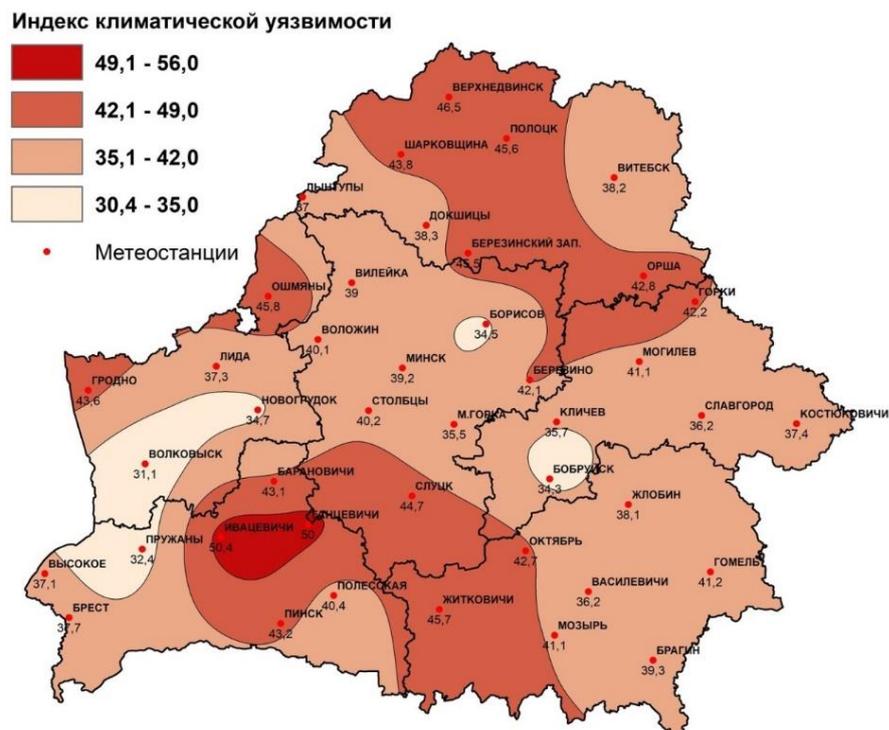
Таблица 1

Параметры для расчета климатической уязвимости

Станция	Экстремумы за год				Средние за год			
	T _{min}	T _{max}	P	F	T _{min}	T _{max}	P	F
Василевичи	-34,2	37,6	67,6	25	3,3	12,5	3,6	1,9
Верхнедвинск	-31,4	34,7	101,8	27	2,7	10,6	3,2	2,8
Волковыск	-29,0	35,3	57,1	27	4,0	12,1	3,1	3,1
Воложин	-28,4	35,5	94,7	28	3,8	10,9	3,8	2,6
Витебск	-31,6	37,8	71,4	28	3,2	10,7	3,4	2,3
Вилейка	-32,7	36,0	66,9	25	3,1	11,1	3,2	1,9
Высокое	-28,2	36,5	68,8	24	4,1	12,8	2,9	2,5
Столбцы	-30,5	36,1	71,9	26	3,5	11,7	3,3	1,9
Славгород	-31,7	37,8	67,0	30	3,3	11,2	3,3	2,7
Слуцк	-32,0	36,1	98,1	31	3,2	11,8	3,2	3,3
Новогрудок	-29,4	34,2	81,5	29	3,7	10,7	3,7	3,5
Костюковичи	-33,1	38,8	79,2	30	2,6	11,2	3,4	3,4
Кличев	-36,3	37,7	71,4	29	2,5	11,5	3,6	2,7
М.Горка	-31,7	36,5	67,5	28	3,3	11,6	3,3	2,7
Могилев	-31,5	36,8	90,2	29	2,6	10,8	3,2	3,7
Мозырь	-34,1	36,4	91,0	23	4,0	12,4	3,6	2,0
Минск	-28,6	35,8	77,5	22	3,6	11,3	3,2	2,1
Октябрь	-32,6	37,9	93,0	28	3,4	12,3	3,3	2,8
Орша	-33,1	38,2	92,2	25	2,5	10,6	3,2	2,9
Ошмяны	-30,6	34,2	100,7	30	3,1	10,9	3,1	3,5
Барановичи	-31,3	35,7	107,9	27	3,7	11,8	3,6	3,1
Березино	-33,8	36,2	83,0	24	3,1	11,7	3,1	2,3
Борисов	-30,1	35,6	69,2	24	3,2	11,2	3,4	2,5
Бобруйск	-33,0	38,0	67,2	28	2,6	11,8	3,4	2,9
Брагин	-34,3	38,1	84,8	24	3,1	12,3	3,4	2,5
Брест	-26,2	36,7	78,3	24	4,9	13,1	3,2	2,5
Березинский зап.	-33,2	35,3	84,4	35	2,3	11,0	3,4	2,3
Ганцевичи	-30,9	35,3	105,1	32	3,3	12,4	3,2	2,5
Гомель	-30,8	38,9	84,9	27	4,2	12,3	3,4	2,3
Горки	-33,3	38,7	85,1	32	2,3	10,4	3,1	3,5
Гродно	-29,4	36,2	96,0	27	3,9	11,9	3,0	3,6
Докшицы	-34,8	35,7	75,6	28	2,2	10,5	3,1	3,4

Станция	Экстремумы за год				Средние за год			
	T _{min}	T _{max}	P	F	T _{min}	T _{max}	P	F
Житковичи	-29,5	36,5	114,7	24	3,7	12,8	3,8	2,1
Жлобин	-30,2	37,8	72,5	27	3,9	12,1	3,4	2,2
Ивацевичи	-30,6	35,7	102,8	27	3,8	12,5	3,1	2,1
Лида	-29,9	35,3	76,5	25	3,8	11,9	3,3	2,5
Лынтупы	-34,0	34,8	67,5	25	2,4	10,7	3,3	2,2
Полесская	-34,1	35,8	86,3	32	2,7	12,8	3,2	3,6
Полоцк	-31,5	35,8	93,1	28	2,7	11,0	3,3	2,3
Пружаны	-31,6	36,0	62,0	26	3,7	12,4	3,0	3,4
Пинск	-28,1	35,8	95,5	29	4,4	12,7	3,6	2,2
Шарковщина	-32,4	35,6	87,7	28	2,9	11,0	3,2	2,4

Результаты и их обсуждение. На рисунке представлены результаты расчета безразмерных индексов климатической уязвимости (V_i) по метеостанциям Беларуси за период 1989-2022 гг. Как видно из представленных результатов, значения индекса климатической уязвимости для выбранных 42 метеостанций колеблются от 31,1 (Волковыск) до 50,4 (Ивацевичи), среднее значение индекса 40,3.



Распределение индекса климатической уязвимости по территории Беларуси за период 1989-2022 гг.

По полученным показателям уязвимости была разработана классификация индекса климатической уязвимости, которая включает четыре категории индекса от «низкий» до «критичный» (табл. 2).

Таблица 2

Классификация индекса климатической уязвимости

Показатель уязвимости	Индекс климатической уязвимости
49,1-56,0	Критичный
42,1-49,0	Высокий
35,1-42,0	Средний
30,0-35,0	Низкий

Анализируя таблицу 2, можно сделать вывод, что индекс климатической уязвимости характеризуется в большинстве случаев средними показателями климатической уязвимости. В основном низкие и средние показатели индекса приходятся на центральную, юго-западную и юго-восточную часть территории. Высокие показатели приходятся на север и юг страны, а критичные наблюдаются в районе Ивацевичей и Ганцевичей.

Заключение. В Беларуси годовые суммы осадков практически не изменилось за период потепления климата, однако значительно изменилось их внутригодовое распределение. В зимний сезон отмечено увеличение сезонных сумм осадков в период 1989-2020 гг., которое составляет 20-30 %. В летний сезон отмечается сокращение продолжительности выпадения осадков на всей территории страны на 20 %, что свидетельствует о возрастании засушливости климата, и одновременно увеличение максимальных сумм осадков на 20-30 % с наибольшим их ростом в южных районах [3].

Исходя из этого, можно говорить о том, что высокие индексы климатической уязвимости в первую очередь связаны с режимом выпадения осадков, повышением максимумов, на фоне незначительных изменений среднесуточных сумм осадков.

Также можно отметить влияние орографии, так как низкие и средние показатели характерны возвышенностям и равнинам – Волковысская возвышенность, Минская возвышенность, Нарочано-Вилейская равнина, Бобруйская равнина. Высокие и критичные показатели характерны низменностям – Полоцкая низменность, Полесская низменность.

Оценка климатической уязвимости, это исследование, которое позволяет очертить потенциал конкретной территории справляться с измене-

нием климата. Комплексный подход необходим для уменьшения климатической уязвимости Беларуси. Этот подход должен включать меры адаптации и смягчения последствий изменения климата, а также усиление экономической и социальной устойчивости страны. В него входят развитие новых технологий, улучшение инфраструктуры, повышение осведомленности населения и разработка стратегий по управлению климатическими рисками.

Библиографические ссылки

1. ГКК. (1961-2020 гг). Государственный климатический кадастр: материалы наблюдений Государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь. № свид-ва 0870100021. Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды.

2. *Гледко Ю. А., Небышинец А. М.* Оценка климатической уязвимости как компонент планирования мер по адаптации к изменению климата // Материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г. [Электронный ресурс]. В 7 ч. Ч. 1. Современные проблемы гидрометеорологии / Белорус. гос. ун-т; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2024. С. 107-112.

3. *Данилович И. С., Пискунович Н. Г.* Экстремальные проявления в режиме увлажнения на территории Беларуси в условиях трансформации климата // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2021. № 2. С. 32-44.

4. Изменение климата: последствия, смягчение, адаптация: учеб-метод. комплекс/ М. Ю. Бобрик [и др.]. Витебск : ВГУ им. П.М. Машерова, 2015. 424 с.

5. *Оганесян В. В.* Методика расчета климатической уязвимости территории на основе безразмерных климатических индексов // Труды Гидрометцентра России 2017. № 366. С. 158-165.

СУТОЧНАЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА УРОВНЯ ШУМА В ЖИЛОЙ ЗОНЕ КРУПНОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ АКАДЕМИЧЕСКОГО РАЙОНА МОСКВЫ)

М. Ю. Петраш, И. Л. Марголина

*Московский государственный университет, г. Москва, России,
mareur26270310@gmail.com, irina-mgu@mail.ru*

Увеличение парка автотранспорта привело к увеличению шумового воздействия. В работе приводятся данные по изменению уровня шума в центре жилого квартала Москвы, с учетом сезонной и суточной динамики шума на разных высотных уровнях, и с учетом ориентации в глубь квартала и по направлению к проезжей части. Показаны особенности и закономерности пространственно-временной динамики уровня шума.

Ключевые слова: шумовое воздействие; жилая зона; крупный город; воздействие автотранспорта; Москва.

Введение. Стремительное увеличение парка автотранспорта привело к необходимости исследования пространственно-временных закономерностей шумового воздействия в крупных городах [1, 2]. Наиболее остро эта проблема прослеживается в городской среде, где автотранспортные магистрали граничат с зоной жилой застройки [3]. Данная работа посвящена исследованию динамики уровня шума внутри жилого квартала на юго-западе Москвы. Работа выполнена на основе разносезонных измерений уровня шума, проведенных в период с июня 2023 по январь 2024. На распространения шума в городской среде оказывают влияние природные, технические и градостроительные факторы. Особое значение для зоны жилой застройки оказывают крупные автомагистрали, состояние растительности, этажность застройки [5].

Материалы и методы исследований. Исследование пространственно-временной динамика уровня шума проводилось в центральной части жилого квартала, расположенного вдоль улицы Вавилова, на юго-западе Москвы. Требования к выбору точек измерения уровня шума включали: расположение внутри жилого квартала, удаленность от крупных магистралей, возможность проведение измерений на уровнях выше и ниже крон деревьев, возможность проведения измерений с двух сторон здания. Таким образом, для исследования было выбрано здание, расположенное по адресу: улица Вавилова, дом 58 корпус 3. Это здание удалено на расстояние более 100 метров от улицы Вавилова с четырех полосным движением, и в более чем 500 метрах от крупной автотранспортной магистрали

Ленинский проспект с 6 полосным интенсивным движением транспорта. Точки измерения располагались на высоте 1,5 метра от поверхности (уровень первого этажа) и на высоте 25 метров (уровень 9 этажа).

Согласно действующим в РФ нормативам ПДУ шума в дневное время, т.е. с 7 до 23, составляет около жилых зданий в дневное время – 55 дБА, а в ночное время (23-7 часов) – 45 дБА [4]. Для измерения шума был использован прибор *zsm 135 digital sound level meter*, точность прибора ± 2.0 дБА, частотный диапазон: 31.5Гц ~ 8КГц.

Исследования уровня шума проводились в течение трех сезонов года (летний, осенний и зимний), в период с июня 2023 по январь 2024. Особенности этих сезонов связаны с шумопоглощающими свойствами поверхности, в том числе с состоянием растительности. В летний сезон максимальные шумопоглощающие свойства поверхности за счет листвы древесного и кустарникового яруса, что полностью скрывает видимость автодорог; осенний сезон имеет наименьшие шумопоглощающие свойства поверхности при отсутствии облиствления растительности и отсутствии снежного покрова, и зимний – отсутствие облиствления растительности и присутствие установившегося снежного покрова. Для каждого сезона на двух уровнях были проведены суточные измерения уровня шума.

Для последующего сопоставления полученных результатов, измерения проводились в штилевую погоду в отсутствии осадков. Точки измерения на высоте 1,5 и 25 метров были выбраны таким образом, чтобы верхние и нижние измерения находились на одном вертикальном профиле, ориентированы были на проезжую часть и вглубь жилой застройки (во двор), нижние точки расположены у поверхности, верхние точки расположены над кроной деревьев.

Измерения проводились с 6:00 утра до 24:00 ночи: 30-и минутный интервал между измерениями был в период с 6:00 до 10:00 утра и с 18:00 до 24:00 ночи, а с 10:00 до 18:00 был часовой интервал.

Результаты и их обсуждение. Результаты пространственно-временных измерений по сезонам представлены на графиках (рис 1,2,3). Для летнего периода (рис.1) характерны существенные различия уровня шума в утренние и вечерние часы пик по этажности (1 и 9 этажи) и ориентации (уличной и дворовой). Отличительной чертой этого периода является влияние растительности на экранировании шумового воздействия нижних этажей зданий, что на графике отражается в виде увеличения значений шума на 9 этаже по отношению к нижнему уровню, во время вечернего часа пик.

