

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ  
БЕЛОРУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО



# МАТЕРИАЛЫ I БЕЛОРУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО КОНГРЕССА

К 90-ЛЕТИЮ ФАКУЛЬТЕТА ГЕОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ  
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
И 70-ЛЕТИЮ БЕЛОРУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Минск, 8–13 апреля 2024 г.

В семи частях

Часть 5

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОЭКОЛОГИИ И ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ**

Научное электронное издание

МИНСК, БГУ, 2024

ISBN 978-985-881-577-6 (ч. 5)  
ISBN 978-985-881-572-1

© БГУ, 2024

УДК 502.1:55(06)+911.52(06)  
ББК 20.1я431+26.82я431

**Редакционная коллегия:**

кандидат географических наук, доцент *Е. Г. Кольмакова* (гл. ред.);  
кандидат географических наук, доцент *Н. В. Гагина*;  
кандидат географических наук, доцент *Ю. А. Гледко*;  
кандидат географических наук, доцент *А. А. Карпиченко*;  
кандидат геолого-минералогических наук, доцент *О. В. Лукашёв*;  
кандидат географических наук, доцент *Е. В. Матюшевская*;  
кандидат географических наук *Л. О. Сушкевич*;  
кандидат географических наук, доцент *А. А. Топаз*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. Н. Червань*;  
*Т. С. Юдчиц* (отв. секретарь)

**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. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-985-881-577-6.

В рамках международного научного форума «I Белорусский географический конгресс» рассмотрены важнейшие проблемы геоэкологии и ландшафтоведения, включающие вопросы антропогенной трансформации ландшафтов, оценки воздействия на окружающую среду, природопользования, оценки геоэкологических рисков, обращения с отходами.

---

**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 *Т. С. Юдчиц*

Подписано к использованию 03.04.2024. Объем 9,02 МБ

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

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Абрамова Т. Т.</i> Перспектива утилизации зольных отходов .....	7
<i>Антипова О. С.</i> Анализ степени реализации туристско-рекреационного потенциала ООПТ как ключевой элемент планирования эколого-туристской деятельности .....	12
<i>Алекперова С. О.</i> Антропогенный фактор как составляющая селевых процессов в Азербайджане (на примере бассейна р. Катехчай).....	17
<i>Брилевский М. Н.</i> Распределение основных характеристик климата по физико-географическим районам Беларуси .....	24
<i>Витченко А. Н.</i> Особенности режима атмосферных осадков в городе Минске	31
<i>Власов Б. П., Архипенко Т. В.</i> Оценка природного потенциала и туристской инфраструктуры национального geopарка в границах НП «Нарочанский» .....	36
<i>Галай Е. И.</i> Формирование экологических знаний у обучающихся при изучении географии в средней школе .....	44
<i>Галкин П. А.</i> Методические аспекты оценки и картографирования геоэкологических условий урбанизированной территории .....	49
<i>Гармаев Е. Ж., Ульзетуева И. Д., Ширанова Г. С.</i> Оценка биогенной нагрузки в результате сельскохозяйственной деятельности в российской части бассейна реки Селенги.....	55
<i>Гертман Л. Н., Кузьмин С. И., Демидов А. Л.</i> О результатах оценки воздействия на окружающую среду планируемых проектных решений по рекультивации полигона твердых коммунальных отходов «Северный» .....	58
<i>Горностаева А. А., Факаева Н. Р., Демежко Д. Ю., Хацкевич Б. Д.</i> Основные характеристики и особенности формирования городского острова тепла Екатеринбурга.....	66
<i>Горячев В. С.</i> Обоснование необходимости применения малых гидротехнических сооружений на малых реках бассейна реки Урал в связи с их деградацией от возрастающей антропогенной нагрузки.....	71
<i>Гусев А. П., Кулыба Е. И.</i> Рациональный комплекс дистанционного зондирования земли и наземных геоэлектрических методов при оценке техногенного подтопления загрязненными водами .....	76
<i>Давидович Ю. С., Яцухно В. М.</i> Исследование и оценка фрагментации ландшафтов Беларуси с использованием методов дистанционного зондирования .....	81
<i>Давыдик Е. Е., Кузьмин С. И., Сазонов А. А.</i> Типология культурных ландшафтов в контексте сохранения природного и историко-культурного наследия Беларуси .....	88
<i>Дорожко Е. Ю.</i> Аналитический обзор методов обезвоживания донных отложений по отношению к углеродному следу .....	93

<i>Дробенок С. Д.</i> Оценка степени загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами в районах размещения объектов захоронения твердых коммунальных отходов в Беларуси.....	97
<i>Евсеев А. В., Седова Н. Б.</i> Основные исторические этапы формирования природопользования на Кольском полуострове и экологические проблемы .....	101
<i>Елсукова Е. Ю., Чуняева Е. О., Хлопцова Д. Д.</i> Оценка антропогенного воздействия на почвы урбанизированных территорий.....	107
<i>Ересько М. А.</i> Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь как информационная основа управления.....	111
<i>Ермошкина Г. Ф.</i> Лесные пожары на территории России в 2012-2021 гг. (анализ данных платформы ИНИД) .....	116
<i>Жадановская Е. А., Громов С. А.</i> Оценка загрязненности окружающей среды в Российской Федерации на региональном уровне в 2021 г.....	121
<i>Жарникова М. А., Алымбаева Ж. Б.</i> Оценка влияния антропогенной нагрузки на экологическое состояние степных экосистем Монголии .....	127
<i>Жигачева Е. С., Громов С. А.</i> Потоки поступления серы и азота из атмосферы для двух станций ЕАНЕТ в РФ за 2019–2021 гг. ....	130
<i>Иванов М. М., Иванова Н. Н., Голосов В. Н.</i> Долгосрочные трансформации чернобыльского загрязнения, связанные с деятельностью эрозивно-аккумулятивных процессов.....	135
<i>Иванова Е. А., Лукина Н. В., Смирнов В. Э.</i> Содержание поллютантов (Ni, Cu, S) в опаде хвои сосны обыкновенной в северотаежных сосновых лесах в условиях аэротехногенного загрязнения (Мурманская область, Россия).....	140
<i>Исмаилова А. А.</i> Современное исследование экогеографии природных ландшафтов Большого Кавказа на территории Азербайджана.....	145
<i>Кардель Е. В., Гагина Н. В.</i> Дифференциация допустимых рекреационных нагрузок в ландшафтах национального парка «Браславские озера».....	151
<i>Козлов А. Э.</i> Антропогенное загрязнение халькофильными элементами в районе воздействия медеплавильного комбината .....	156
<i>Козлов Е. А., Холод Э. А., Самаль А. А.</i> Геоэкологические риски и конфликты ввиду особенностей природопользования в национальных парках Белорусского Поозерья .....	163
<i>Кравчук Л. А., Яновский А. А., Баженова Н. М.</i> Оценка влияния растительного покрова на температуру поверхности земли в основных геотехнических системах крупных городов Беларуси.....	169
<i>Красовская Т. М., Лукьянов Л. Е.</i> Антропогенные триггеры ритмики ландшафтов .....	174
<i>Круковская О. Ю., Какарека С. В.</i> Оценка выбросов летучих органических соединений от автомобильного транспорта в городах Беларуси.....	179

<i>Курепина Н. Ю., Рыбкина И. Д.</i> Картографическая база данных потенциальных источников загрязнения вод бессточной области Обь-Иртышского междуречья	183
<i>Ларионова Н. А.</i> Техногенное воздействие промышленных предприятий на экосистемы.....	188
<i>Мажайский Ю. А., Блохова Ю. А., Карпухов А. Г.</i> Анализ влияния антропогенных факторов на природные ландшафты и методы их локализации	193
<i>Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т., Деменев А. Д., Мещерякова О. Ю., Березина О. А.</i> Опыт создания геохимических барьеров для борьбы с загрязнением гидросферы углеводородами.....	199
<i>Мамиева С. А.</i> Влияние добычи полезных ископаемых на активизацию экзогенных процессов в Азербайджане (на примере северо-восточного склона Малого Кавказа) .....	204
<i>Минченков Е. Е., Тарасова Л. В.</i> Использование традиционных и инновационных образовательных технологий при изучении дисциплины «Аналитические методы в геоэкологии» .....	209
<i>Мячина К. В., Дубровская С. А., Ряхов Р. В., Щавелев А. Н.</i> Анализ средообразующих параметров и элементов углеродного баланса в степных ландшафтах.....	214
<i>Овчарова Е. П.</i> Динамика структуры, пространственной организации и состояния водохозяйственных геотехсистем на территории г. Минска.....	219
<i>Оношко М. П., Крошинский В. А., Подружская М. А., Бурко А. Н., Костюкевич Н. В.</i> Оценка состояния подземных вод Хойникского района Гомельской области в условиях изменения климата.....	224
<i>Подлипский И. И., Зеленковский П. С.</i> Эколого-геологическая оценка системы района озера Ошамьё (Национальный парк «Смоленское Поозерье»).....	229
<i>Полюхович А. Н.</i> Освоенность территории водно-болотных угодий Беларуси ...	235
<i>Приорова Е. М., Приоров Г. Е.</i> Влияние состояния окружающей природной среды на качество жизни населения России.....	239
<i>Рондак У. А.</i> Экологическое состояние системы озеленённых территорий Московского района г. Минска.....	244
<i>Ряхов Р. В., Петрищев В. П.</i> Подходы к геоэкологическому анализу антропогенных ландшафтов степной зоны.....	249
<i>Снитко А. В.</i> Парк «Красная Слобода» как важный элемент городской среды. Перспективные направления развития.....	254
<i>Степина М. М.</i> Геоэкологические аспекты в использовании пространства Кунгурской Ледяной пещеры: исторический очерк.....	263
<i>Струк М. И., Живнач С. Г.</i> Эколого-географическая оценка организации природных экосистем пригородной территории.....	268
<i>Струк М. И., Флерко Т. Г.</i> Приоритетные экологические проблемы сельских поселений Гомельской области и возможные пути их решения.....	273

<i>Сулейманов А. А.</i> Влияние деградации многолетнемерзлых пород на локальные системы жизнеобеспечения сельских поселений Якутии .....	278
<i>Счастливая И. И., Воробьев Д. С., Карпиченко А. А.</i> Оценка экологических рисков урболандшафтов г. Бобруйска .....	283
<i>Тарихазер С. А.</i> Факторы развития селевых потоков и их воздействие на экогеоморфологическую обстановку горных территорий Азербайджана (на примере Талыш-Ленкоранского региона) .....	288
<i>Федорко В. Н.</i> Общее понятие об устьевых оазисах как территориальных природно-хозяйственных системах .....	294
<i>Фруммин Г. Т., Негодина Е. С.</i> Обоснование региональных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водных объектах.....	300
<i>Хацкевич Б. Д., Демежко Д. Ю., Горностаева А. А., Вдовин А. Г., Факаева Н. Р.</i> Тепловое загрязнение подземной среды Екатеринбурга .....	304
<i>Цедрик А. В.</i> Научный дискурс по проекту постановления «О Национальной стратегии развития экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики) Республики Беларусь на период до 2035 года» .....	308
<i>Чердакова А. С., Гальченко С. В.</i> Пневмосепарация вод, загрязненных сим-триазиновыми гербицидами, в присутствии гуминовых препаратов для их ремедиации.....	315
<i>Чичкова А. О., Чердакова А. С.</i> Экологический вред: понятие и методики исчисления в российском правовом поле.....	320
<i>Шило А. С.</i> Оценка системы обращения с твердыми коммунальными отходами Минской области в логистическом аспекте .....	326
<i>Шлендер Т. В., Бируков М. В.</i> Оценка загрязнения воздуха городов с использованием данных ДЗЗ и ГИС-технологий .....	331
<i>Щавелев А. Н., Мячина К. В., Дубровская С. А., Ряхов Р. В.</i> Анализ поглотительной способности ландшафтов в отношении диоксида углерода на основе спутниковых данных .....	336
<i>Юнусов М. И., Кучинская И. Я., Керимова Э.Д.</i> Антропогенная трансформация ландшафтов юго-восточной части Малого Кавказа.....	341
<i>Khudoyorov X. L., Oltinov I. L.</i> Environmental problems and attitudes towards them .....	350

УДК 662.613.1+ 624.138.4

## ПЕРСПЕКТИВА УТИЛИЗАЦИИ ЗОЛЬНЫХ ОТХОДОВ

**Т. Т. Абрамова**

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Ленинские горы, МГУ, геологический факультет, 119991, ГСП-1, г. Москва, Россия, [attoma@mail.ru](mailto:attoma@mail.ru)*

Одним из перспективных путей утилизации зольных отходов является использование их для строительных целей, в качестве оснований различных сооружений промышленного и гражданского строительства. Эффективность использования метода силикатизации на основе формамидсиликатного раствора для преобразования неактивной слабопроницаемой золы гидротранспортирования представлена в данной работе.

**Ключевые слова:** зольные отходы; прочность; водостойкость; слабый грунт; силикатизация.

## PROSPECTS FOR RECYCLING ASH WASTE

**T. T. Abramova**

*Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory, MSU, Faculty of Geology, 119991, Moscow, GSP-1, Russia, [attoma@mail.ru](mailto:attoma@mail.ru)*

One of the promising ways of recycling ash waste is to use it for construction purposes, as the foundations of various industrial and civil construction projects. The effectiveness of using the silicization method based on a formamide silicate solution for the transformation of inactive low-permeability ash from hydraulic removal is presented in this work.

**Keywords:** bottom ash; strength; water resistance; weak soil; silicization.

За сравнительно небольшой срок своего существования человечество стало мощной геологической силой, активно преобразующей лик Земли. Техногенно-антропогенные отложения, обусловленные существованием города, связаны с накоплением строительных, промышленных, хозяйственно-бытовых и других отходов. В настоящее время на территории России накоплено более 1,5 млрд. тонн отходов теплоэнергетики, площадь золошлакоотвалов составляет более 28 тыс. га и ежегодно их количество увеличивается.

В зоне воздействия золоотвалов формируются техногенно-геохимические аномалии по своим свойствам и геохимическим параметрам отличающиеся от природных, что создает неблагоприятную экологическую обстановку в регионах и является источником загрязнения окружающей среды.