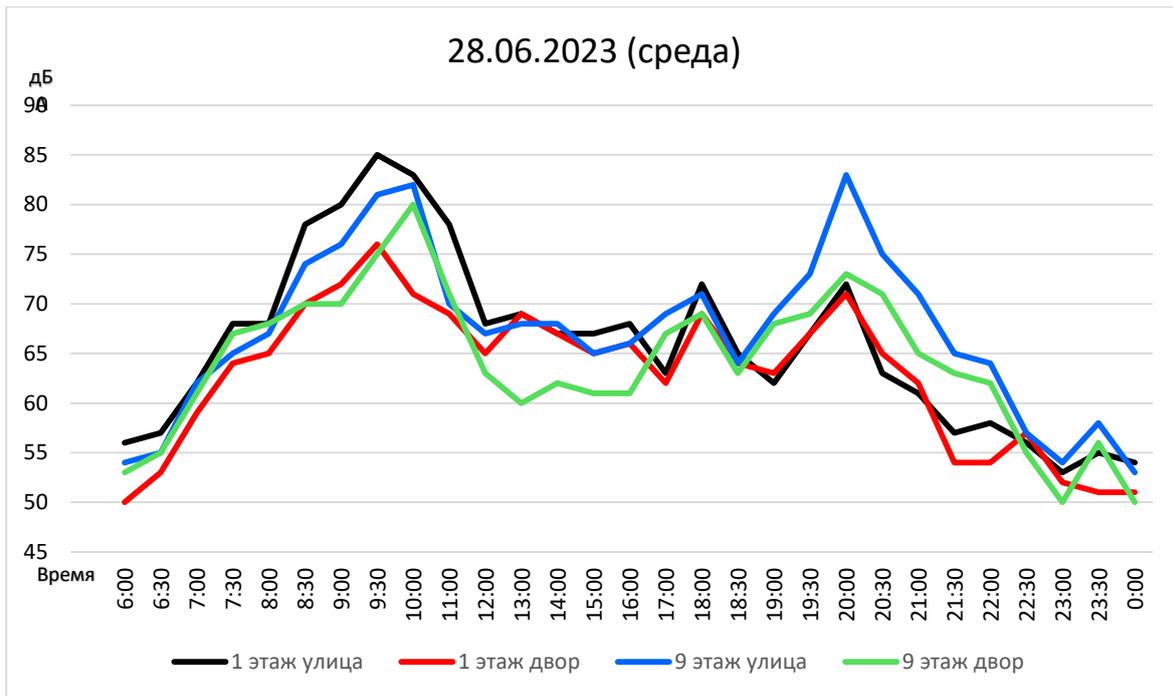


Рис.1. Изменения уровня шума в летний период

В осенний период (рис.2) суточная динамика по всем точкам исследования демонстрирует близкие значения по всем точкам измерений. Что является следствием уменьшения шумопоглощающих свойств поверхности, за счет отсутствия снежного покрова и состояния растительности.

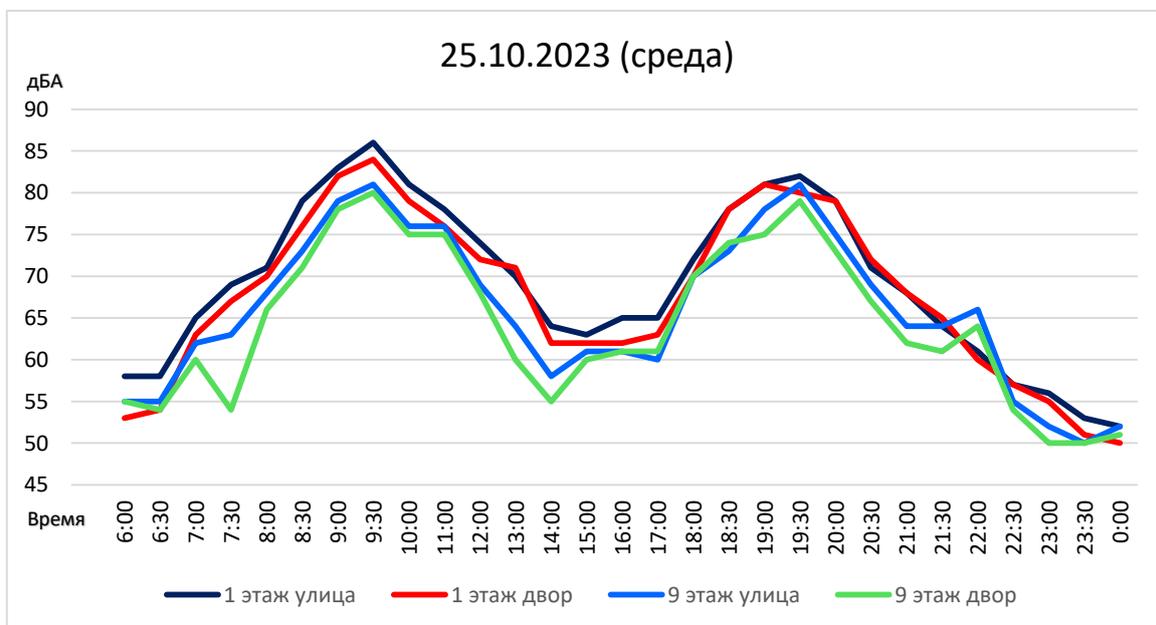


Рис.2. Изменения уровня шума в осенний период

В зимний период (рис.3) динамика уровня шума демонстрирует более сглаженный характер, с отсутствием пикообразных изменений в утренний и вечерний часы пик. При этом различия по высотам и ориентации практически отсутствуют.

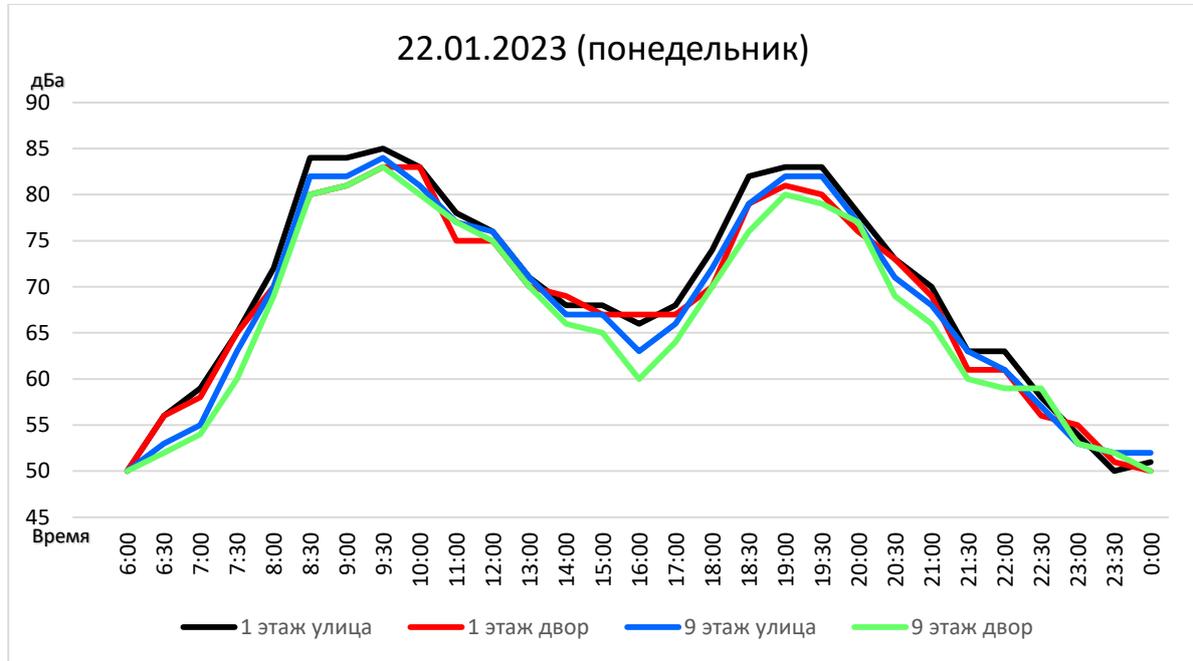


Рис.3. Изменения уровня шума в зимний период

Заключение. Проведенные исследования суточной динамики уровни шума в зоне жилой застройки, удаленной от крупной автомагистрали, во все сезоны показывает наличие утреннего и вечернего максимума, связанного с влиянием автотранспорта: в утреннее время с 7:30 до 11:00 утра и вечернее время с 18:30 до 21:00 вечера. Наибольшие значения зафиксированы в осенний и зимний периоды, когда шумопоглощающие свойства поверхности минимальны. Анализ изменения уровня шума по высоте показывает, что в зимний и осенний периоды полученные данные выше на 1-ом этаже, чем на 9-ом, в результате прямой видимости автодороги, в тоже время в летний период нижние этажи закрыты листвой, что уменьшает уровень шума.

Результаты проведенных измерений показывают, что уровень шума внутри жилых кварталов превышает установленный норматив в 55дБа в дневное время. Максимальные значения в дневной период достигают 85дБа. В ночной период уровень шума превышает установленный норматив в 45дБа и составляет 55дБа.

Библиографические ссылки

1. *Веселов Д. С., Воробьева Т. А., Марголина И. Л.* Оценка пространственного изменения уровня шума в городской среде // *Экологические системы и приборы.* 2020. № 7. С. 3–8.

2. *Дряжбинский О. Е.* Негативное воздействие автотранспорта. проблема шумового загрязнения // *Современные тенденции развития науки и технологий.* 2015. № 8, Ч.1. С. 91-94.

3. *Киселев В. В., Бармин Е. Н.* Проблема шумового загрязнения на урбанизированных территориях // *Геология, география и глобальная энергия.* 2015. № 1 (56). С. 118-126.

4. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». 2021. 12 с.

5. *Renterghem T. Van, Botteldooren D., Verheyen K.* Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth // *Journal of Sound and Vibration,* 2012, P. 2404-2425.

ХАРАКТЕРИСТИКИ «ЦВЕТЕНИЯ» ВОДЫ В ДОЛИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ (НА ПРИМЕРЕ МОЖАЙСКОГО, ГОРЬКОВСКОГО, ЧЕБОКСАРСКОГО И КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ)

Е. Д. Птицына, О. Н. Ерина

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, ptitsynaeva@yandex.ru

Приводятся краткие результаты полевых исследований характеристик «цветения» воды на долинных водохранилищах, собранных Красновидовской учебно-научной базой географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Показано, что в межгодовом разрезе в водохранилищах Средней Волги и Можайском водохранилище средние и максимальные концентрации сильно варьируются. Разбивка лет по интенсивности «цветения» показала, что в Можайском и Горьковском водохранилищах зафиксировано опасное цветение.

Ключевые слова: долинное водохранилище; хлорофилл *a*; цветение воды; Можайское водохранилище; Горьковское водохранилище; Чебоксарское водохранилище; Куйбышевское водохранилище.

Введение. Цветение воды – это естественный процесс, который характерен для водоемов с высоким уровнем первичной продукции органических веществ, возникающих благодаря размножению клеток фитопланктона. В последние полтора века отмечается ускорение данного процесса в связи с усилением антропогенного влияния.

Для изучения развития фитопланктона в водоемах часто используется концентрация хлорофилла *a* – главного фотосинтетического пигмента зеленых растений. Это важный экологический параметр, который помогает определить трофический статус водного объекта. Его количественное измерение технически проще, чем другие методы. Поэтому оценка сезонных и пространственных изменений в развитии водорослей через содержание хлорофилла позволяет глубже понять механизмы образования и временные вариации цветения.

В работе мы попытались оценить интенсивность процесса в Можайском водохранилище и водохранилищах Средней Волги, основываясь на наблюдениях за концентрацией хлорофилла *a* в поверхностном слое воды.

Материалы и методы исследований. Объектами исследования являются четыре водохранилища, расположенные в центральной части ЕТР – Можайское, Горьковское, Чебоксарское и Куйбышевское. Можайское

водохранилище расположено на западе Московской области на реке Москва. Этот объект был выбран из-за наличия базы многолетних ежемесячных наблюдений, которые проводятся сотрудниками Красновидовской учебно-научной базы МГУ им. М.В. Ломоносова. Горьковское, Чебоксарское и Куйбышевское водохранилища расположены на реке Волге. На этих объектах в рамках экспедиций «Плавучего университета Волжского бассейна» проводились исследования начиная с 2017 года, включающие данные о содержании основных биогенных элементов и органических веществ, хлорофилла *a* и распределении гидрофизических характеристик. Исследуемые объекты являются долинными водохранилищами с различными размерами, гидрологической структурой, коэффициентами водообмена, целями эксплуатации, а также имеют различную степень антропогенной нагрузки на водосбор.

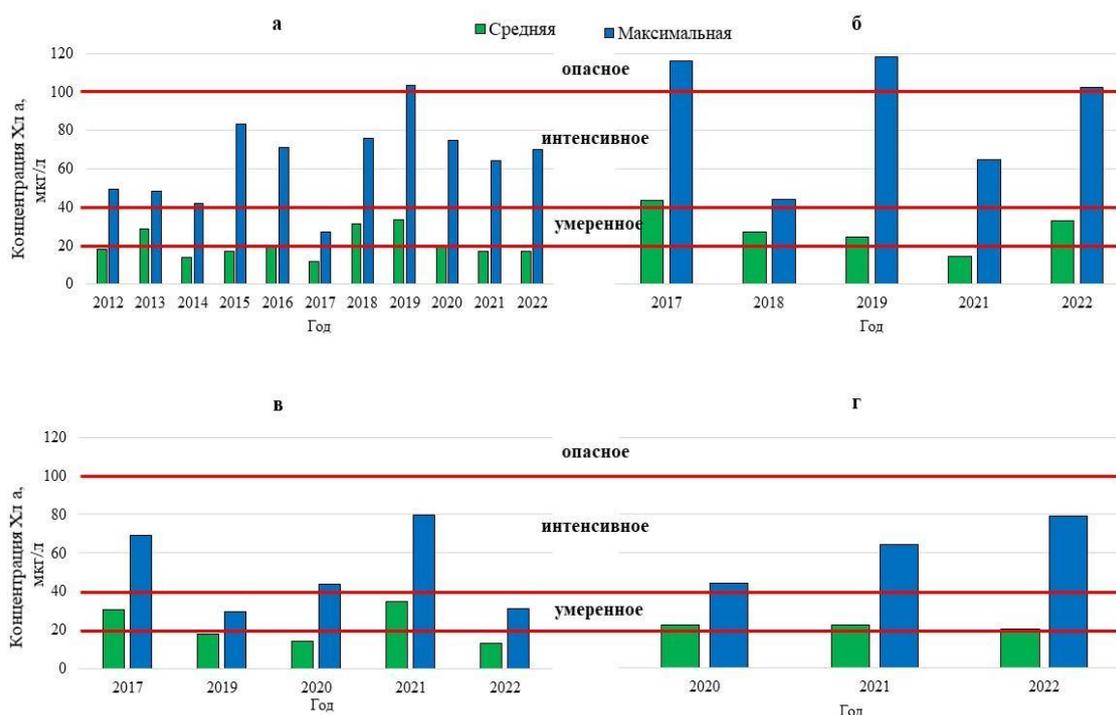
В качестве информационной основы работы были использованы данные многолетних наблюдений Красновидовской учебно-научной базы географического факультета МГУ на Можайском водохранилище за период с 2012 по 2022 гг., а также данные экспедиции «Плавучий университет Волжского бассейна» по Горьковскому, Чебоксарскому и Куйбышевскому водохранилищам с 2017 по 2022 год.

Для анализа баз данных были использованы программный пакет для кластерного анализа STATISTICA и программа для работы с электронными таблицами Microsoft Excel.

Для выявления вспышек цветения и определения их интенсивности нами был изучен ряд научных публикаций и правовых актов [1-5], где приводятся следующие пограничные значения концентрации хлорофилла *a* в воде, которые и были нами приняты в качестве индикаторов цветения: при концентрации хлорофилла, превышающей 20 мкг/л, в водоеме идентифицируется явление цветения; при концентрации, превышающей 40 мкг/л, данное явление характеризуется как интенсивное, и наконец при концентрации хлорофилла *a*, превышающей 100 мкг/л, мы классифицировали данное явление как опасное (НАВ – harmful algal bloom).