Мир знает много эффективных способов пустить отходы в дело. В европейских странах доля утилизированных золошлаковых отходов превышает 50 %, а в Японии составляет 75-100 %. Россия пока среди отстающих: перерабатывается не более 8 % углеродных отходов, остальное размещается на полигонах. Золошлаковые отходы в России наиболее широко используются в качестве заполнителей, добавок при изготовлении строительных материалов (цемента, бетонов и др.); в качестве материала для сооружения насыпей земляного полотна и в технической мелиорации грунтов [1]. По применению их в технической мелиорации выделены два направления. Первое — в дорожном строительстве при укреплении на дорогах III-IV категорий. Второе — в качестве оснований различных сооружений промышленного и гражданского строительства. Первое направление довольно широко используется в нашей стране, а второму уделено значительно меньше внимания. Шлаки в ряде случаев могут применяться в качестве оснований различных сооружений без предварительной обработки. Значительно меньше уделено внимания зольным отходам в качестве оснований сооружений. Зола гидроудаления характеризуется низкой несущей способностью и неравномерной сжимаемостью, что обуславливает необходимость улучшения их свойств.

В связи с этим основной задачей данной работы явилась оценка эффективности метода силикатизации при закреплении зол с низкой физико-химической активностью для применения в гражданском и промышленном строительстве.

Первые исследования в этом направлении по упрочнению торфяной золы гидроудаления были проведены в семидесятых годах прошлого столетия в проблемной лаборатории геологического факультета МГУ под руководством С. Д. Воронкевича. Для золы с коэффициентом фильтрации 0,6-1,14 м/сут был выбран метод газовой силикатизации. Полученные результаты показали, что он эффективен только для закреплении золы с высокой водопроницаемостью [2].

В качестве наиболее перспективного метода по преобразованию таких зол «мокрого отбора», лишенных вяжущих свойств, был выбран формамидсиликатный раствор, показавший положительные результаты по закреплению широкого спектра грунтов, резко отличающихся по дисперсности и минеральному составу [3].

Искусственное преобразование слабопроницаемой золы гидроудаления в целях использования ее в качестве оснований различных сооружений было изучено как в лабораторных условиях (лаборатория геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова «Исследование влияния геологических факторов на физико-химическое закрепление грунтов»), так и в полевых (*in situ* в Ростовской области). Полученные результаты позволили установить значительное преобразование зольных отходов с  $K_f < 0,6$  м/сут.



Золошлаковые отвалы занимают большие площади, а инъекционные растворы для их преобразования в настоящее время являются дорогими. Поэтому целью данных исследований явилось определение возможности интенсификации физико-химического взаимодействия золы и формамидсиликатного раствора с использованием минимальных концентраций реагирующих веществ, что, в свою очередь, будет способствовать в дальнейшем лучшему проникновению раствора в уплотненный зольный массив в сложных инженерно-геологических условиях и значительно снизит стоимость производственных работ.

Для экспериментов, так же как ранее в работе [4], отобрана неактивная зола (в минеральном составе не содержит силикат кальция) с незначительной водопроницаемостью ( $K_f \sim 0,6$  м/сут) из золоотвала ТЭС г. Новомосковск (Тульская область). В ее составе преобладают частицы размером 0,05-0,01 мм (54,5 %), 0,1-0,05 мм (17,7 %). Содержание глинистых частиц незначительно – 1,04 %. Плотность материала в отвале – 2,4 г/см<sup>3</sup>, объемная масса 1,5 г/см<sup>3</sup>. Коэффициент пористости – 1,7. Химический состав представлен: SiO<sub>2</sub> – 42,4 %; R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 45,7 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 39,9 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,8 %; п. п. п. – 0,1-1,0.

Для инъектирования золы были подобраны четыре состава растворов с колебаниями концентрации силиката натрия 1,13-1,19·10<sup>3</sup> кг/м<sup>3</sup>, формамида 20-80 % и вязкостью от 0,93 до 2,08 Пас. Использование минимального количества отвердителей силиката натрия: формамида и отхода от его производства — кубового остатка формамида (КОФ) осуществлялось с экономическими целями. В этом случае для ускорения реакции гелеобразования раствор формамида подогревался до температуры +40 °С. Прочность гелей изученных составов на третьи сутки твердения составляла 0,10-0,19 МПа в зависимости от состава раствора.

Составы растворов:

1. Силикат натрия, формамид 80 %; плотность раствора ( $\gamma$ ) – 1,17·10<sup>3</sup> кг/см<sup>3</sup>, вязкость ( $\eta$ ) – 2,08 Пас.;
2. Силикат натрия, КОФ;  $\gamma$  – 1,15·10<sup>3</sup> кг/см<sup>3</sup>,  $\eta$  – 1,76 Пас.;
3. Силикат натрия, формамид 20 %;  $\gamma$  – 1,15·10<sup>3</sup> кг/см<sup>3</sup>,  $\eta$  – 1,16 Пас.;
4. Силикат натрия, формамид 20 % ( $t=40$  °С);  $\gamma$  – 1,10·10<sup>3</sup> кг/см<sup>3</sup>,  $\eta$  – 0,93 Пас.

Искусственное преобразование техногенных грунтов в виде зольных отходов обусловлено в первую очередь свойствами геля, образующегося из инъекционного раствора. Кроме этого необходимо, чтобы наиболее полно произошло взаимодействие минеральной составляющей золы с инъектируемым щелочным формамидсиликатом. В нашем случае образцы, закрепленные выбранными составами инъекционных растворов, изучались на размягчаемость [5]. Коэффициент размягчения преобразованной золы, определенный через трое суток, имел значения в пределах 0,63–0,65. Это подтверждает, что взаимодействие каждого из четырех

выбранных растворов с минеральной составляющей золы протекает однотипно.

Основными критериями оценки качества преобразования зольных отходов является прочность и длительная устойчивость в различных условиях. В связи с этим все образцы после закрепления испытывались на прочность (на одноосное сжатие) после нахождения в различных средах: воздушно-влажной и водной (с постоянным сливом воды).

Проведенные исследования показали, что максимальную прочность приобретают образцы золы после их закрепления составом 1, в котором присутствуют максимальная концентрация силиката натрия и формамида. Они приобретают прочность через 1 сутки твердения, достигающую 0,8 МПа с постепенным возрастанием ее до значений 1,1 МПа (через 12 мес.) в воздушно-влажной среде и снижением с 0,7 МПа (через 1 сут.) до 0,6 МПа (через 12 мес.) в водной среде.

Замена отвердителя в инъекционном растворе на КОФ (состав 2) показала неплохие результаты с достижением прочностных показателей 0,7-0,75 МПа в воздушно-влажной среде и 0,6-0,5 МПа в водной за тот же промежуток времени.

Прочностные характеристики золы, закрепленной составами 3 и 4, практически близки, достигая значений 0,4-0,5 МПа (1 мес.) — 0,5-0,6 МПа (12 мес.) в воздушно-влажной среде. Прочность образцов, закрепленных составом 4, при длительном их хранении в водных условиях (1 год) значительно выше (0,5 МПа), чем у образцов с составом 3, несмотря на то, что концентрация силиката натрия в составе 3 значительно выше ( $1,19 \cdot 10^3$  г/см<sup>3</sup>), чем в составе 4 (1,13 г/см<sup>3</sup>). Это обусловлено сильной активизацией процесса гелеобразования за счет повышения температуры формамида.