Результаты и их обсуждение. В Можайском водохранилище прослеживаются значительные межгодовые различия среднего за вегетационный период содержания хлорофилла *a* (Хл *a*) в поверхностном слое, среднее изменяется от 11,7 мкг/л до 33,5 мкг/л. В 2017 году максимальные концентрации не превышали 30 мкг/л, в 2012-2014 гг. максимум концентрации Хл *a* находился в диапазоне 40-50 мкг/л. В 2016, 2018, 2020-2022 годах максимальные концентрации Хл *a* изменялись в пределах 60-80 мкг/л. Наибольшие максимальные значения 83,4 мкг/л и 103,6 мкг/л были отмечены в 2015 и 2019 году соответственно, возможно, это связано с тем, что

в эти годы летняя межень была устойчивой без дождевых паводков, приток в водохранилище за лето был низкий, что также сопровождалось низкими уровнями воды. В период с 2012 по 2022 год Можайское водохранилище характеризовалось преимущественно умеренной интенсивностью цветения с отдельными очагами интенсивного и даже опасного по своей интенсивности развития фитопланктона (рис. 1а). В 2014 и 2017 годах по средним концентрациям хлорофилла *a* цветение отсутствовало, но по максимальным концентрациям цветение воды характеризовалось как интенсивное и умеренное соответственно. В 2014 году цветение началось только со второй половины июля, в августе на некоторых станциях отмечалось интенсивное цветение. В 2017 году было отмечено цветение только на некоторых станциях, поэтому среднее значение Хл *a* занижено. Согласно максимальным значениям концентрации хлорофилла *a*, цветение в многолетнем разрезе в Можайском водохранилище преимущественно характеризовалось как интенсивное, в 2017 году цветение было умеренным, в 2019 году – опасное, максимальные концентрации были отмечены в Красновидовском плесе, где были сформированы наиболее благоприятные условия для активности и размножения фитопланктона.



Интенсивность цветения воды по средним и максимальным значениям концентрации хлорофилла:

a – Можайское; *б* – Горьковское; *в* – Чебоксарское; *г* – Куйбышевское

В Горьковском водохранилище тоже прослеживается межгодовая изменчивость содержания фотосинтетических пигментов фитопланктона. Средние значения изменялись в диапазоне в пределах 14,6-43,3 мкг/л (рис. 1б), при этом в 2017, 2019 и 2022 годах обнаруженные максимальные концентрации Хл *a* в поверхностном слое достигали 100 мкг/л, а в 2018 и 2021 годах - не превышали 80 мкг/л. На Горьковском водохранилище отмечалась сильная степень изменчивости в 2017, 2019, 2021 годах ($C_v > 0,7$), в 2021 году – умеренная. Горьковское водохранилище в среднем характеризовалось более активным развитием водорослей по сравнению с Можайским, в 2017 было отмечено интенсивное цветение, особенно активно развивавшееся в приплотинном плесе, где складываются наиболее благоприятные гидродинамические условия для продукции фитопланктона. При этом в 2021 году, например, средняя концентрация хлорофилла *a* в августе составила всего 14,6 мкг/л, что соответствовало отсутствию цветения согласно принятой в данной работе классификации. По максимальным концентрациям Хл *a* в 3 из 5 лет цветение характеризовалось, как опасное.

В Чебоксарском водохранилище за исследуемый период 2017, 2019-2022 г. прослеживается межгодовая изменчивость концентраций хлорофилла *a* в поверхностном слое воды, среднее изменяется от 13,4 до 30,7 мкг/л (рис. 1в). Наибольшие максимальные значения были отмечены в 2017 и 2021 году (больше 60 мкг/л). В 2019, 2020 и 2022 году максимальные значения Хл *a* не превышали 50 мкг/л. Степень изменчивости концентраций хлорофилла *a* в целом за исследуемый период умеренная, только в 2020 г. ее можно охарактеризовать как сильную. В Чебоксарском водохранилище по средним концентрациям Хл *a* цветение в основном отсутствовало, только в 2017 и 2021 годах цветение воды характеризовалось как умеренное. Согласно максимальным концентрациям Хл *a* в многолетнем разрезе цветение преимущественно характеризовалось как интенсивное, только в 2019 и 2022 году было умеренным.

В Куйбышевском водохранилище (рис. 1г) рассматриваемые года схожи по средним (20,5-22,4 мкг/л) и минимальным (5,2-6,8 мкг/л) концентрациям хлорофилла *a* в поверхностном слое воды. Наибольшие максимальные концентрации Хл *a* были отмечены в июле 2021 и 2022 гг., которые схожи по своим гидрометеорологическим условиям. В 2020 году в водохранилище отмечалась умеренная степень изменчивости концентраций Хл *a*, в 2021-2022 году – сильная. В период с 2020 по 2022 г. Куйбышевское водохранилище по средним значениям характеризовалось умеренным цветением. По максимальным значениям хлорофилла *a* зафиксировано интенсивное цветение во все рассматриваемые экспедиции, при этом наблюдался рост значений с каждым годом.

Заключение. В исследуемых водохранилищах в межгодовом разрезе концентрация Хл *a* изменялась в широком диапазоне. Разбивка лет по интенсивности цветения на основании средних за вегетационный период концентрации хлорофилла *a* показала, что в Можайском водохранилище за 2012-2022 гг. развитие фитопланктона приводило к интенсивно-умеренному цветению со «вспышками» опасного цветения, а в Горьковском за 2017-2022 гг. – к умеренному со «вспышками» опасного цветения. Чебоксарское водохранилище за период с 2017 по 2022 гг. характеризовалось в основном умеренным цветением с участками интенсивного цветения, в Куйбышевском водохранилище в 2020-2022 годах преобладало умеренное цветение.

Библиографические ссылки

1. *Кумаев С. П.* Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: изд-во КНЦ РАН, 2007. 394 с.
2. Satellite detection of harmful algal bloom occurrences in Korean waters / Y.-H. Ahn [et al.] // *Harmful Algae*, 5(2), 2006, P. 213–231.
3. A bio-optical algorithm for the remote estimation of the chlorophyll-a concentration in case 2 waters / A. A. Gitelson, A.A. [et al.] // *Environmental Research Letters*, № 4 (4), 2009.
4. Algal bloom-associated disease outbreaks among users of freshwater lakes — United States, 2009–2010 / E. D. Hilborn [et al.] // *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 2014, Vol. 63. № 1. 11 p.
5. Using chlorophyll a and cyanobacteria in the ecological classification of lakes // Søndergaard M. [et al.] // *Ecological Indicators*. 2011. № 11 (5). P. 1403–1412.

НЕОБХОДИМОСТЬ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПОВ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Е. А. Романюта, А. Б. Кафтанчикова

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
lizullyan@gmail.com, abkaft@rambler.ru*

Приводится краткая аргументация в пользу применения цифровой картографии в ландшафтно-экологических исследованиях.

Ключевые слова: цифровая картография; ландшафтно-экологические исследования; анализ, цифровое картографирование.

Введение. В современный период времени ландшафтно-экологические исследования включают в себя несколько этапов: ландшафтно-экологический анализ, диагноз и прогноз. Первый этап – анализ, включает инвентаризацию ландшафтов, установление их пространственной дифференциации, антропогенных воздействий, определение экологических функций. Второй этап – эко диагностика, заключается в оценивании ландшафта для целей сельскохозяйственного, промышленного, рекреационного, транспортного использования. Последний этап – прогнозирование состояния ландшафтов или прогноз изменения экологических ситуаций на 5–10 лет и более вперед.

Решение этих задач сопровождается оценкой экологического ресурсного потенциала, экологической емкости, состояния, устойчивости ландшафтов к антропогенным нагрузкам, а также оценкой экологических ситуаций территории исследования. Одним из способов упрощения и более рационального использования полученных данных может оказаться их цифровое представление – картографирование.

Материалы и методы исследований. Основной идеей, которая стала ключевой, была выбрана особенность картографии на современном этапе ее развития: картографическое изображение уже служит не только непосредственным источником информации, но и обеспечивает визуализацию информации, собранной и хранимой в базах пространственных данных. Ландшафтно-экологическое картографирование состоит в том, что в качестве объекта картографирования используется природный территориальный комплекс (ПТК), ранг и размеры которого определяются масштабом исследования. Трудности при таком подходе возникают, когда

проводится исследование ландшафтов, значительно измененных хозяйственной деятельностью, а также из-за накопления информации о состоянии окружающей среды в границах административных единиц, которые, как правило, не совпадают с границами ПТК.

Приоритетом использования цифрового картографирования данных могут стать тенденции, которых придерживается картография в последнее время: в информационных процессах компьютерной обработки пространственных данных карта осуществляет функции специфического интерфейса между человеком и компьютерной средой; появилось большое число картографических сервисов и служб, в том числе в сети Интернет, которые существенно расширили перечень услуг по доступу к географической информации посредством картографических изображений; начали развиваться новые технологические направления – мобильная картография, трехмерная, мультимедийная и анимационная картография. Уже сейчас можно обозначить преимущества использования цифровой картографии: возможность масштабирования; способность нанесения собственных меток; быстрая передача информации через навигационные спутники; точная прокладка маршрутов, быстрое перестроение из-за внешних факторов; простота эксплуатации; способность создания тематических и/или стилизованных карт.

Перечисленные выше преимущества способствуют упрощению процессов систематизации и анализа данных. Можем рассмотреть способы внедрения геоинформационных систем в уже сложившееся геоэкологическое картографирование. На этапе анализа данных (первом этапе исследований) самым простым и эффективным может оказаться возможность простого и своевременного нанесения собственных меток на цифровую карту, что окажет влияние на время обработки данных посредством визуального анализа. Также, при необходимости, есть возможность и редактирования тематических карт на местности, и передачи через сеть Интернет. На этапе диагностики (второй этап) цифровая карта становится неотъемлемым средством анализа в работе. Основным преимуществом является визуальное представление разных факторов влияния на ПТК. Используя такой способ информирования, появляется возможность редактирования картографического изображения группой лиц, находящихся на расстоянии. Также неотъемлемой частью анализа цифровых карт является способность наложения их одну на другую, для быстрого и четкого определения различий между ними. На третьем этапе (прогноз) возможности цифрового картографирования раскрывают все свои положительные стороны. Самым ярким примером является возможность визуального представления прогнозируемых изменений; представление изменений под влиянием различных факторов и/или их совокупностью.

Наряду с группировкой карт по тематике, т. е. выделением видов карт, необходимо учитывать и типы карт. Согласно общепринятой классификации, типы карт выделяют по широте тематики, приемам исследования картографируемых явлений, степени объективности и практической направленности. По широте тематики карты делят на общие, содержащие полную характеристику явления, и частные, ограничивающиеся отображением отдельных его аспектов. Например, частной является карта загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами, а общей — карта районирования территории по степени загрязненности какого-либо компонента природной среды. В зависимости от приемов исследования карты могут быть аналитическими (показывающими отдельные стороны процесса без отражения взаимосвязей с другими его сторонами), синтетическими (дающими целостную характеристику процесса и учитывающими структуру и связи составных частей картографируемого объекта), а также комплексными (отображающими одновременно несколько свойств явления, но раздельно, каждое в своих показателях). К аналитическим картам принадлежит обширная группа моноэлементных карт распространения того или иного химического элемента или соединения в различных компонентах природной среды. Примером синтетической карты может служить карта загрязнения атмосферного воздуха, показывающая, с одной стороны, объемы выбросов, виды и токсичность загрязняющих веществ, а с другой — природные условия распространения поллютантов (потенциал загрязнения атмосферы) и отображающая всю перечисленную информацию путем зонирования территории по степени загрязненности. Та же карта, но без последней стадии синтеза информации относится к комплексным.

Результаты и их обсуждение. Исходя из перечисленных возможностей, мы можем сказать, что результатом внедрения цифрового картографирования является незаменимая возможность быстрого редактирования и анализа данных, полученных путем полевого и камерального этапов изучения. Программным обеспечением для работ, связанных с основной тематикой, могут стать известные многим ArcGIS, QGIS, HTML5, JavaScript. Так же можно сказать, что не основным, но довольно важным аспектом цифрового картографирования является картографическая генерализация данных. Картографическая генерализация — это процесс научно-обоснованного отбора и обобщения географических объектов и явлений для отображения их на карте.

Заключение. В конце мы можем сделать вывод о том, что цифровое картографирование данных ландшафтно-экологических исследований может ускорить и/или облегчить анализ и систематизацию всей информации. Оно не требует большого количества оборудования, что не привязывает

человека к определенному местоположению. Кроме того, существует стремление к осуществлению перехода от статистической картографии к динамической картографии, функционирующей в режиме online в рамках геоинформационной системы виртуальной реальности. Такая система будет манипулировать с комплексом подвижных и неподвижных пространственных объектов практически в автоматическом режиме. Информация о подвижных объектах будет поступать с закрепленных на них датчиков местоположения и/или со стационарных систем наблюдения. Информация о неподвижных объектах будет загружаться в качестве основы из функционирующего электронного пространства. Потребители смогут пользоваться полученной информацией в виде мобильных карт, обеспечивающих выход на геоинформационные модели местности и обрабатывающие геоинформационные системы

Таким образом можно сказать, что цифровая картография сейчас является преобладающим направлением в развитии экологической картографии. Программное обеспечение, необходимое для создания карт, становится все более доступным, что популяризирует цифровые форматы карт среди населения.

Библиографические ссылки

1. Геоэкологическое картографирование / Под ред. Б. И. Кочурова. Москва, 2012.
2. История цифровой картографии [Электронный ресурс]. URL: <https://avtovsamare.ru/istoriya-cifrovoi-kartografii-cifrovaya-kartografiya/> (дата обращения: 13.09.2024).
3. *Каргашин П. Е.* Основы цифровой картографии. Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2020.
4. Перспективы развития картографии: от системы «цифровая земля» к системе виртуальной реальности / Сибирская государственная геодезическая академия, 2013.
5. УМКД «Основы экологического картографирования» / Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет им. А.М. Горького». Екатеринбург, 2008.

**ВИДОВОЙ СОСТАВ ПЕРЕПОНЧАТОКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ,
ТРОФИЧЕСКИ СВЯЗАННЫХ С ПЛОДОВО-ЯГОДНЫМИ
КУЛЬТУРАМИ В УСЛОВИЯХ САДОВЫХ
АГРОЭКОСИСТЕМ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

О. В. Синчук¹⁾, Т. С. Юдчиц¹⁾, А. П. Колбас^{2,3)}, Н. В. Архипова¹⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская 16, 220083, г. Минск, Беларусь, aleh.sinchuk@gmail.com, yudchytsts@bsu.by, pzngghjuk@gmail.com

²⁾ Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь, aliaksandr.kolbas@gmail.com

³⁾ Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

На базе пяти стационаров в Брестской области собраны предварительные данные по видовому составу представителей перепончатокрылых насекомых и их трофической связи с плодово-ягодными культурами в садовых агроэкосистемах. Определен состав опылителей, вредителей и энтомофагов. Среди перепончатокрылых насекомых выявлен чужеродный вид – *Andrena fulva*, как опылитель яблони и смородины.

Ключевые слова: агроэкосистемы; вредители, опылители; трофические группы; энтомофаги; Apidae; Hymenoptera.

Введение. Перепончатокрылые насекомые занимают одну из ключевых позиций в организации живой природы и соответственно в научной и практической деятельности человека [1]. Наиболее важная роль перепончатокрылых в природе – это стабилизация биоценозов (континентальных и преимущественно наземных) путем регуляции численности других насекомых. Эту функцию осуществляют разнообразные высшие перепончатокрылые, как паразитические (наездники), так и жалящие (различные осы и муравьи) [1, 2]. Опыление растений, связанное с потреблением пыльцы и нектара, свойственно многим насекомым и, по-видимому, представляет одну из древнейших форм трофической связи насекомых и растений [1]. Однако, некоторые группы перепончатокрылых, в первую очередь пчелы, занимают особое место среди эффективных опылителей [3]. Кроме того, целый ряд перепончатокрылых питается вегетативными и генеративными частями растений на разных стадиях их развития, тем самым выступая серьезными вредителями [4].

Изучение видового состава и трофических связей этой группы насекомых имеет большое значение для понимания функционирования агроценозов и разработки эффективных мер по их охране, и представляет

большой научный и практический интерес, поскольку может служить основой для разработки эффективных биологических методов в интегрированной защите растений [5]. С целью понимания видового состава членистоногих садового агроценоза и установления их трофической специализации необходимо проведение комплексных исследований. Особенно важны данные исследования при переходе к органическому земледелию.

Материалы и методы исследований. На протяжении апреля-августа 2024 года осуществлен сбор перепончатокрылых насекомых в условиях садовых агроэкосистем Брестского региона. В качестве модельных видов растений выступили: вишня обыкновенная, яблоня домашняя, малина обыкновенная и смородина черная. Модельные площадки были определены на базе пяти садов различных форм собственности и интенсивности применения химических средств защиты: ОАО «Агро-сад Рассвет», ОАО «Остромечево», ФХ «Влас», отдел «Агробиология» УО «БрГУ им. А. С. Пушкина», приусадебные участки на территории Брестской области (Брестский, Кобринский районы).

Сбор и коллектирование перепончатокрылых насекомых осуществлялись в соответствии с классическими подходами [6]. Идентификация видов проводилась с использованием специализированных ключей [4, 7–9]. Осуществлялся анализ трофических взаимоотношений и определялись трофические группы, исходя из специализации: вредители (фитофаги), опылители и энтомофаги.

Результаты и их обсуждение. Среди эффективных опылителей первой половины вегетативного периода отмечены представители перепончатокрылых родов *Andrena*, *Apis* и *Bombus* (таблица). Все исследуемые растительные объекты опыляет *Apis mellifera*. Представители *Bombus* предпочитают цветки малины и смородины. Стоит отметить, что чужеродный для фауны вид – *Andrena fulva*, который ранее отмечался на территории Брестского района только как опылитель смородины красной [10] и черной, впервые зафиксирован на цветках яблони домашней. Отмечено питание нектаром и пыльцой и, как следствие, опыление у муравьев. В садовых экосистемах обнаружены представители родов *Dolichoderus* и *Lasius* (таблица), которые вступают в трофобиоз с тлями, питающимися на исследуемых растениях. Кроме того, данные виды муравьев могут выступать эффективными энтомофагами, поскольку личиночной стадии насекомых требуется белковая пища. Интересное обнаружение в саду лесного вида – *Lasius platythorax*, который обычно избегает антропогенных территорий, хотя может жить в старых парках и запущенных фруктовых садах [7]. В нашем случае отмечается близость агроценоза отдела «Агробиология» к парковой зоне (дендрарий) и отсутствие химических обработок в нем.

Видовой состав перепончатокрылых насекомых, трофически связанных с плодово-ягодными культурами садовых агроэкосистем Брестской области

№	Вид	Семейство	Стационар*	Культура**
1.	<i>Andrena fulva</i> (Müller, 1766)	Andrenidae	4, 5	Я, С
2.	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	Apidae	1, 2, 3, 4, 5	Я, С, М, В
3.	<i>Bombus agrorum</i> (Fabricius, 1787)	Apidae	4	М
4.	<i>Bombus lapidarius</i> Linnaeus, 1761	Apidae	4	С, М
5.	<i>Bombus sylvarum</i> (Linnaeus, 1761)	Apidae	4	М
6.	<i>Bombus terrestris</i> Linnaeus, 1758	Apidae	4, 5	М
7.	<i>Dolichoderus quadripunctatus</i> (Linnaeus, 1771)	Formicidae	4	Я
8.	<i>Lasius fuliginosus</i> (Latreille, 1798)	Formicidae	4	Я
9.	<i>Lasius niger</i> (Linnaeus, 1758)	Formicidae	4	Я
10.	<i>Lasius platythorax</i> Seifert, 1991	Formicidae	4	Я
11.	<i>Caliroa cerasi</i> Retzius, 1783	Tenthredinidae	4, 5	В
12.	<i>Hoplocampa testudinea</i> Klug, 1816	Tenthredinidae	4	Я
13.	<i>Metallus</i> sp.	Tenthredinidae	4	М
14.	<i>Nematus ribesii</i> (Scopoli, 1763)	Tenthredinidae	5	С
15.	<i>Polistes dominula</i> (Christ, 1791)	Vespidae	4, 5	В, М

Примечания. * – (1) ОАО «Агро-сад Рассвет» (аг. Выстичи, Брестский район), (2) ОАО «Остромечево» (аг. Остромечево, Брестский район), (3) ФХ «Влас» (д. Рачки, Жабинковский район), (4) Отдел «Агробиология» УО «БрГУ им. А. С. Пушкина» (г. Брест), (5) другие обследованные садовые участки на территории Брестской области (Брестский, Кобринский районы).

** – В – *Prunus cerasus* L. (вишня обыкновенная), Я – *Malus domestica* Borkh. (яблоня домашняя), С – *Ribes nigrum* L. (смородина черная), М – *Rubus idaeus* L. (малина обыкновенная).

К неспециализированным опылителям можно отнести *Polistes dominula*, которая может выступать и как энтомофаг, питаясь членистоногими, и как фитофаг – поедая спелые плоды малины и вишни.

Среди фитофагов выявлены: *Caliroa cerasi*, *Hoplocampa testudinea*, *Metallus* sp., *Nematus ribesii*. Среди наиболее опасных можно указать *C. cerasi*, который в случае отсутствия мероприятий по защите растений может приводить к скелетированию листовых пластинок и их ранней дефолиации. В тоже время к прямому экономическому ущербу приводит

H. testudinea, повреждая формирующиеся плоды и приводя к усыханию и опадению последних. Минирующий пилильщик *Metallus* sp. на отдельных растениях в значительной степени повреждал листовые пластинки, тем самым ослабляя растения.

Заключение. В результате проведенных исследований получены первичные данные о видовом составе перепончатокрылых насекомых в условиях садовых агроэкологических систем. Нами обнаружено 15 видов данного отряда, которые относятся к различным трофическим группам и, как следствие, могут выполнять различные функции в исследуемых экосистемах. Полученные данные могут быть использованы при разработке мероприятий по рациональному использованию энтомофауны в интегрированной защите плодово-ягодных культур, а также для оценки биоразнообразия и экологического состояния садовых агроэкологических систем.

Исследования проводились в рамках проекта БРФФИ-БРЕСТ Х24Б-005 «Комплексное исследование садовых агроэкологических систем Брестского региона с целью повышения качества и экологичности продукции при переходе к органическому земледелию» (№ ГР 20241063 от 03.06.2024 г.).

Библиографические ссылки

1. Расницын А. П. Происхождение и эволюция перепончатокрылых насекомых. Москва : Наука, 1980. 190 с.
2. Викторов Г. А. Экология паразитов-энтомофагов. Москва : Наука, 1976. 152 с.
3. Наумкин В. П., Мазалов В. И. Насекомые-опылители агроценозов энтомофильных культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 3. С. 114–118.
4. Панкевич Т. Н. Пилильщики – вредители сельского и лесного хозяйства Белоруссии (Эколого-фаунистическая характеристика основных комплексов вредителей). Минск : Наука и техника, 1981. 152 с.
5. Суитмен Х. Биологический метод борьбы с вредными насекомыми и сорными растениями. Москва : Колос, 1964. 575 с.
6. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала / В. Б. Голуб [и др.]. Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2012. 339 с.
7. Радченко А. Г. Муравьи (Hymenoptera. Formicidae) Украины. Киев : Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена, 2016. 480 с.
8. Ellis W. N. Plant Parasites of Europe: leaf miners, galls and fungi. 2001–2021. URL: <https://bladmineerders.nl> (date of access: 12.09.2024).
9. Chinery M. Collins guide to the insects of Britain and Western Europe. London : HarperCollins Publishers, 1993. 320 p.
10. Sinchuk A. Sinchuk N., Kolbas A. First record of the tawny mining bee (*Andrena fulva* (Müller, 1766) (Hymenoptera: Andrenidae) in Belarus // Bulletin of the Lithuanian entomological society. 2022. Vol. 6. P. 102–105.

ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ЗА ПЕРИОД ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

В. А. Тимошенко, Д. Л. Иванов

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
dedshliagerzniasvizha@gmail.com, geoivanov@mail.ru*

В статье представлены результаты исследования изменения ледового режима на 5-ти створах реки Западная Двина в условиях потепления климата. Анализируются сроки и продолжительность основных фаз ледового режима в условиях климатических изменений и влияния антропогенных факторов. Выявлено уменьшение длительности ледостава за счет смещения дат замерзания на более поздние сроки, а дат вскрытия на более ранние.

Ключевые слова: ледовый режим; Западная Двина; ледостав; глобальное потепление.

Введение. На протяжении последних десятилетий активное потепление климата оказывает существенное воздействие на гидрологический режим территории Беларуси. Особый интерес представляет река Западная Двина, которая является одним из ключевых водотоков страны. Ледовый режим является важнейшей составной частью гидрологического режима и зависит от климатических условий речных бассейнов, водности рек, морфологических характеристик русел и гидравлических свойств потока. В последние десятилетия создание на реке ряда гидротехнических сооружений внесло существенные изменения в ее ледовый режим, который, в свою очередь, оказывает большое влияние на функционирование и эксплуатацию располагающихся в зоне его влияния инженерных и гидротехнических сооружений.

Материалы и методы исследований. Для изучения временной динамики основных фаз ледового режима реки использовались многолетние данные гидрологических постов, находящихся на реке Западная Двина в пределах Беларуси (Сураж, Витебск, Улла, Полоцк, Верхнедвинск) за временной отрезок с 1960 по 2022 год. Исходными данными для анализа послужили ежегодные данные о ледовых явлениях в створе [1].

Результаты и их обсуждение. Быстрое изменение климата, начавшееся со второй половины 80-х годов, проявилось на территории страны в быстром росте среднегодовых температур воздуха [2,3] и смягчении зимних условий (уменьшении суммы отрицательных температур, количества

твердых осадков, а также в увеличении суммы положительных температур воздуха во время оттепелей) [4]. Безусловно, такие изменения не могли не отразиться на ледовом режиме.

Изучение фактических данных позволяет заключить, что сроки начала ледовых явлений в течение рассматриваемого периода год от года существенно варьируют. Однако группировка материалов по десятилетним срезам позволило установить тенденцию к более позднему началу ледовых явлений на реке. В целом, по реке, за рассматриваемый период средняя дата начала ледовых явлений сместилась со второй декады ноября на вторую декаду декабря (табл. 1). Наиболее интенсивное смещение сроков начала ледового периода на более позднее время отмечалось с начала 90-х и особенно 2000-х годов. По отношению к базовому периоду (1960-1989 гг.) в каждое последующее десятилетие начало ледового периода смещалось на 6-10 дней и в сумме за период потепления составило 26-29 суток. В среднем интенсивность такого смещения составляла 0,9 суток за год, при этом в последние 3 года (2020-2022 гг.) оно было максимальным и составило 2,3 суток / год.

При этом время проявления первых ледовых явлений сместилось с первой-второй декады ноября (1960-1989 гг) на первую – третью декады декабря за период потепления. В отдельные годы (2006-2007 гг.) первые ледовые явления приходились на конец января, а зимой 2019-2020 гг. ледовых явлений в отдельных створах вообще не наблюдалось.

Усредненные по десятилетним срезам даты начала и окончания ледовых явлений за период 1960-2022 гг. (дата начала/дата окончания)

Название поста	Период, гг						
	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019	2020-2022
Сураж	11.ноя/13.апр	13.ноя/10.апр	13.ноя/07.апр	20.ноя/03.апр	27.ноя/04.апр	30.ноя/03.апр	01.дек/22.мар
Витебск	14.ноя/11.апр	17.ноя/07.апр	15.ноя/07.апр	21.ноя/01.апр	30.ноя/02.апр	08.дек/30.мар	08.дек/23.мар
Улла	17.ноя/07.апр	22.ноя/05.апр	17.ноя/04.апр	22.ноя/25.мар	02.дек/28.мар	05.дек/25.мар	04.дек/27.мар
Полоцк	17.ноя/08.апр	22.ноя/04.апр	16.ноя/04.апр	22.ноя/26.мар	02.дек/28.мар	10.дек/24.мар	28.дек/09.мар
Верхнедвинск	18.ноя/07.апр	23.ноя/02.апр	17.ноя/01.апр	22.ноя/22.мар	04.дек/25.мар	11.дек/23.мар	28.дек/10.мар
Среднее за период	16.ноя/09.апр	20.ноя/06.апр	15.ноя/05.апр	21.ноя/28.мар	01.дек/30.мар	07.дек/27.мар	14.дек/18.мар

Следует отметить, что начало ледовых явлений и интервал их смещения существенно варьируют от одного гидропоста поста к другому, что в значительной степени обусловлено техногенными причинами, повлиявшими на водность реки, морфологические характеристики русла и гидравлические свойства водного потока.

Наряду с отмеченным, за период потепления фиксируется и тенденция смещения сроков окончания ледовых явлений на реке, что особенно отчетливо видно при анализе десятилетних хроносрезов. В целом, по реке,

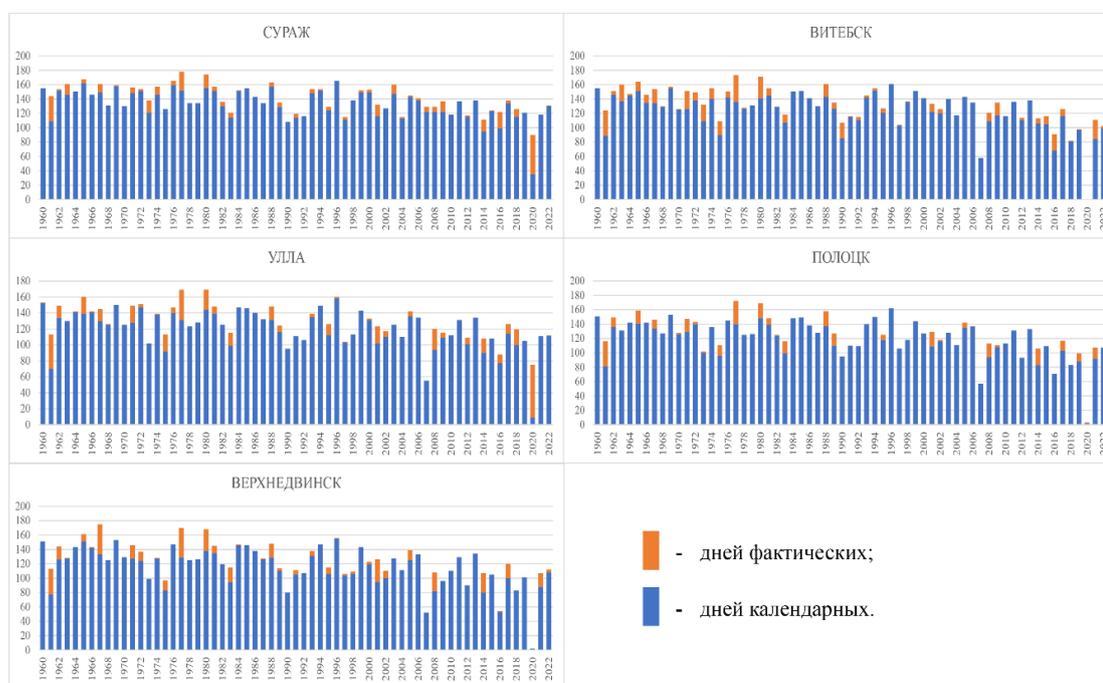
средняя дата окончания ледовых явлений сместилась с первой декады апреля на вторую – третью декаду марта.