Из вышесказанного следует, что выбранные составы органосиликатных растворов показали положительный результат экспериментального закрепления образцов неактивной золы гидроудаления.

Увеличение плотности с 1,10 до  $1,17 \cdot 10^3$  кг/см<sup>3</sup> и вязкости с 0,93 до 2,1 Пас инъецируемых растворов приводит к снижению их проникающей способности в плотную массу золы.

Важным результатом проведенной работы явилась возможность искусственного преобразования неактивной золы гидроудаления с помощью органосиликатных растворов низких концентраций реагирующих веществ.

В результате исследований было выявлено, что структурирование золы при ее преобразовании зависит от: концентрации реагирующих веществ и длительности твердения образцов в различных средах (воздушно-влажной и водной).

В заключение можно отметить, что увеличить проникающую способность органосиликатного раствора в сложные золы гидроудаления с низкой фильтрационной способностью возможно за счет интенсификации

физико-химического взаимодействия золы с раствором с помощью повышения температуры отвердителя.

Использование ускорителя и промышленного отхода (КОФ) в инъекционном органосиликатном растворе сможет в дальнейшем значительно снизить стоимость одного кубического метра закрепляемого массива.

Положительные результаты экспериментального закрепления золы гидроудаления в лабораторных условиях дают возможность проведения опытных работ в полевых условиях.

Применение органосиликатных растворов для искусственного преобразования зольных отходов поможет в дальнейшем в предотвращении многих экологических последствий. Прекращение роста площади и высоты отвалов, занимаемых золами, их существенное уменьшение будет способствовать предотвращению загрязнения атмосферы, подземных и поверхностных вод на территории городских агломераций.

### Библиографические ссылки

1. *Ларионова Н. А.* Использование промышленных отходов в качестве вторичного минерального сырья для получения строительных материалов с заданными свойствами. М.: Геоинфо. 2017. 498 с.

2. *Воронкевич С. Д., Кофф Г. Л., Евдокимова Л. А.* Об экспериментальном упрочнении торфяной золы для использования в качестве основания сооружений // Энергетическое строительство. 1977. № 12. С.59-61.

3. Состав для закрепления грунта: А.с. 700583, СССР / Т. Т. Абрамова, С. Д. Воронкевич; дата публ.: 30.11.1979

4. *Абрамова Т. Т.* Утилизация золоотвалов на урбанизированных территориях // Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий: сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 5-9 июня 2023 г. / КубГАУ им. И. Т. Трубилина; редкол.: Н. В. Чернышева [и др.]. Краснодар 2023. С.248-251.

5. Грунтоведение: учеб. для студентов вузов, обучающихся по геол. специальностям / В. Т. Трофимов [и др.]; под ред. В. Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2005. 1023 с.

УДК 502.4+379.85

**АНАЛИЗ СТЕПЕНИ РЕАЛИЗАЦИИ  
ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ООПТ  
КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ ПЛАНИРОВАНИЯ  
ЭКОЛОГО-ТУРИСТСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**О. С. Антипова**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [antipova11olga@gmail.com](mailto:antipova11olga@gmail.com)*

Статья посвящена проблемам изучения туристско-рекреационного потенциала ООПТ и анализу степени его реализации. Описаны методические подходы к сопоставлению существующего туристско-рекреационного потенциала с основными направлениями эколого-туристской деятельности ООПТ. При анализе автором предлагается использование метода «матрицы взаимодействия». Приведены рекомендации в области использования результатов проведённых исследований для эффективного менеджмента и планирования эколого-туристской деятельности в ООПТ.

**Ключевые слова:** экологический туризм; туристско-рекреационный потенциал; ресурсы; особо охраняемые природные территории; геоэкологический подход; матрица взаимодействия.

**ANALYSIS OF THE DEGREE OF REALIZATION  
OF THE TOURIST AND RECREATIONAL POTENTIAL  
OF NATURAL AREAS AS A KEY ELEMENT  
OF PLANNING ACTIVITIES IN ECOTOURISM**

**O. S. Antipova**

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4,  
220030, Minsk, Belarus, [antipova11olga@gmail.com](mailto:antipova11olga@gmail.com)*

The article is devoted to the problems of studying the tourism and recreational potential of protected areas and analyzing the degree of its implementation. Methodological approaches to comparing the existing tourist and recreational potential with the main activities of protected areas in the field of ecotourism are described. The author proposes the use of the «interaction matrix» method in the analysis. Recommendations are given in the field of using the results of the research for effective management and planning of ecotourism activities in protected areas.

**Keywords:** ecotourism; tourism and recreational potential; resources; specially protected natural areas; geoecological approach; interaction matrix.

Стратегической целью развития туризма в Беларуси на период до 2030 г. является создание высокоэффективного и конкурентоспособного туристического комплекса, а развитие экологического туризма — одним из приоритетных направлений в данной сфере [1].

Экологический туризм открывает значительные перспективы в области туристско-рекреационной деятельности. Соблюдение природоохранных принципов, уважительное отношение к окружающей среде и активное социально-экономическое участие местных жителей и сообществ содействует росту экологической культуры населения, повышает благосостояние и инвестиционную привлекательность регионов, не приводя к серьезным изменениям экосистем.

Значительным научным потенциалом для решения теоретических и прикладных задач устойчивого развития в области экологического туризма обладает геоэкологический подход. В его рамках можно выделить два ключевых аспекта: 1) туристические комплексы и территории разного иерархического уровня рассматриваются как природно-хозяйственные геосистемы (ПХГ); 2) для создания устойчивой туристической индустрии необходимо комплексное освоение туристско-рекреационного потенциала (ТРП), то есть полномасштабное объединение всех видов ресурсов [2].

Понятие «туристско-рекреационный потенциал» объединяет следующие группы ресурсов: природно-рекреационные (климат, рельеф, поверхностные и подземные воды, биологическое и ландшафтное разнообразие), культурно-исторические (археологические памятники, архитектурные памятники, музеи, праздники и фестивали), инфраструктурные (транспорт, средства размещения, индустрия развлечений, индустрия питания). С геоэкологических позиций для устойчивого использования ТРП также важна экономическая целесообразность развития туризма, экологические аспекты использования ресурсов, социокультурные аспекты и др.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) выступают основными площадками для развития эколого-туристской деятельности. Основными критериями выбора природных территорий для объявления их ООПТ в Беларуси являются наличие типичных и (или) редких природных ландшафтов, биотопов, 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 [3]. Таким образом, группа природно-рекреационных ресурсов в ТРП ООПТ априорно характеризуется большим разнообразием и высокой ценностью входящих в неё объектов и природных условий. Однако для эффективного планирования эколого-туристской деятельности необходимо проводить комплексный анализ.

Для этого предлагается сопоставить существующий ТРП ООПТ с основными направлениями эколого-туристской деятельности, используя метод «матрицы взаимодействия» (таблица).