Разница между временем проявления последних ледовых явлений в верхнем течении (пост Сураж) и нижнем (пост Верхнедвинск) увеличилась с 6 – 9 суток (1960-1989 гг.) до 12 – 21 суток за период потепления.

Результатом смещения сроков основных фаз ледового режима (появления льда на более поздние сроки, а очистки русла ото льда на более ранние), является снижение общего количества дней с ледовыми явлениями. За базовый период (1960-1989 гг) амплитуда продолжительности ледового периода на створах разных постов колебалась незначительно, уменьшаясь вниз по течению реки, она варьировала от 147 суток (Сураж) до 137 суток (Верхнедвинск).

За период потепления (1990 – 2022 гг.) продолжительность ледового периода существенно сократилась и составляет от 128 суток (Сураж) до 103 суток (Верхнедвинск). Особенно интенсивные сокращения наблюдались теплой зимой 2019-2020 гг., когда ледовых явлений в отдельных створах вообще не наблюдалось (рис. 1). Уменьшение продолжительности ледовых явлений по-прежнему направлено вниз по течению реки.

Вместе с тем, амплитуда продолжительности этих явлений от створа к створу существенно увеличилась (до 25 суток). Кроме того, активное создание на реке ряда гидротехнических сооружений (строительство и ввод в эксплуатацию Витебской и Полоцкой ГЭС), существенно отразилось на сокращении длительности периода ледовых явлений от створа к створу.



Продолжительность ледовых явлений в створах постов на реке Западная Двина за период 1960-2022 гг.

При этом, сокращение длительности периода с ледовыми явлениями происходит уже *увеличивается* вниз по течению реки. На гидрологическом посту Сураж за время потепления продолжительность периода с ледовыми явлениями сократилась на 19 суток (со 147 суток в 1960-1989 гг. до 128 суток в 1990-2022 гг.). В нижних по течению реки створах сокращение продолжительности периода с ледовыми явлениями увеличивается до 34 суток в створах постов Полоцк (с 139 до 105 суток) и Верхнедвинск (со 137 до 103 суток).

Заключение. В результате исследования влияния изменения климата на ледовые явления в бассейне реки Западная Двина выявлена отчетливая тенденция сокращению длительности периода ледообразования. Анализ фактических данных показал, что даты начала и окончания ледовых явлений постепенно смещаются: начало ледообразования происходит позже, а окончание - раньше. Эти изменения выражаются в сокращении общей продолжительности периода с ледовыми явлениями. Наиболее интенсивное сокращение длительности ледовых явлений отмечается в последние десятилетия. Активное антропогенное воздействие и создание на реке гидротехнических сооружений наиболее отчетливо отразились в региональном смещении основных фаз и продолжительности интервалов ледовых явлений от створа к створу и максимальном сокращении продолжительности периода с ледовыми явлениями вниз по течению реки.

Библиографические ссылки

1. Архивные данные Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Республики Беларусь.

2. Недобега А. П., Иванов Д. Л. Изменение климата на территории Беларуси в контексте глобального потепления // XV Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу. Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием / Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения РАН. Томск, 2023. С. 87-90.

3. Иванов Д. Л., Ивашко Е. А. Экстремально высокие темпы роста температуры воздуха как характерная черта и особенность климата территории Беларуси в условиях глобального потепления // Развитие географических исследований в Беларуси в XX-XXI веках. Материалы международной научно-практической очно-заочной конференции, посвященной 100-летию Белорусского государственного университета, 60-летию кафедры физической географии и образовательных технологий, 100-летию со дня рождения проф. О. Ф. Якушко. Минск, 2021. С. 329-332.

4. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек [и др.]. Брест : Альтернатива, 2017. 239 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ

Цзян Чэнь

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
sweenei1j@gmail.com*

Экологический мониторинг горнодобывающих районов является необходимым условием для охраны окружающей среды. Технология дистанционного зондирования широко используется для определения экологического состояния горнодобывающих районов, а исследовательские приложения в области экологического мониторинга горнодобывающих районов сводятся к определению типов поверхности в горнодобывающих районах, инверсии и мониторингу параметров растительности в горнодобывающих районах.

Ключевые слова: горные экосистемы; мониторинг с помощью дистанционного зондирования; экосистемы.

Введение. На протяжении многих лет добыча рудной энергии вызвала различные повреждения и воздействия на экологическую среду районов добычи, в основном включающие: оседание поверхности, разрушение земель, деградацию растительности, ухудшение состояния почвы, загрязнение воды и другие проблемы [1]. Для устойчивого экологического развития горнодобывающей промышленности большое значение имеет изучение влияния процесса добычи на окружающую среду. Общие разведанные запасы калийных солей в Беларуси составляют 1,29 млрд тонн, что составляет около 10 % мировых запасов калийных солей и является третьим по величине показателем в мире. В то же время Беларусь является вторым в мире экспортером калийных удобрений, поэтому экологически безопасная добыча калийных ресурсов играет важную роль в экономической стабильности Беларуси.

Технология дистанционного зондирования постепенно вытесняет ручные полевые пробы и картографирование. Интенсивная добыча полезных ископаемых на большинстве рудников, продолжающаяся десятилетиями, в сочетании с большими площадями добычи, требует, чтобы данные экологического зондирования отвечали требованиям больших площадей, длительных периодов времени, высокого пространственного разрешения и скорректированного временного разрешения. Технология дистанционного зондирования зародилась в 1970-х гг. Благодаря исследованиям и развитию технологии дистанционного зондирования, пространственное и

временное разрешение данных дистанционного зондирования постоянно улучшалось после многих лет непрерывного сбора данных о поверхности Земли различными спутниками наблюдения Земли, в результате чего была создана огромная база данных. Это стало важным инструментом для мониторинга и оценки состояния окружающей среды в районах добычи полезных ископаемых [2].

Классификацию элементов поверхности в горнодобывающих районах можно разделить на две части: общие типы общих элементов поверхности и типы элементов поверхности, характерные для горнодобывающих районов.

Таблица 1

Определение характерных типов поверхности в районе добычи

Типология	Источники данных	Разрешение, м	Методы идентификации	Точность %	Библиография
карьер	Landsat 4/5/7/8	30	Классификация с помощью дерева решений, классификация с помощью аффинной функции	82.00-97.07 %	[3]
	Sentinel-2A, SPOT 2	10	Глубокая конволюционная нейронная сеть	96.14-98.74 %	[4]
концентратор (сетевое оборудование)	Landsat 5/8	30	Классификация по функции близости	73.91 %	[5]
куча твердых отходов	Landsat 5/7/8	30	Классификация с помощью дерева решений, классификация с помощью аффинной функции	60.87-97.07 %	[6]
строительство шахты	GF-1/2	1-2	Визуальная интерпретация, классификация с помощью дерева решений	99.97 %	[7]
	Sentinel-2	10	Глубокая конволюционная нейронная сеть	97.25 %	[4]
куча руды	Landsat 8	30	Классификация на основе экспоненциального метода	90.97 %	[10]
	WorldView-2	0.5	Классификация с помощью дерева решений	93.25 %	[8]
область оседания	GF-1/2	1-2	Визуальная интерпретация	98.00 %	[9][11]

1. Поверхностные карьеры, идентификация поверхностных районов добычи является более популярным направлением исследований в идентификации элементов шахт.

2. Транзитная площадка, точность идентификации элементов транзитной площадки по данным Landsat достигает 73,91 %.

3. Кучи твердых отходов, наивысшая точность идентификации твердых отходов в шахте по данным Landsat достигает 97,07 %.

4. При построении шахт обычно используется визуальная интерпретация и классификация с помощью дерева решений.

5. Шахтная свая, метровые и субметровые изображения дистанционного зондирования высокого разрешения и изображения дистанционного зондирования с разрешением 30 м могут эффективно идентифицировать ее.

6. Зоны оседания, где поверхность в той или иной степени проседает после завершения подземной добычи. Данные оптического дистанционного зондирования не чувствительны к проседанию поверхности, поэтому ученые в основном используют данные радиолокационного дистанционного зондирования для изучения проседания поверхности [9].

Существует три основных метода распознавания признаков поверхности шахты: визуальная интерпретация изображений дистанционного зондирования, традиционные методы классификации под наблюдением (классификация по принципу максимального правдоподобия, классификация с помощью дерева решений, классификация с помощью машины опорных векторов и т. д.) и методы глубокого обучения. В последние годы глубокое обучение применяется для распознавания типов признаков поверхности шахты. Показатели растительности могут косвенно отражать степень деградации почвы, параметры элементов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные исследования по количественному дистанционному зондированию для мониторинга растительности в горнодобывающей зоне

Параметры	Номер	Разрешение/м	Методологии	Точность	Период-ть и частота	Источник
Индекс растительности	Landsat 5/7/8	500 м, 30 м	NDVI	-	34 года, 34 раза	[12]
Растительный покров	Landsat 5/8	30 м	Линейные модели спектрального смещения	R^2 0.986 2, RMSE 0.041 8	24 года, 5 раз	[13]
Тип растительности	WorldView-2/3	2/1.2 м	Модель машинного обучения	79.31-91.60 %	1 раз	[14]
Содержание хлорофилла в растительности	Наземные спектральные измерения	-	Частичные наименьшие квадраты, метод нейронных сетей	R^2 0.835-0.982	1 раз	[15]
	Дистанционное зондирование с помощью БПЛА	13 см	Статистическая регрессионная модель	83.4 %	1 раз	[16]

Окончание табл.2

Параметры	Номер	Разрешение/м	Методологии	Точность	Период-ть и частота	Источник
Содержание тяжелых металлов	Наземные спектральные измерения	-	Статистические регрессионные модели, нейронные сети	R^2 0.01-0.99	1 раз	[17]
Чистая первичная продуктивность	GF-1	2.1 м	CASA моделирование	-	1 раз	[18]
Индекс площади листьев (LAI)	Снимки дистанционного зондирования с беспилотников	-	Статистическое моделирование на основе вегетационных индексов	$RMSE < 0.2$	1 раз	[19]
Биомасса	WorldView-2/3	0.5-2.0 м	Характерные параметры и регрессионное моделирование биомассы	53.22 - 74.64 %	8 лет, 8 раз	[20]

1. Мониторинг индекса растительности в горнодобывающих районах с помощью дистанционного зондирования

Индекс растительности – это показатель, полученный в результате комбинации различных полос данных дистанционного зондирования, наиболее часто используемый нормализованный индекс NDVI, величина которого является нейтральным отображением состояния растительности целевой территории, на которую влияет множество факторов.

2. Фракционный растительный покров (FVC) – это доля растительности в каждом пикселе изображения дистанционного зондирования к общей площади всего пикселя, численный размер FVC напрямую отражает долю растительности на целевой территории, что является ключевым показателем для экологического мониторинга окружающей среды в районе добычи.

3. Тип растительности, на который влияет различное качество почвы, качество воды, питательных веществ и другие факторы в районе добычи. Мониторинг типов растительности осуществляется с помощью изображений высокого пространственного разрешения и данных гиперспектральных изображений, при этом в основном используются данные высокого разрешения метрового уровня WorldView-2 и WorldView-3, что позволяет достичь высокой точности распознавания.

4. Содержание хлорофилла в растительности, для чего обычно используются данные наземных спектральных измерений и данные спектрального дистанционного зондирования с беспилотного летательного аппарата.

5. Содержание тяжелых металлов, исследования в области дистанционного зондирования все еще находятся в зачаточном состоянии.

6. Чистая первичная продуктивность растительности – это масса органического вещества, накопленного на единицу площади зеленой растительности в единицу времени. Этот показатель может в определенной степени отражать экосистемную функцию горнодобывающего района.

7. Индекс площади листьев LAI (Leaf Area Index) определяется как половина перехваченной площади листьев на единицу площади поверхности листьев.

8. Биомасса растительности определяется как общий вес (сухой вес) органического вещества растительности на единицу площади. Этот показатель отражает влияние горнодобывающей деятельности на экологическую среду и является важным параметром для восстановления экологической среды в горнодобывающих районах.

Заключение. Дистанционное зондирование является одним из важных средств мониторинга экологической среды в горнодобывающих районах. Анализируется ход исследований в области дистанционного мониторинга экологической среды в горнодобывающих районах с точки зрения идентификации и классификации элементов поверхности в горнодобывающих районах и дистанционного мониторинга элементов растительности в горнодобывающих районах. Уделяется внимание обобщению и заключению данных дистанционного зондирования и пространственного разрешения, используемых для идентификации элементов поверхности в горнодобывающих районах.

Библиографические ссылки

1. *Wang Yunjia* Research progress and prospect on ecological disturbance monitoring in mining area // *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2017. № 46 (10). P. 1705-1716.

2. Multi-source remote sensing technology for monitoring safety and environment in mine / *Liu Shanjun* [et al.] // *Geomatics and Spatial Information Technology*, 2015. № 38 (10). P. 98-100.

3. Detecting decadal land cover changes in mining regions based on satellite remotely sensed imagery: a case study of the stone mining area in Luoyuan County, SE China / *Z. M. Zhang* [et al.] // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2015. № 81 (9). P. 745-751.

4. A sentinel-2 based multispectral convolutional neural network for detecting artisanal small-scale mining in Ghana: applying deep learning to shallow mining / *J. Gallwey* [et al.] // *Remote Sensing of Environment*, 2020. № 248. P. 111970.

5. *Lf Min* Information Extraction and Dynamic Monitoring of Openpit Mining Area Based on Remote Sensing Technology . Tangshan: North China University of Science and Technology, 2020.

6. *Mezned N., Dkhala B., Abdeljaouad S.* Multitemporal and multisensory Landsat ETM+ and OLI 8 data for mine waste change detection in Northern Tunisia // *Journal of Spatial Science*, 2018. № 63 (1). P. 135-153.

7. *Liu Li, Gao Junhua, Yu Deqing* Monitoring and analysis of mine land occupation in Hunan Province based on remote sensing // *Geospatial Information*, 2019. № 17 (1). P. 41-46.

8. Typical surface features extraction in mining area based on data Of Lidar and WorldView-2/ *Lu Yao [et al.]* // *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2015. № 12. P. 57-59.

9. Analysis of distribution and rehabilitation status of mining destroys land and existing problems in China / *Yang Jinzhong [et al.]* // *Earth Science Frontiers*, 2021. № 28 (4). P. 83-89.

10. Coal mine area monitoring method by machine learning and multispectral remote sensing images / *He D K [et al.]* // *Infrared Physics & Technology*, 2019 № 103. P. 103070.

11. *Zhang Zhiliang, Zeng Qiming, Yang Ligong* Мониторинг деформации поверхности в районах добычи полезных ископаемых с помощью адаптивного метода DS-InSAR, включающего типы почвенно-растительного покрова // *Журнал Пекинского университета (естественнонаучное издание)*, 2024. № 60 (2). P. 265-276.

12. *Zhang Miaolin* Change Detection of Vegetation in Mining Area on Spatiotemporal Fusion Data: Taking Ningdong Coal Base As an Example. Beijing: China University of Geosciences-Beijing, 2019.

13. *Li Hengkai, Lei Jun, Yang Liu* Extraction of vegetation coverage and analysis of landscape pattern in rare earth mining area based on Landsat image // *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016. № 32 (10). P. 267-276.

14. *Wang Nan, Wang Guisheng, Zhang Zhen* Monitoring of waterlogging stress disaster of ecological restoration forest using high resolution remote sensing data in the Datong abandoned coal mine // *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2018. № 7. P. 13-17, 47.

15. Spectral characteristics of reclaimed vegetation in a rare earth mine and analysis of its correlation with the chlorophyll content / *Li H [et al.]* // *Journal of Applied Spectroscopy*, 2020. № 87 (3). P. 553-562.

16. Identify maize chlorophyll II impacted by coal mining subsidence in high groundwater table area based on UAV remote sensing / *Xiao Wu [et al.]* // *Journal of China Coal Society*, 2019. № 44 (1). P. 295-306.

17. *Wei Zhi'* An Study on Estimation of Chlorophyll Content of Reclaimed Vegetation Leaf in Rare Earth Mining Area Based on Hyperspectral Data. Ganzhou: Jiangxi University of Science and Technology, 2020.

18. The application of Chinese GF-1 satellite high resolution in monitoring the semi-arid grassland for large surface mining area / *Zhao Feifei [et al.]* // *Geomatics & Spatial Information Technology*, 2015. № 38 (8). P. 108-110.

19. *Lu Jie* Monitoring of Vegetation and Soil Erosion in Dump Slope Based on UAV Remote Sensing Technology. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2018.

20. Study on biomass inversion method of reclaimed vegetation in prairie mining area based on Worldview-3 and Sentinel-1 SAR data / *Liu Yanhui [et al.]* // *Earth Science Frontiers*, 2021. № 28 (4). P. 219-228.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ОПОРНОЙ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Д. Н. Чертков

Курский государственный университет, г. Курск, Россия, daniilchertkov13@yandex.ru

В статье рассматривается влияние развития транспортной сети СЗФО на устойчивое развитие, акцентируя внимание экологическую составляющую вопроса. На примере Кольцевой автомобильной дороги вокруг г. Санкт-Петербург проверено утверждение о важности времени экспозиции при проведении геоэкологической оценки влияния объектов инфраструктуры на регион. Уточнены факторы негативного влияния развития опорной сети на городские территории.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура; опорная сеть; устойчивое развитие; экологическая обстановка; Северо-Западный федеральный округ Российской Федерации.

Введение. Одним из ключевых факторов устойчивого развития, безусловно, является развитие территорий. Транспорт не только является опорным элементом инфраструктуры, но и, обеспечивая базовые потребности в передвижении, способствуя выполнению рекреационной функции и обеспечивая производство, является связующим звеном между населением и окружающей средой.

Материалы и методы исследований. Работа по оценке влияния развития автодорожной сети региона на экологическую обстановку в нем проводилась с использованием методов статистического анализа, с применением картографического способа представления информации.

Результаты и их обсуждение. В контексте исследования сети автомобильных дорог Северо-Западного федерального округа Российской Федерации (далее – СЗФО) и ее влияния на социально-экономические аспекты жизни населения важно понимание физико-географической характеристики региона. СЗФО занимает 1 687 тыс. кв. км территории. Большая часть территории округа покрыта лесами. Сельскохозяйственные угодья занимают около 3 % площади и представлены в подавляющем большинстве животноводческими комплексами. Экономика округа наполнена транспортными отраслями промышленности.

Кроме того, туристическая привлекательность рекреационных районов округа, а также его транзитное положение на пути к соседним странам, также увеличивают нагрузку на автодорожную сеть [1,2].

Существует устоявшийся в научном сообществе перечень факторов влияния автомобильного транспорта на окружающую среду. Это выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от передвижных и стационарных источников, загрязнение поверхностных водных объектов, почв, образование твердых отходов и создание повышенных уровней шума [7]. В контексте устойчивого развития следует рассматривать сеть автомобильного транспорта не столько как существующий объект, но и принимать во внимание его жизненный цикл. С учетом указанных обстоятельств перечень неблагоприятных воздействий дополнит следующее:

- выбросы, нарушения и ненормативные нагрузки, производимые в процессе производства строительно-монтажных работ;
- выбросы от переориентации транспортных потоков;
- негативные эффекты, формируемые дорожной инфраструктурой и предприятиями ее обслуживающими;
- изменение гидрографических условий района строительства из-за появления значительных статических или динамических нагрузок;
- возникновение ветровой или водной эрозии ввиду локально увеличивающейся концентрации стоковых потоков [7].

Строительство и функционирование автодорог приводит к активизации неблагоприятных природных процессов – эрозионных, оползневых процессов, заболачиванию и т.п. Поэтому так важно стремиться к экологической безопасности дорог и минимизации их воздействия на природные экосистемы прилегающих территорий [6,9].

Сохранение экосистем суши является одной из целей устойчивого развития наряду с индустриализацией производства и развитием городов. Обеспечение баланса между обозначенными сферами жизнедеятельности лежит на плечах государства и регулируется посредством нормативно-правовых актов [4]. В рамках темы исследования немаловажным является сопоставление негативного эффекта от развития направлений с результатом социально-экономического развития. Без учета времени экспозиции теоретическое представление влияния объектов строительства на экологическую и экономическую ситуацию в регионе будет не полным. Для планирования территориального развития региона принято использовать опыт исторических событий, прогнозы, сделанные научным сообществом в их отношении и статистическую информацию по факту размещения.

Автором выполнен анализ ряда работ, подготовленных при проектировании и строительстве крупнейшего логистического транспортного узла СЗФО – Кольцевой автомобильной дороги вокруг города Санкт-Петербурга. Большинство публикаций вопреки данным экологической экспертизы проекта пророчили значительное ухудшение природных условий

в результате влияния такого масштабного объекта. В частности, расчетами прогнозировались: разрушение почвенного покрова на значительных площадях вблизи КАД, уничтожение ценных пахотных угодий [3], повышенный выброс тяжелых металлов аэральным способом [8].

Фактическая оценка размещения Кольцевой автомобильной дороги, представленная на рисунке, показала, что строительство позволило разгрузить город от постоянно растущего потока автомобилей, вынести за пределы центральной исторической части крупные производства и складские помещения, вывести поток грузового транспорта на окраину тем самым уменьшив выброс загрязняющих веществ в центре города.

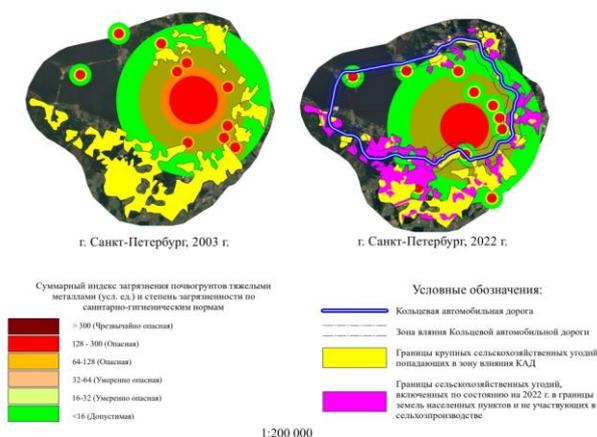


Схема влияния Кольцевой автомобильной дороги на экологическую ситуацию в г. Санкт-Петербург

Безусловно, негативного влияния на такие крупные агломерации, как г. Санкт-Петербург невозможно избежать. В том числе создание Кольцевой автомагистрали привело к развитию обширного промышленного пояса, уменьшению темпов развития городского транспорта и образованию анклавных городских образований, таких как г. Парголово, г. Мурино, п. Шушары, однако, с учетом политики устойчивого развития целого региона, эти проблемы решаются градостроительным зонированием [5].

При этом, развитие транспортной сети неизбежно способствует развитию городских территорий, которое, приводит к уничтожению сельскохозяйственных угодий [10]. Это происходит не столько из-за ухудшения их экологического состояния, сколько из-за расширения границ городских территорий. Эта часть процесса урбанизации территорий крупных городских агломераций является следствием выноса промышленных поясов за городские границы и не связана с выбросами транспортной отрасли, о чем свидетельствует структура изменения количества сельскохозяйственных угодий вокруг г. Санкт-Петербурга, в том числе за пределами зоны влияния КАД (рисунок).

В Санкт-Петербурге за последние 10 лет отмечается постепенное улучшение экологической обстановки [1,2], что в том числе связано с государственной программой территориального развития. В рамках исследования проведен статистический анализ взаимосвязанности выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух с ключевыми показателями транспортной сети. Таким образом, проверено выдвинутое предположение о том, что развитие и поддержание в нормативном состоянии автомобильных дорог позволяет снизить негативное влияние комплекса на экосистему региона, что обеспечивает равномерное достижение целей устойчивого развития. Результаты анализа представлены в таблице.

Анализ взаимосвязи ключевых показателей автодорожной сети с объемом выбросов в атмосферный воздух от передвижных источников

Год	Протяженность дорог общего пользования, тыс. км.	Доля автомобильных дорог, отвечающих нормативным требованиям, %	Плотность дорог общего пользования, км дорог на 1000 км ²	Объем выбросов в атмосферный воздух от передвижных источников, тыс. т
2010	90 222,8	47,0	45	1195,2
2011	91 791,1	39,5	47	1244,3
2012	95 728,5	53,3	56	1276,9
2013	121 282,2	50,0	60	1361,9
2014	141 891,7	46,3	61	1391,3
2015	142 080,9	44,6	61	1361,3
2016	143 091,8	40,2	62	1384,1
2017	143 111,2	40,2	62	1423,7
2018	144 243,1	38,8	62	1422,2
2019	145 395,3	38,8	62	451,1
2020	145 749,4	41,0	63	432,5
2021	146 807,5	41,7	63	420,7
2022	146 716,7	42,6	63	415,8
Коэффициент корреляции	-0,34	-0,30	-0,29	

Средний уровень обратной корреляции говорит о том, что при увеличении протяженности путей сообщения, а также при увеличении качества их покрытия может уменьшаться объем выбросов в атмосферу загрязняющих веществ. Это связано с тем, что развитие опорной сети дорог способствует уменьшению автомобильных заторов и как следствие уменьшению количества мест концентрации выбросов.

Заключение. Проведенные исследования подтвердили, что в контексте устойчивого развития, следует расширять временные рамки анализа взаимодействия инфраструктурных объектов и окружающей среды. Таким образом, разовые и краткосрочные негативные воздействия нивелируются благоприятным эффектом от изменения условий эксплуатации комплекса. Указанное утверждение доказано на примере развития опорной сети Северо-Западного федерального округа и его центра – г. Санкт-Петербурга.

Библиографические ссылки

1. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2003 году / Под ред. Д. А. Голубева, Н. Д. Сорокина. СПб. : ООО«Сезам-Принт», 2004. 190 с.
2. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году/ Под ред. А. В. Германа, И. А. Серебрицкого. СПб. : 2023. 226 с.
3. *Апарин Б. Ф., Русаков А. В., Налетов В. В.* Оценка экологического состояния и прогноз воздействия Кольцевой автомобильной дороги вокруг Санкт-Петербурга на почвы и почвенный покров //Вестник Санкт-Петербургского Университера. Санкт-Петербург. 2003. № 19. С. 66–84.
4. *Бараи Ю. С., Корженевич И. П., Лихонек П. А.* Сравнение видов транспорта с учетом устойчивого развития общества [Электронный ресурс] // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта, 2009. № 28.
5. *Васильева Т. В.* Экологические проблемы территориального развития Санкт-Петербурга // Успехи современного естествознания, 2023. № 12. С. 64-70.
6. *Жаткина И. В., Москалева С. А.* Экологическое обоснование при проектировании городских геотехнических систем // Актуальные вопросы архитектуры и строительства : материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф. : в 2 ч. Саранск, 2015 . С. 310–313.
7. *Жигунова Д. А., Москалева С. А.* Экологические аспекты строительства автомобильных дорог // XIV Огаревские чтения: материалы науч. конф. : в 3 частях. 2016, Ч. 2. С. 285–290.
8. *Полякова В. В., Тимофеев А. И.* Агрехимические показатели староосушенных лесных почв вблизи кольцевой автодороги в Санкт-Петербурге // Процесс почвообразования в лесных и урбанизированных экосистемах: матер. Всерос. науч. конф. посвящ. 165-летию со дня рождения П.А. Костычева (5–7 сент. 2011 г.). СПб. : СПбГЛТУ, 2011. С. 69–72.
9. *Тарасова О.Ю., Москалева С. А., Ларина А. В.* Геоэкологические аспекты проектирования автомобильных дорог [Электронный ресурс] // Современные проблемы территориального развития: электрон. журн, 2018. № 2.
10. *Шадиметов Ю. Ш., Айранетов Д. А.* Актуальные вопросы стратегии экологически устойчивого транспорта // Universum: Технические науки, 2022. № 4 (97). С. 55-57.

ОЦЕНКА УПРАВЛЕНИЯ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

А. С. Шило

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4., 220030, г. Минск,
Беларусь, andrey.shilo2017@gmail.com*

Исследована проблема образования твердых коммунальных отходов на душу населения в разрезе районов Минской области. Данная проблема представлена посредством картографических материалов, которые показывают численность населения районов Минской области, образование, использование и захоронение отходов в абсолютных числах и в расчете на душу населения по данным 2023 года. Было проведена типология районов и сравнительный анализ сформированных типологий.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы; полигон твердых коммунальных отходов.

Как известно, система обращения с твердыми коммунальными отходами представляет из себя систему сбора коммунальных отходов в городских и сельских населенных пунктах, регламентированная региональными схемами обращения с твердыми коммунальными отходами. Исходя из этого, основным производителем коммунальных отходов является население. По этой причине расчет количества образованных отходов должен производиться на душу населения.

Нормативы образования твердых коммунальных отходов определяются районными исполнительными комитетами на основе постановления Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 27 июня 2003 г. № 18/27 «Об утверждении Правил определения нормативов образования коммунальных отходов». приложение 2 данного нормативно-правового акта устанавливает рекомендуемые дифференцированные нормативы образования коммунальных отходов на расчетную единицу. Например, установлено, что в благоустроенных жилых зданиях ежегодно образуется 190-285 кг на душу населения, в неблагоустроенных жилых зданиях – от 450 до 700 кг на душу населения. Согласно такому приложению местные исполнительные и распорядительные органы утверждают дифференцированные нормативы образования коммунальных отходов для населенного места с учетом рекомендуемых нормативов. Собственно, в большинстве нормативов образования ТКО учтены 2 группы жилых зданий: это благоустроенные жилые здания –

имеющие водопровод, канализацию, центральное отопление и использующие природный газ или электроэнергию для приготовления пищи (отопления) и неблагоустроенные жилые здания – с печным отоплением и не подключенные к системе канализации населенного пункта.

Количество образования коммунальных отходов в Минской области за 2023 год составляет 739,7 тысяч тонн. Образование ТКО по районам дифференцировано и варьируется от 7,5 тыс. т. в Стародорожском районе до 105,4 тыс. т. в Минском [2].

Утвержденные дифференцированные нормативы образования коммунальных отходов также сильно разнятся по районам и по категориям жилых строений: от 122,49 кг/чел в благоустроенных жилых зданиях Борисовского района до 1042 кг/чел в неблагоустроенных жилых зданиях Стародорожского района [3, 4].