#### Анализ степени реализации туристско-рекреационного потенциала ООПТ

Основные направления эколого-туристской деятельности		Туристско-рекреационные ресурсы		
		природно-рекреационные	культурно-исторические	инфраструктурные
Природоведческие и экологические экскурсии (посещение уникальных природных объектов, экотроп в сопровождении экскурсовода или гида)	наличие и сила связи			
	примеры			
Посещение экологических троп (самостоятельное)	наличие и сила связи			
	примеры			
Приключенческий экотуризм (пешие, велосипедные, водные и комбинированные маршруты)	наличие и сила связи			
	примеры			
Школьный экотуризм (эколого-краеведческий туризм для школьников)	наличие и сила связи			
	примеры			

Наличие и сила связи между имеющимися туристско-рекреационными ресурсами и основными направлениями деятельности ООПТ в таблице отмечается с помощью символов: «++» — сильная связь, «+» — связь присутствует, «-» — связь очень слабая или не выявлена.

Сильная связь наблюдается, когда в анализируемом направлении деятельности активно используется сразу несколько составляющих одной группы туристско-рекреационных ресурсов. Например, в ООПТ одним из основных направлений деятельности является проведение природоведческих (или эколого-краеведческих) экскурсий, тематика которых охватывает изучение особенностей истории формирования и современного рельефа территории, водных объектов, биоразнообразия растительного и животного мира (т. е. составляющих группы природно-рекреационных

ресурсов). В случае, когда в анализируемом направлении деятельности используется только одна составляющая группы туристско-рекреационных ресурсов, наличие связи фиксируется одним «+». Например, для некоторых экскурсий предполагается посещение музея, но другие составляющие культурно-исторических ресурсов не используются (посещение археологических и архитектурных памятников, расположенных на территории ООПТ). Полное отсутствие связи («-») — редкое явление, однако в некоторых случаях можно отметить слабую связь. Например, в ООПТ практически не разработана инфраструктура: транспортный подъезд неудобен или отсутствует (предполагается достижение точки начала маршрута пешком), размер парковки для автотранспорта не соответствует количеству посетителей во время «пиковой активности» (выходные, период массовых отпусков и др.), не оборудованы (или находятся в неудовлетворительном состоянии) места отдыха посетителей, отсутствуют пункты питания и продажи сувенирной и иной продукции, не реализованы возможности сферы развлечений и др.

На основании анализа степени реализации ТРП выделяют перспективные направления развития эколого-туристской деятельности в ООПТ (слабые связи в матрице) и потенциальные проблемы, связанные с высокой рекреационной нагрузкой (сильные связи). Важным в менеджменте является учет государственной политики в области туризма [4]. Опыт предыдущих исследований также показал актуальность брендинга ООПТ, так как он направлен на создание конкурентоспособного продукта и повышение информированности общества о конкретных ООПТ и мероприятиях в области экологического туризма в Беларуси [5].

### **Библиографические ссылки**

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [Электронный ресурс] // Министерство экономики Республики Беларусь. URL: <https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitija-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf> (дата обращения: 20.01.2024).

2. Гагина Н. В., Яротов А. Е., Борисенко В. В. Геоэкологический подход в устойчивом развитии экотуристических кластеров // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: материалы VI Международной научной конференции (к 100-летию со дня рождения профессора В. А. Дементьева), Минск, 13–16 ноября 2018 г. / под ред. А. Н. Витченко. Минск: БГУ. 2018. С.164-167.

3. Об особо охраняемых природных территориях. Закон Республики Беларусь от 15 ноября 2018 г., № 150-З. [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Н11800150> (дата обращения: 25.01.2024).

4. О Государственной программе «Беларусь гостеприимная» на 2021–2025 годы. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29 января 2021 г. № 58 [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100058> (дата обращения: 25.01.2024).

5. *Антипова, О. С.* Брендинг ООПТ Беларуси как инструмент устойчивого развития туристических природно-хозяйственных геосистем регионального и локального уровня // Трансформация современной модели научной деятельности: задачи, проблемы, перспективы: сборник статей по итогам Всероссийской научно–практической конференции с международным участием, Новосибирск, 6 декабря 2023 г. Стерлитамак: АМИ, 2023. С.10-12.



УДК 502+574 /47.9245/

## АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА Р. КАТЕХЧАЙ)

**С. О. Алекперова**

*Институт Географии им. акад. Г. А. Алиева Министерства Образования и Науки  
Азербайджана, Баку, Азербайджан,  
[alakbarovasamira@hotmail.com](mailto:alakbarovasamira@hotmail.com)*

Статья посвящена роли антропогенного фактора в селевых процессах. С помощью сравнительного анализа статистических данных о селевых процессах нами были выделены районы по величине нанесенного ими материального ущерба. Установлено, что антропогенный фактор выступает как одна из причин возникновения селей в регионе. Человек своей хозяйственной деятельностью провоцирует сели, и в то же время он испытывает наибольший физический и материальный ущерб от них.

**Ключевые слова:** оценка селевого риска; материальный ущерб; антропогенное воздействие; плотность населения; бассейн реки; конус выноса.

## ANTHROPOGENIC FACTOR AS A COMPONENT OF MUDFLOW PROCESSES IN AZERBAIJAN

**S. O. Alekperova**

*Institute of Geography named after acad. H.A. Aliyev of Ministry  
of Education and Science of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan,  
[alakbarovasamira@hotmail.com](mailto:alakbarovasamira@hotmail.com)*

The article is devoted to the role of the anthropogenic factor in mudflow processes. Using a comparative analysis of statistical data on mudflow processes, we identified areas according to the amount of material damage they caused. It has been established that the anthropogenic factor is one of the causes of mudflows in the region. Human, through his economic activities, provokes mudflows, and at the same time he experiences the greatest physical and material damage from them.

**Keywords:** mudflow risk assessment; material damage; anthropogenic impact; population density; river basin; stem cone.

Селевые процессы Азербайджанской Республики происходят в пределах горной и предгорной территории на южном склоне Большого Кавказа. В качестве объекта исследования нами рассмотрен бассейн р. Катехчай, считающийся одним из наиболее подверженных селевым процессам на южном склоне Большого Кавказа.

Бассейн р. Катехчай отличается хорошо развитым почвенно-растительным покровом, в пределах южного склона Большого Кавказа бассейн р. Катехчай резко отличается от бассейнов центральной и восточной частей этого склона значительной сохранностью субальпийских и альпийских лугов, что способствует замедлению процесса эрозии и образованию участков осыпей и россыпей. Нижний предел селевых отложений р. Катехчай расположен на высоте 300 м [1; 2; 3; 4]. Поверхность конуса выноса р. Катехчай неровная, представлена каменными грядами, наблюдается их сортировка по крупности. Отдельные притоки реки слабоселеносные, где лесные массивы занимают огромные площади, а верхняя граница леса находится на абсолютной высоте 2200 м. Следовательно, слабо проявляются процессы эрозии [5].

В зависимости от расширения хозяйственной деятельности человека увеличивается также разрушительная сила селей и объем материального ущерба [6]. Искусственно создаются скопления масс твердого материала будущего потенциального селевого потока [7]. В конечном итоге формируется сход антропогенных селей, т.е. селевых потоков, зарождение которых напрямую связано с хозяйственной деятельностью человека, приводящий к различному роду ущербам [8].

На р. Катехчай в 1927, 1928, 1946, 1949, 1952, 1986, 1988, 2010, 2011, 2018 гг. прошли мощные разрушительные сели [9; 10; 11; 12; 13]. Сель, произошедший на р. Катехчай в июне 1927 г., стал причиной сильных разрушений сс. Ититала, Кортала, Талалар и др.