Поскольку каждый район имеет свои особенности, которые учитываются при создании региональных схем обращения с ТКО, то были сформированы группы типологий. Первая группа типологий включает в себя типологии по образованию, использованию и захоронению твердых коммунальных отходов в абсолютных числах (рис. 1).

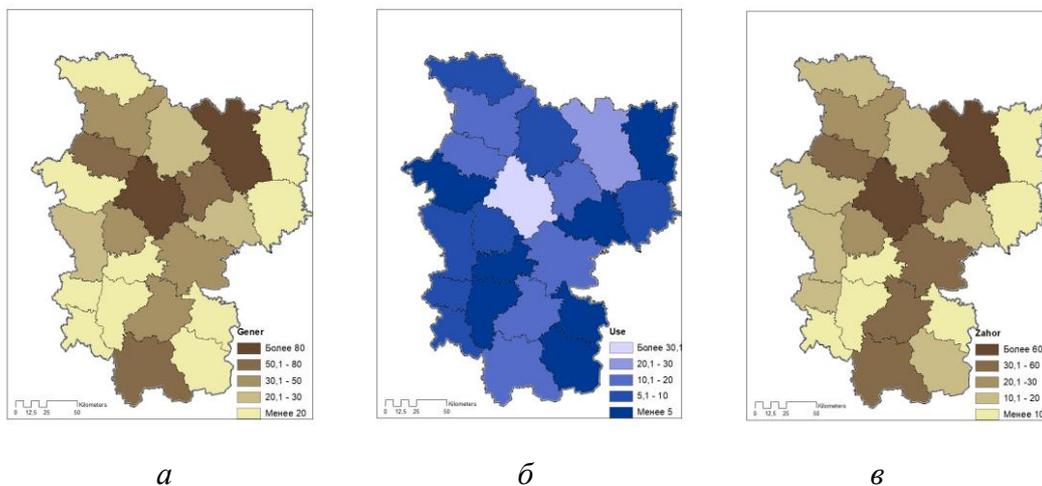


Рис. 1. Карты объемов образования, захоронения и использования ТКО в т;
а – образование; *б* – использование; *в* – захоронение

Вторая группа типологий, представленная в статье – это типологии по образованию, использованию и захоронению твердых коммунальных отходов на душу населения (рис. 2).

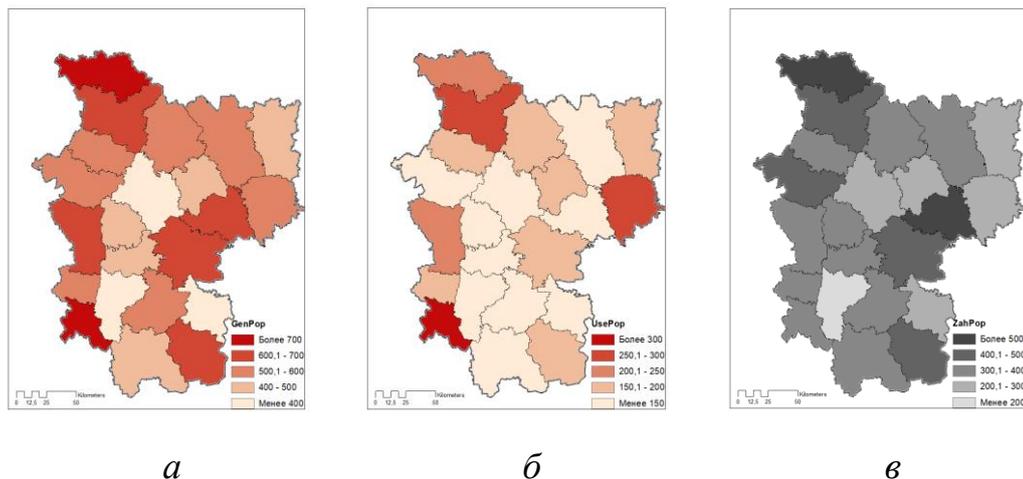


Рис. 2. Карты объемов образования, захоронения и использования ТКО на душу населения в кг/чел;
а – образование, *б* – использование, *в* – захоронение

Кроме того, была сформирована отдельно еще одна типология районов по населению с целью проследить взаимосвязь между численностью населения и образованием, захоронением и использованием ТКО (таб. 1).

Типология районов Минской области по численности населения

Группа	Численность населения, тыс. чел.	Районы
Крупнейший	270,1	Минский
Крупные	100-170	Борисовский, Молодечненский, Солигорский, Смолевичский.
Средние	45-100	Слуцкий, Дзержинский, Пуховичский, Вилейский
Мелкие	30-45	Несвижский, Логойский, Червернский, Столбцовский, Воложинский
Наиболее мелкие	Менее 30	Любанский, Копыльский, Клецкий, Мядельский, Узденский, Крупский, Березинский, Стародорожский

Примечание. Составлено по: [5].

Как следует из сравнения сформированных типологий, можно сделать вывод, что типологии в первой группе, хоть и несколько различаются между собой, но в целом очень схожи, в то время как во второй группе

различия между типологиями более существенны. Так, наибольшее представление в образовании отходов имеет группа с образованием ТКО менее 20 т – 10 районов. В типологии по использованию преобладают группы с использованием ТКО менее 5 и 5-10 т. – по 7 районов. В типологии по захоронению такое же количество районов имеет группа с захоронением ТКО 10-20 т. Наибольшее представление образования отходов на душу населения имеет группа с образованием ТКО менее 500-600 кг/чел – 7 районов. В типологии по использованию преобладает группы с использованием ТКО на душу населения менее 150 кг/чел – по 10 районов. В типологии по захоронению ТКО на душу населения наиболее представлена группа с захоронением ТКО на душу населения в 300-400 кг/чел. – 10 районов. Кроме того, были обнаружены несовпадения между первой группой и типологии по численности населения, что подтверждает, что население хоть и играет большую роль в образовании ТКО, но наличие других объектов, таких как объекты образования, здравоохранения, торговли и т. д., где образуются данные отходы, не позволяет проводить прямую зависимость между населением и образованием отходов.

Библиографические ссылки

1. Постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 27 июня 2003 г. № 18/27 «Об утверждении Правил определения нормативов образования коммунальных отходов». URL: [https://pravo.by/pdf/2003-80/2003-80\(044-080\).pdf](https://pravo.by/pdf/2003-80/2003-80(044-080).pdf) (дата обращения: 08.09.2024).

2. Архивные файлы РУП «Бел НИЦ «Экология».

3. Решение Борисовского районного исполнительного комитета от 31 мая 2023 г. № 1402 «Об установлении нормативов образования твердых коммунальных отходов». URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=R923n0124154> (дата обращения: 08.09.2024).

4. Решение Стародорожского районного исполнительного комитета от 22 декабря 2015 г. № 1286 «Об установлении дифференцированных нормативов образования твердых коммунальных отходов»; URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=R916n0074447> (дата обращения: 08.09.2024).

5. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2023; URL: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/0a7/lk1zigmat2zbcwvo3ljrfm1tow2f5zd2.pdf> (дата обращения: 08.09.2024).

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ИЗМЕНЯЮЩИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ г. МОГИЛЕВА

А. И. Шипец, Т. С. Лисина

ГУО «Средняя школа № 37 г. Могилева», г. Могилев, Беларусь, zs-28@tut.by

В данной статье рассматриваются современные природные и природно-антропогенные геоморфологические процессы в среде г. Могилева.

Ключевые слова: урбанизированные территории; геоморфологические процессы; геологическая среда.

Введение. Современные урбанизированные территории оказывают негативное воздействие на все компоненты природной среды. Даже такой относительно постоянный элемент, как геолого-геоморфологический субстрат, подвергается существенным изменениям в результате антропогенной нагрузки.

Показательным полигоном для изучения геоморфологических процессов, и, как следствие, антропогенных отложений и форм рельефа в условиях урбосистемы, представляется территория города Могилева.

Материалы и методы их исследования. Особенности климатических, физико-геологических условий, рельефа, распространение определенных комплексов горных пород и расположение тектонических структур контролируют распространение различных геологических процессов. Могилевская область находится на западе древней Восточно-Европейской платформы, в той части, которая называется Русской плитой. Территория г. Могилева и окрестностей находится в пределах Могилевской мульды Оршанской впадины. В строении платформенного чехла участвуют отложения дальсландского, нижнебайкальского, герцинского и киммерийско-альпийского структурных комплексов. Геологическое строение территории характеризуется наличием двух различных комплексов пород, которыми сложен кристаллический фундамент и осадочный чехол. Кристаллический фундамент в основном сложен метаморфическими породами: гнейсами, различными типами сланцев, кварцитами и амфиболитами. Существенную роль играют магматические породы - различные типы гранитов, диориты и диабазы.

К основным природным геоморфологическим процессам, изменяющим геологическую среду г. Могилева и окрестностей, можно отнести следующие:

1. Оползни (до 2-3 м).
2. Эрозионные образования (оврагообразование и плоскостной смыв) в результате геологической работы временных водотоков – овраги, балки, промоины – процессы интенсивно протекают на крутых склонах оврагов.
3. Гидрогеологические условия – связаны с залеганием водоносного горизонта на глубине 1-2 м (подтопление) и залегание водоносного горизонта на глубине до 1м (подтопление, заболачивание), особенно в пойме р. Днепр.
4. Водная эрозия - приводит к абразии руслового берега р. Днепр в период ледохода, схода паводковых вод, в результате ударной волны при судоходстве.
5. Геологическая деятельность постоянных водотоков проявляется в процессе размывающей и аккумулятивной деятельности.
6. Ветровая эрозия обусловлена воздействием ветрового потока на поверхность, не покрытую растительностью (обнаженные склоны в пределах речных долин и т. д).
7. Суффозия – эрозионный процесс вымывания водой микрочастиц из растворимых горных пород, сопровождающийся образованием полостей, что приводит к проявлению просадочных явлений в долине и пойме р. Днепр.

В настоящее время деятельность человек оказывает жесткий возрастающий прессинг на природную среду. Это порождает новые экологические, в том числе геоэкологические проблемы, в связи с чем назрела острая необходимость оценки риска опасных экзогенных геологических процессов, как в региональном, так и в локальном масштабах. Существование геологических рисков на урбанизированных территориях связано с развитием природных и техноприродных опасных процессов, резко активизирующихся с ростом городов.

Для городских территорий с преобразованным рельефом и развитием антропогенных отложений требуется разработка комплекса мер, направленных на рациональное природопользование.

Многие участки в границах г. Могилева считаются геоэкологически проблемными. Естественные и техногенные факторы находятся под взаимным влиянием, что негативно сказывается на инженерно-геологических условиях территории и, как следствие этого, отражается на состоянии инженерных сооружений. Основные мероприятия по стабилизации опасных природных процессов в городской среде сводятся к следующему:

1. Следует контролировать работы по созданию отрицательных форм рельефа. Например, при консервации карьерных разработок по добыче строительного сырья (песка), требуется проведение рекультивации.

Образование котлованов при строительных работах и подсыпка склонов нарушают устойчивость, что ведет к активизации оползневых и эрозионных процессов.

2. Мониторинг развития и предотвращения склоновых процессов. С помощью террасирования возможно предотвратить сползание грунта, так как снижается крутизна уклона, ему придается более устойчивая форма. Чтобы замедлить или прекратить рост оврагов, следует перегораживать их долины, начиная от верховий, поперечными препятствиями, которые замедляли бы сток воды. Еще лучше ликвидировать в зародыше рытвины и промоины. Сохранение имеющейся растительности, высадка дополнительных деревьев и кустарников, одернение склонов помогут минимизировать риски развития эрозионных процессов. Например, фиксация склона укрепляющей конструкцией – габионом, или укрепление геосеткой для армирования склонов в целях предупреждения развития склоновых процессов.

Местные жители частной застройки по правому берегу р. Дубровенка самостоятельно ведут активную борьбу со склоновыми процессами – ограждение склона бетонной стеной, либо камнем, либо плетнем из веток, либо иным путем.

3. Для предотвращения водной эрозии в долине р. Днепр и малых рек (Дубровенка, Дебря, Струшня) и разрушения береговой линии предусматривается укрепление железобетонными плитами, каменной наброской.

В целях защиты от водной эрозии почвенного покрова городской территории выполняются мероприятия по организованному отводу и регулированию поверхностного стока, что обеспечивается развитием ливневой канализации и специальных сооружений (прокладка канав, водоотводные желобов или лотков, труб).

4. Неблагоприятные для строительства инженерно-геологические районы можно использовать в рекреационно-оздоровительных целях, формируя озелененные территории общего пользования. Например, строительство городского парка культуры и отдыха в Подниколье в пойме Днепра.

При выборе площадки для строительства на территории с неблагоприятными гидрогеологическими характеристиками строительство возможно только при проведении соответствующих инженерно-геологических мероприятий для предотвращения возможных деформаций зданий и сооружений (забивка свай, укладка железобетонных подушек и др.).

5. Рекультивация отработанных песчаных карьеров в долине р. Днепр в микрорайоне Фатина и около дер. Половинный Лог в места отдыха.

6. Сохранение в естественном состоянии лесных массивов и формирование на пойменных территориях озелененных территорий общего

пользования с низкими рекреационными нагрузками и минимальным уровнем благоустройства позволит максимально сохранить биологическое и ландшафтное разнообразие природных комплексов.

Заключение. Таким образом, своевременное исследование современных природных и природно-антропогенных геоморфологических процессов в г. Могилеве и окрестностях позволит минимизировать риски развития опасных геологических процессов, обеспечит устойчивое развитие городской системы и комфортное проживание населения.

Библиографические ссылки

1. Общая география [Электронный ресурс] // Геологическая деятельность поверхностных текучих вод. URL: <https://bookonlime.ru/lecture/glava-6-geologicheskaya-deyatelnost-poverhnostnyh-tekuchih-vod> (дата обращения: 26.04.2024).

2. Общая география [Электронный ресурс] // Геологическая деятельность человека. URL: <https://studfile.net/preview/9454928/page:2/> (дата обращения: 25.04.2024).

К ВОПРОСУ ОБ ОСТРОВАХ ТЕПЛА В ГОРОДАХ КИТАЯ

Ян Лю

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, 617983982@qq.com

В статье на основе анализа научных статей, находящихся в открытом доступе на платформе Elsevier, проведен краткий анализ факторов и различий в формировании городских островов тепла (УИ) на примере четырех городов Китая первого уровня по классификации YiCai в зависимости от деловой привлекательности.

Ключевые слова: города Китая первого уровня; эффект городского острова тепла; пространственные и временные изменения.

Введение. «Эффект острова тепла» города одним из первых был зафиксирован в 1833 году британским климатологом Л. Ховардом, который констатировал, что температура в центре Лондона была выше, чем в пригородах, [5]. В XX веке ускорение урбанизации усилило различные экологические угрозы. Глобальные температуры продолжали расти, и разница температур между городскими и пригородными районами стала более очевидной, что привело к формированию эффекта городского острова тепла (urban heat island, УИ) [4]. Однако лишь в 1958 году Г. Мэнли впервые назвал явление более высоких температур в городских районах, чем в пригородах, «эффектом городского острова тепла» [6].