В июле 1952 г. произошел катастрофический сель на р. Катехчай, в результате которого погибли люди, было разрушено несколько жилых домов, затоплены приусадебные земли, нанесен значительный материальный ущерб. Сель, произошедший на р. Катехчай 20 июля 2003 г. стал причиной сильных разрушений в с. Катех, погибли домашний скот и птицы. 13 августа 2010 г. селевой поток на р. Катехчай разрушил школы (ущерб составил около 30 тыс. манат) в сс. Ититала и Катех, разрушены водные и газовые хозяйства, смыт асфальт. 17 августа 2011 г. сель на р. Катехчай разрушил водозаборную плотину на р. Катехчай (рис.1.).



*Рис.1.* Разрушение водозаборной плотины на р. Катехчай  
(селевым потоком 17.08.2011 г.)

5 апреля 2010 г. селевой поток на р. Катехчай повредил около 32 постройки, несколько жилых домов было затоплено селевой массой. Селевой поток на р. Катехчай ночью 11 августа 2018 г. стал причиной сильных разрушений в сс. Ититала, Даначи, Башан, нанесен ущерб домам, приусадебным участкам, полям, электрическим столбам, погибли домашний скот и птица, разрушен мост через реку. Общий ущерб составил примерно 20 тыс. манат. Сель на р. Катехчай 18 августа 2018 г. полностью разрушил мост через реку, повреждены жилые дома в сс. Ититала и Катех. 10 сентября 2018 г. селевой поток на р. Катехчай разрушил сс. Талалар и Тулу, были затоплены подвалы и двory 20 жилых домов, нанесен ущерб фруктовому саду, посевным площадям, наблюдались перебои в подаче электроэнергии, нанесен материальный ущерб нескольким селам, повреждена 30 км дорога, приостановлено движение автотранспорта, вблизи конуса выноса р. Катехчай полностью разрушено 7 домов. Общий ущерб составил около 50 тыс. манат.

Следует отметить, что селеопасный период в бассейне р. Катехчай продолжается с апреля по октябрь, период наибольшей опасности - с июля по август. Результат анализа разных научных источников и каталогов селей показывает, что в течение 1900-2023 гг. в бассейне р. Катехчай зафиксировано 57 наиболее селеопасных проявлений [9; 10].

В исследованиях многих ученых отмечается, что при оценке селевого риска учитывается его зависимость от количественных показателей селевой деятельности - повторяемости, продолжительности селеопасного периода, плотности и численности населения, размеров заселенной площади. Нами также проведен их анализ за 1900-2023 гг., где полученные результаты отражены в диаграмме (рис.2).



Рис. 2. Повторяемость и нанесенный ущерб селей на бассейне р. Катехчай

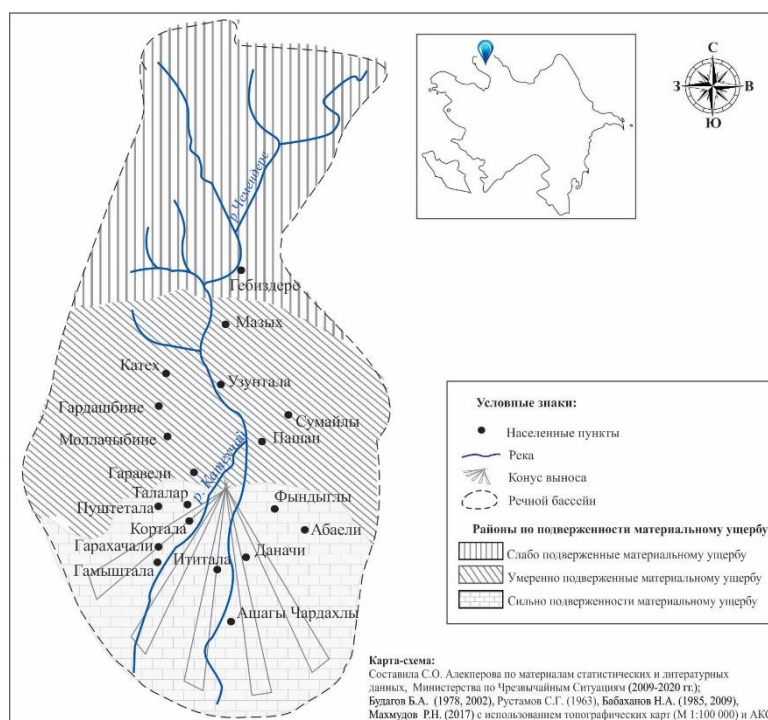
Из рисунка 2 следует, что наибольшая повторяемость проявления селей наблюдается в 1920 г., 1990 г., 2020-2023 гг. Это подтверждает трендовая линия (динамика), т. е. в последние годы происходит активизация проявления селевых потоков [2; 5].

Учитывая вышеизложенное, а также с помощью сравнительного анализа статистических данных о селевых процессах за период 1900–2023 гг. в Азербайджане [9; 10; 11; 12; 13] в пределах бассейна р. Катехчай нами по повторяемости и величине нанесенного материального ущерба были выделены три района.

1) Район, подверженный низкому материальному ущербу. Сюда относятся высокогорные территории, относительно мало заселенные. Район отличается слабым влиянием антропогенного фактора на формирование селевых потоков.

2) Район, подверженный умеренному материальному ущербу. Сюда относятся среднегорные и низкогорные зоны, где большая плотность населения, развита линейная инфраструктура, посевные площади. Здесь находятся сс. Мазых, Узунтала, Сумайлы, Пашар, Катех, Гардаш Бине, Моллачи Бине, Гарахачалы и др.

3) Район, подверженный значительному материальному ущербу. Сюда относится территория конуса выноса р. Катехчай, заполненная огромным количеством селевых отложений. Здесь находятся сс. Ититала, Гамыштала, Кортала, Абаели, Башан, Ашагы Чардахлы и др. (рис. 3).



*Рис.3. Районирование селей по повторяемости и подверженности материальному ущербу в бассейне р. Катехчай*

Анализ статистических данных выявил, что численность населения, проживающего в бассейне р. Катехчай, в 2009 г. составляла человек, тогда как в 2019 г. численность увеличилась на 2561 человек и достигла 32629 человек.

Мы должны отметить, что очень важна роль Государственной Программы по защите населения и сельскохозяйственных территорий от селевых процессов [1; 4; 13; 14]. На основе Государственной Программы по социально-экономическому развитию регионов Азербайджанской Республики, проводимые также на всех селеопасных реках Азербайджана, был разработан план действий по устранению или минимизации ущерба от селей в бассейне р. Катехчай. К примеру, по плану «3.2.3.23. проведение береговых работ на р. Катехчай» (2004-2008 гг.) на р. Катехчай построены 2259 п/м новые каменно-бетонные дамбы и плотины [15].

Исходя из вышеизложенного следует, что проведенный анализ за 1900-2023 гг. проявления селевых потоков в бассейне р. Катехчай показал, что их образование связано не только с количеством выпадающих осадков, глобальным изменением климата, морфометрией рельефа (к примеру, уклон поверхности и пр.), густотой лесного покрова, но и с эрозионными, антропогенными, техногенными и др. процессами. В частности, сооружение в исследуемой зоне неудовлетворительных плотин и дальнейшее их разрушение приводит к усилению мощности проходящих селей и

увеличению экономического ущерба. Во многих поселках и селах, как правило, в горных и предгорных областях линейные сооружения очень легко разрушаются в результате прохождения селей. К примеру, дороги следует заменить на асфальто-бетонные или цементно-бетонные покрытия. Представленные нами предложения могут значительно снизить необходимые экономические и хозяйственные действия, которые впоследствии могут повлечь формирование селей антропогенного генезиса.

### Библиографические ссылки

1. *Тарихазер С. А., Гамидова З. А., Алекперова С. О.* Оценка геодинамической активности селевых явлений в горных геоконструкциях (на примере азербайджанской части Большого Кавказа) Материалы Меж. Науч.-практ. Конференции молодых ученых, посвящ . 95 лет. Наук. Акад. Наук Украины. Киев, Украина, 2013. С. 396-403.
2. *Tarikhazer S. A.* The geographical prerequisites for the identification and prevention of dangerous geomorphological processes in the mountain geosystems of the Alpine-Himalayan belt (on the example of the Major Caucasus of Azerbaijan) // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. Украина, Днепропетровск, № 1, 2020. P. 176-187 DOI <https://doi.org/10.15421/112016>
3. *Tarikhazer S. A.* Assessment of ecological strength and risk of geosystems of the north-eastern slope of the Great Caucasus (within Azerbaijan) // *Вестник Хар.Нац.Ун-та им. В. Н.Каразина – серия «Геология. География. Экология»*, 2022. вып. 56. С. 264-276 <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-20>
4. *Алекперова С. О., Мамиева С. А.* Влияние селей на территориальную организацию хозяйств в населенных пунктах бассейнов горных рек (на примере междуречья Дзегамчай–Гянджачай в азербайджанской части Малого Кавказа) / *Научный журнал «Вопросы географии и геоэкологии»*, № 1, Алматы, Казахстан, 2022. С. 37-46 <https://doi.org/10.55764/2957-9856/2022-1-37-45.05>
5. *Tarikhazer S. A. Mammadov S. G., Hamidova Z. A.* – Application of quantitative methods for the assessment of landslide susceptibility of the Aghsuchay river basin // *Visnyk of VN Karazin Kharkiv National University, series" Geology. Geography*. № 58, 2023. P. 257-273 <https://doi.org/10.26565,2410-7360-2023-58-20>
6. *Будагов Б. А., Бабаханов Н. А.* Экстремальные явления природы и их влияние на развитие хозяйства // *Географические проблемы регионального развития и государственное планирование*. Тбилиси: 1978. С. 38-43
7. *Музыченко Л. Е., Казакова Е. Н.* Антропогенные сели на Сахалине. Геосистемы переходных зон, 2020. № 2. С. 359-368. <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.3.359-368>
8. *Бабурин В. Л., Гаврилова С. А., Грязнова В. В., Шныпарков А. Л.* Определение полного и удельного экономического риска селевых потоков на Северном Кавказе // *III Международная конференция «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита»: сборник докладов, Южно-Сахалинск. 2014 г.* С. 97-101.
9. Каталог селеопасных рек на территориях Северного Кавказа и Закавказья. Тбилиси, 1969. 340 с.
10. *Махмудов Р. Н.* Каталог селевых процессов. Баку. 2008. 106 с.

11. *Рустамов С. Г.* Селевые потоки в Азербайджане // Труды Института Географии АН Азерб., Том VII. Баку. 1957. С. 36-41.
12. *Рустамов С. Г.* Реки Азербайджанской ССР и их гидрологические особенности., АН Азерб. Баку. 1960. 196 с.
13. *Бабаханов Н. А.* Районирование Азербайджана по интенсивности проявления стихийных природных явлений (СПЯ) // Материалы конференции «Человек и опасность». Баку : 2009. С. 39-43
14. *Алекперова С. О.* Воздействие селей на природно-хозяйственную систему Большого Кавказа и методы борьбы с ними (в пределах азербайджанской части Большого Кавказа) / Грозненский естественнонаучный бюллетень, научно-технический журнал, Т.3, № 4(12), 2018 г. С. 5-11. DOI: 10.25744/genb.2018.12.4.001
15. *Алекперова С. О.* Экономико-географическое исследование влияния селей на хозяйство Азербайджанской Республики. Автореф. канд. дис. Баку. 2012. 24 с.

УДК 551.593

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИМАТА ПО ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИМ РАЙОНАМ БЕЛАРУСИ

**М. Н. Брилевский**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [bryleuski@mail.ru](mailto:bryleuski@mail.ru)*

Рассмотрены региональные особенности температурного режима и режима увлажнения Беларуси. Для каждого физико-географического района Беларуси рассчитаны средние показатели температур за год, самый теплый и холодный месяцы, продолжительность периодов с температурами выше 0 °С, 5 °С и 10 °С, а также суммы температур за указанные периоды, количество осадков и гидротермический коэффициент. Проведена группировка районов по каждому показателю.

**Ключевые слова:** температурный режим; режим увлажнения; агроклиматические показатели; годовое количество осадков; гидротермический коэффициент; физико-географический район.

## DISTRIBUTION OF MAIN CHARACTERISTICS OF CLIMATE BY PHYSICAL AND GEOGRAPHICAL REGIONS OF BELARUS

**M. N. Bryleuski**

*Belarusian State University, Nezavisimosti Ave., 4,  
220030, Minsk, Belarus, [bryleuski@mail.ru](mailto:bryleuski@mail.ru)*

The regional features of the temperature and humidity regimes of Belarus are considered. Average temperatures for the year, the warmest and coldest months, the duration of periods with temperatures above 0°C, 5°C and 10°C, as well as the sums of temperatures for these periods, the amount of precipitation and the hydrothermal coefficient were calculated for each physical and geographical region of Belarus. The districts were grouped according to each indicator.

**Keywords:** temperature regime; moisture regime; agroclimatic indicators; annual precipitation; hydrothermal coefficient; physical and geographical region.

Любое научное исследование в области географических наук предполагает рассмотрение территориального объекта. В физико-географических исследованиях такими объектами выступают таксономические единицы физико-географического районирования: провинции, округа и районы. На наш взгляд, для решения комплексных задач природопользования и учебных целей они являются оптимальными оперативными единицами оценочных исследований. Физико-географические районы



(ФГР) выделяются по преобладающим типам рельефа и особенностям почвенно-растительного покрова, обусловленным различным соотношением тепла и влаги [1].

В настоящее время в уточненной схеме физико-географического районирования, которая была предложена Г. И. Марцинкевич, М. Н. Брилевским и И. И. Счастной, проведена корректировка границ отдельных контуров и выделяются 5 провинций, 14 округов и 50 районов [2].

Важной характеристикой ФГР выступают особенности климата, которые определяют возможности протекания многих физико-географических процессов и оказывают непосредственное влияние на формирование почвенно-растительного покрова. Во многих энциклопедических изданиях, где приведены характеристики физико-географических районов, описание климата либо отсутствует, либо устарело в связи с быстрыми темпами его изменения на протяжении последнего сорокалетия.

В соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации для характеристики современного климата и климатических ресурсов территории предложен временной отрезок с 1990 г. по настоящее время. Данный отрезок совпадает с эпохой потепления, зафиксированной на территории Беларуси, начиная с 1986 г. Основные показатели температурного режима за данный период существенно отличаются от предыдущих лет [3-5].