В настоящее время изменение климата оказывает глубокое воздействие на благополучие и здоровье людей. Существование эффекта острова тепла в городских районах значительно усилило последствия изменения климата, такие как высокая температура и волны жары [3]. В настоящее время явление городского острова тепла наблюдается более чем в 1100 городах по всему миру и в 98,9 % городов Китая [8, 9]. Интенсивность острова тепла обычно может достигать 4–5 °С, а экстремальные значения могут достигать более высоких значений (10 °С) [10]. Появление острова тепла имеет положительное значение для снижения потребления тепловой энергии в городах высоких широт. Однако для большинства городов средних и низких широт появление острова тепла приносит ряд негативных последствий [10], в том числе усугубляющих. Интенсивность высоких температур и волн жары летом [7] способствует возникновению эпидемий и инфекционных заболеваний, увеличивает смертность от жары, увеличивает потребление летней охлаждающей энергии и выбросы парниковых газов [1], увеличивает потери водных ресурсов [2], усугубляет загрязнение

воздуха и снижает комфортность жизни в городах [3], что не способствует устойчивому развитию городских экосистем.

С дальнейшим быстрым развитием глобальной урбанизации масштабы и степень эффекта городского острова тепла будут продолжать усиливаться, а эффект городского острова тепла становится важной экологической проблемой, влияющей на развитие человечества в XXI веке. Поэтому в условиях усиливающегося глобального потепления и экстремально высоких температур большое значение имеет использование научных и эффективных методов для улучшения текущих городских климатических условий и обеспечения устойчивости будущих городских экосистем. По этой причине выяснение пространственно-временных характеристик изменения эффекта городского острова тепла, выявление механизма его формирования и предложение адаптивных контрмер стали ключевыми и горячими вопросами в исследованиях изменения климата и урбанизации [3, 4].

Материалы и методы исследований. В исследовании ставилась цель на основе краткого обзора литературы оценить тенденции островов тепла городов Китая. Объектом исследования выступили города первого уровня в соответствии с пятиуровневой классификацией YiCai 337 городов в зависимости от деловой привлекательности. К первому уровню отнесены четыре города - Пекин, Шанхай, Гуанчжоу и Шэньчжэнь. Эти города представляют собой мегаполисы, которые играют важную роль в национальной и глобальной политической, экономической и другой социальной деятельности. Информационной базой исследования выступили научные статьи в области анализа островов тепла городов Китая, размещенные на платформе Elsevier.

Результаты и их обсуждение. Полифункциональным городом и одним из наиболее значимых в экономике страны и мира является *Пекин*. Этот город занимает первую позицию в стране по деловой привлекательности в соответствии с классификацией YiCai. Он расположен в северной части Северо-Китайской равнины. Рельеф местности высокий на северо-западе и низкий на юго-востоке. Общая площадь составляет около 16410,5 км². Климат Пекина с четырьмя четко выраженными сезонами: жаркое и дождливое лето, холодная и сухая зима, а также короткие весна и осень. Из-за резкого увеличения населения и изменений подстилающей поверхности в последние годы разница температур между пригородами Пекина увеличилась, что напрямую влияет на эффект острова тепла. Постоянное население по данным за 2020 год составляло 21,9 млн. человек.

Чжан Цзюньчжи, Лян Яньань и др. [16], основываясь на ежедневных данных о температуре в Пекине с 1981 по 2020 год, использовали анализ линейной регрессии, интерполяцию Кригинга и другие методы для анализа характеристик пространственно-временного изменения эффекта острова

тепла в Пекине. После анализа метеорологических факторов, таких как экстремальная максимальная температура и скорость ветра, а также таких факторов, как плотность населения и площадь землепользования, влияющих на эффект городского острова тепла, были сделаны следующие выводы.

С 1981 по 2020 год среднегодовая температура в городских и пригородных районах Пекина имеет одинаковую тенденцию изменения, причем оба демонстрируют тенденцию к повышению. Однако скорость повышения температуры в городских районах выше, чем в пригородных районах. УНІ в Пекине имеет тенденцию к повышению. Скорость увеличивается на 0,1 °С. Пекин способствует образованию островов тепла зимой с самым высоким УНІ. Среди четырех сезонов наибольший рост УНІ наблюдается осенью со скоростью изменения 0,13 °С. Характеристики пространственного распределения УНІ в Пекине очевидны, а масштабы островов тепла постепенно расширяются. В районах Чаоян и Тунчжоу наблюдаются очевидные тенденции к потеплению. Интенсивность острова тепла значительно возросла с 2000 года. Основными факторами, влияющими на интенсивность острова тепла в Пекине, являются плотность населения, площади под застройку, среднее давление воздуха, средняя скорость ветра и площадь обрабатываемых земель. Среди них плотность населения, площади под застройку и среднее атмосферное давление вносят положительный вклад в увеличение УНІ, в то время как средняя скорость ветра и обрабатываемые земли вносят отрицательный вклад и смягчают эффект УНІ. В условиях ускоренной эволюции урбанизации баланс городского развития и экологии окружающей среды является важной частью процесса городского планирования. Местные метеорологические факторы, изменения плотности населения и изменения в землепользовании - все это оказывает определенное влияние на эффект городского острова тепла в Пекине. В процессе городского развития и строительства следует контролировать плотность населения, масштабы, структуру и пространственную планировку городских земель, чтобы уменьшить распространение эффекта городского острова тепла.

На основе долгосрочных метеорологических данных Гэ Жунфэн, Чжан Лисяо [12] и другие проанализировали меняющиеся характеристики и периодичность эффекта острова тепла в процессе урбанизации в Пекине после реформы и открытости. Учеными было установлено, что в 1992 году изменения интенсивности городского острова тепла в значительной степени связаны с процессом развития урбанизации. Сезонное распределение является наиболее сильным зимой при среднегодовом индексе УНІ в январе 3,87 °С, и самым слабым летом при среднегодовом индексе УНІ в июле 0,12 °С. До 2002 года индекс УНІ осенью в целом был ниже, чем весной. Существует типичный эффект обратного острова тепла выходного дня - среднегодовой

недельный индекс УНІ является самым высоким в воскресенье (1,71 °С) и самым низким - в понедельник (1,143 °С).

Наиболее урбанизированным городом страны является *Шанхай*, в котором по данным за 2020 год проживало 24,9 млн. чел. Ван Сяобан [11] использовал данные наблюдений с 11 районных метеорологических станций в Шанхае с августа 2016 г. по июль 2017 г. для анализа характеристик годовых вариаций и моделей суточных вариаций городского острова тепла Шанхая. Результаты показали, что интенсивность острова тепла максимальна весной в мае и осенью в октябре и достигает 1,3 °С. Среднегодовые суточные вариации городского острова тепла в Шанхае представляют собой многопиковую структуру с низкими уровнями в течение дня и высокими уровнями ночью. Скорость ветра в Шанхае имеет тенденцию снижения днем и ночью и отрицательно коррелирует с интенсивностью острова тепла.

Пэн Баофа и Ши Ишао [13] выявили механизм воздействия на эффект острова тепла по трем аспектам: 1) изменение масштаба и интенсивности землепользования; 2) изменение типа планировки; 3) изменение в методах землепользования. Результаты эмпирического анализа показали, что урбанизация земель является основным фактором, влияющим на интенсивность городского острова тепла в Шанхае. С точки зрения конкретного воздействия расширения застроенной площади на интенсивность острова тепла кумулятивный эффект превышает дополнительный эффект. Индустриализация, развитие строительства недвижимости и рост численности населения оказывает большое влияние на интенсивность городского острова тепла в Шанхае. С точки зрения конкретного влияния экономического развития и потребления энергии на интенсивность городского острова тепла, эффект плотности обычно превышает эффект масштаба. Различия в землепользовании и моделях городского развития приводят к пространственным различиям в эффекте городского острова тепла.

Гуанчжоу является центром провинции Гуандун, расположенной на юге материкового Китая, на северной окраине дельты Жемчужной реки. Здесь южный субтропический муссонный климат, теплый и влажный круглый год. Рельеф высокий на северо-востоке и низкий на юго-западе, через городскую территорию протекает Жемчужная река. Общая площадь города составляет 7434,4 км². На конец 2020 года постоянное население Гуанчжоу составляло 18,7 млн. человек.

Хуан Тилань, Лю Хуэйчжун [15] и другие использовали программное обеспечение ENVI и ARCGIS для моделирования эффекта городского острова тепла в Гуанчжоу. Установлено, что городские острова тепла в основном распространены в наиболее застроенных районах и центральных частях города. Интенсивность островов тепла в нецентральных районах пригородов относительно низкая с точки зрения типов землепользования.

Городские острова тепла в основном распространяются на землях под застройкой, включая жилые районы, коммерческие площади и транспортные зоны.

Ю Сяоцзе и Ли Цюн [17] взяли в качестве примера центральную городскую территорию Гуанчжоу, используя метод локального климатического районирования (LCZ). Результаты показывали, что район исследования разделен на зоны высокой плотности; жилые блоки теплового острова, промышленные блоки теплового острова, блоки теплового острова с высокой плотностью обслуживания и блоки теплового острова для сельского хозяйства. Плотность застройки, высокая доля промышленных земель, высокая доля непроницаемой поверхности и низкий растительный покров являются основными причинами сильного острова тепла в исследуемой зоне. При этом на основе пространственно-морфологических характеристик четырех типов типичных блоков острова тепла в сочетании с классификацией методов градостроительства предлагается дифференцированная пространственно-морфологическая стратегия управления снижением интенсивности острова тепла.

Шэньчжэнь является национальным экономическим центром и национальным инновационным городом. Расположенный на юге провинции Гуандун, на восточном берегу устья Жемчужной реки, он имеет субтропический муссонный климат с продолжительным летом и короткой зимой, достаточным количеством солнечного света и обильными дождями. Общая площадь составляет 1997 км². На конец 2020 года постоянное население Шэньчжэня составляло 17,49 млн. человек.

Пан Цзюнь, Хуан Цзяю и др. [14] использовали данные о температуре Шэньчжэньской обсерватории и использовали методы анализа кумулятивных аномалий и тенденций линейного тренда для изучения межгодовых, сезонных и ежемесячных изменений эффекта острова тепла в Шэньчжэне. Результаты показали, что основными причинами формирования островов тепла являются более широкое использование кондиционеров в Шэньчжэне летом и различия в тепловых свойствах моря и суши. Кроме того, в Шэньчжэне нет проблемы сжигания угля для отопления зимой. Август, июль и апрель - месяцы с наибольшей интенсивностью острова тепла в Шэньчжэне, а январь и декабрь - наименьшей, что согласуется с соответствующими сезонными характеристиками: максимум летом и минимум зимой.

Заключение. Проведенный анализ литературы позволил выявить основные причины образования городских островов тепла в крупных городах Китая. К основным из них можно изменения городской подстилающей поверхности; увеличение городской застройки и плотности высокоэтаж-

ной застройки; увеличение антропогенного тепла; увеличивающиеся масштабы городов и изменение пространственной структуры. Местные погодные условия в Пекине в целом подчиняются закону эффекта городского острова тепла, который наиболее силен зимой и слабее летом. В Шанхае, Гуанчжоу и Шэньчжэне из-за различий в местных погодных условиях и образе жизни городских жителей, вызванных географическим положением, эффект городского острова тепла летом выше. Между островами тепла и влияющими факторами не существует простой линейной зависимости.

Библиографические ссылки

1. *Besir A. B., Cuce E.* Green roofs and facades: A comprehensive review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018. № 82. P. 915–939.
2. *Balling R. C., Gober P., Jones N.* Sensitivity of residential water consumption to variations in climate: An intraurban analysis of Phoenix, Arizona // *Water Resources Research*, 2008. № 44. P. 1–11.
3. Urban heat islands in China enhanced by haze pollution / Cao C. [et al.] // *Nature Communications*, 2016. № 7. P. 12509.
4. Application of split-window algorithm to study Urban Heat Island effect in Mumbai through land surface temperature approach / Dwivedi [et al.] // *Sustainable Cities and Society*, 2018. № 41. P. 865–877.
5. *Howard L.* Climate of London deduced from metrological observations. M: London : Harvey and Dorton Press (3rd edition. 1833.). № 1. P. 348.
6. *Manley G.* On the frequency of snowfall in metropolitan England // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1958. P. 76 – 87.
7. Avoided climate impacts of urban and rural heat and cold waves over the US using large climate model ensembles for RCP8.5 and RCP4.5 / Oleson K. [et al.] // *Climatic Change*, 2018. № 146. P. 377–392.
8. Spatial-temporal change of land surface temperature across 285 cities in China: An urban-rural contrast perspective / Peng J. [et al.] // *Science of the Total Environment*, 2018. № 635. P. 487–497.
9. *Stewart I. D.* A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature // *International Journal of Climatology*, 2011. № 31. P. 200–217.
10. *Santamouris M.* Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact synergies with the global climate change // *Energy and Buildings*, 2020. № 207. P. 109482.
11. 王孝邦. 上海城市热岛效应及风对其影响的研究 // *建筑热能通风空调*, 2019年. 第38期. 第23-26页.
12. Ван С. Исследование эффекта городского острова тепла и воздействия ветра // *Теплоэнергетическая вентиляция и кондиционирование воздуха*, 2019. № 38. С. 23 - 26.
13. 葛荣凤,张力小,王京丽,田光进,冯悦怡. 城市热岛效应的多尺度变化特征及其周期分析—以北京市为例 // *北京师范大学学报 (自然科学版)*. 2016年. 第52期. 第210-215页.

14. Характеристики многомасштабных изменений и периодический анализ эффекта городского острова тепла - на примере Пекина / Ж. Гэ [и др.] // Журнал Пекинского педагогического университета (издание Natural Science), 2016. № 52. С. 210 - 215.
15. 彭保发,石忆邵,王贺封,王亚力. 城市热岛效应的影响机理及其作用规律—以上海市为例, 2013年. 第11期. 第1461-1471页.
16. Пэн Б., Ши И., Ван Х., Ван Я. Механизм воздействия и правила действия эффекта городского острова тепла на примере Шанхая, 2013. № 11. С. 1461-1471.
17. 潘军,黄嘉,杨洁. 深圳城市热岛效应及其与香港对比分析 // 科技创新导报, 2014年. 第4期. 第210-214页.
18. Пань Ц., Хуан Ц., Ян Ц. Эффект городского острова тепла и его сравнительный анализ с Гонконгом // Вестник науки и технологий, 2014. № 4. С. 210-214.
19. 黄铁兰,刘慧忠,柯锦灿. 基于 LandsatTM 卫星数据的广州城市热岛效应特征研究 // 北京测绘, 2018年. 第32期. 第891-896页.
20. Хуан Т., Лю Х., Кэ Ц. Исследование характеристик городского эффекта острова тепла в Гуанчжоу на основе спутниковых данных LandsatTM // Геодезия и картографирование Пекина, 2018. № 32. С. 891-896.
21. 张君枝,梁雅楠,王冀,张金玲. 1981-2020年北京城市热岛效应时空特征及其影响因素分析 // 大气科学学报, 2024年. 第47期. 第581-591页.
22. Анализ пространственно-временных характеристик и влияющих факторов эффекта городского острова тепла в Пекине с 1981 по 2020 годы / Ц. Чжан [и др.] // Журнал атмосферных наук, 2024. № 47. С. 581-591.
23. 游晓婕,李琼. 城市热岛空间格局及形态差异化调控策略研究—以广州市中心城区为例 // 风景园林, 2021年. 第28期. 第74-79页.
24. Ю. С., Ли Ц. Исследование пространственной структуры и стратегии управления морфологической дифференциацией городских островов тепла на примере центрального города Гуанчжоу // Ландшафтная архитектура, 2021. № 28. С. 74-79.