Для каждого ФГР Беларуси нами рассчитаны средние показатели температур за год, январь, июль, продолжительность периодов с температурами выше 0 °С, 5 °С и 10 °С, а также суммы температур за указанные периоды, количество осадков и гидротермический коэффициент (ГТК). Данные показатели в наибольшей степени характеризуют региональные особенности климата, потому что зависят от нескольких показателей: географического положения, рельефа, растительного покрова, хозяйственной деятельности. Расчеты проводились по данным 1990-2022 гг.

Физико-географические районы на территории Беларуси существенно различаются по площади, которая колеблется от 893 км<sup>2</sup> в пределах Гродненской возвышенности до 12 424 км<sup>2</sup> на Ясельдинско-Слущкой низменности. Поэтому при расчете климатических показателей для ФГР брались данные по 1–5 метеостанциям, расположенным в пределах района или в непосредственной близости к его границам, и рассчитывались средние показатели. Для небольших по площади возвышенностей (Гродненская, Волковысская, Новогрудская и др.) либо равнин (Докшицкая, Верхнеберезинская, Слущкая и др.) брались данные одной метеостанции, если она располагается в центре ФГР.

Основные климатические показатели следующим образом распределены по физико-географическим районам Беларуси (таблица).

**Показатели, характеризующие климатические ресурсы ФГР Беларуси**

ФГР №*	Температура			Продол-сть периода			Суммы температур			Осад ки, год	ГТК
	год	I	VII	>0о	>5о	>10о	>0о	>5о	>10о		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6,1	-5,3	18,1	256	193	146	2844	2533	2082	707	1,71
2	6,5	-5,1	18,6	257	195	150	2812	2633	2200	726	1,65
3	6,8	-4,9	19,1	257	197	153	2779	2732	2317	744	1,59
4	6,7	-4,9	18,9	261	197	152	2856	2696	2270	673	1,54
5	6,7	-4,4	18,4	264	198	150	2907	2640	2191	647	1,55
6	6,8	-4,2	18,5	258	199	151	2951	2675	2227	632	1,50
7	6,6	-4,5	18,4	263	197	150	2879	2626	2179	687	1,61
8	6,7	-4,7	18,8	260	198	152	2864	2695	2265	694	1,56
9	6,6	-4,7	18,6	260	198	147	2861	2648	2201	658	1,58
10	6,6	-4,6	18,5	258	198	148	2872	2648	2201	676	1,59
11	6,5	-4,4	18,2	263	197	147	2872	2600	2152	671	1,55
12	6,5	-4,5	18,1	268	196	147	2854	2583	2127	682	1,58
13	6,6	-4,5	18,2	269	198	150	2873	2623	2197	655	1,57
14	7,0	-4,3	18,4	271	201	154	2941	2698	2249	662	1,59
15	6,8	-4,5	18,6	268	200	153	2964	2724	2296	673	1,56
16	6,4	-4,7	18,2	265	197	147	2842	2594	2190	662	1,53
17	6,4	-4,7	18,2	253	196	141	2802	2589	2125	687	1,69
18	6,7	-4,6	18,5	261	198	147	2891	2667	2212	682	1,64
19	7,7	-3,2	18,8	288	211	159	3114	2858	2396	611	1,39
20	7,3	-4,0	18,8	275	205	157	3052	2809	2366	651	1,48
21	7,5	-3,5	18,8	284	210	158	3085	2836	2378	662	1,47
22	7,3	-4,1	19,0	272	204	158	3080	2838	2407	624	1,43
23	7,8	-3,0	18,8	290	211	159	3105	2845	2377	547	1,30
24	7,8	-3,2	18,9	290	212	161	3153	2894	2432	623	1,39
25	7,7	-3,5	18,9	283	210	160	3134	2884	2429	628	1,43
26	6,9	-4,3	18,2	273	202	155	2941	2701	2251	747	1,74
27	7,4	-4,1	19,0	274	206	158	3095	2853	2412	628	1,45
28	8,0	-3,2	19,3	285	212	163	3205	2946	2506	605	1,38
29	7,6	-3,6	19,0	281	209	159	3158	2904	2455	631	1,44
30	7,4	-4,1	19,0	275	206	157	3091	2849	2403	628	1,44
31	7,2	-4,2	18,9	273	204	158	3072	2830	2401	637	1,45
32	7,0	-4,5	18,8	270	202	153	2994	2759	2310	638	1,47
33	7,3	-4,2	19,1	273	205	158	3094	2855	2416	636	1,44
34	7,2	-4,4	19,1	271	204	155	3073	2864	2381	624	1,38
35	7,6	-4,4	19,8	268	206	159	3194	3001	2545	636	1,37
36	6,5	-5,0	18,7	259	195	149	2869	2648	2216	648	1,56
37	6,2	-5,5	18,5	255	194	147	2826	2620	2177	631	1,53

38	6,6	-5,1	18,8	260	198	151	2915	2703	2262	637	1,49
39	6,9	-5,1	19,2	263	202	154	3017	2807	2365	643	1,46
40	8,3	-2,7	19,5	287	216	166	3277	3016	2566	595	1,35
41	8,7	-2,3	19,9	290	221	169	3414	3155	2695	598	1,33
42	8,2	-3,1	19,7	284	214	165	3256	3003	2563	597	1,36
43	7,9	-3,4	19,3	283	211	161	3213	2959	2510	636	1,44
44	8,0	-3,4	19,5	283	212	163	3235	2986	2537	641	1,45
45	8,0	-3,7	19,9	285	210	164	3253	3026	2598	699	1,48
46	8,0	-3,9	20,1	285	210	164	3247	3049	2626	664	1,38
47	7,6	-4,0	19,5	276	207	162	3175	2932	2511	648	1,45
48	7,4	-4,2	19,1	273	210	161	3200	2971	2524	648	1,41
49	7,7	-4,2	19,8	277	209	161	3243	3046	2585	638	1,36
50	7,7	-4,1	19,7	271	210	164	3162	2955	2552	549	1,21

*Примечание.* \* перечень физико-географических районов: 1 – Нещердо-Городокская возв., 2 – Суражская равн., 3 – Витебская возв., 4 – Луческая равн., 5 – Освейско-Браславские гряды, 6 – Дисненская низм., 7 – Полоцкая низм., 8 – Шумилинская равн., 9 – Чашницкая низм., 10 – Ушачско-Лепельская возв., 11 – Свенцяньские гряды, 12 – Нарочанская равн., 13 – Вилейская низм., 14 – Ошмянская возв., 15 – Минская возв., 16 – Докшицкая равн., 17 – Верхнеберезинская равн., 18 – Борисовская возв. равн., 19 – Средненёманская низм., 20 – Верхненёманская низм., 21 – Лидская равн., 22 – Столбцовская равн., 23 – Гродненская возв., 24 – Волковысская возв., 25 – Слонимская возв., 26 – Новогрудская возв., 27 – Копыльская гряда, 28 – Пружанская равн., 29 – Барановичская равн., 30 – Слуцкая равн., 31 – Пуховичская равн., 32 – Центральнoберезинская равн., 33 – Бобруйская равн., 34 – Кличевско-Рогачевская равн., 35 – Чечерская равн., 36 – Оршанская возв., 37 – Горецко-Мстиславльская возв., 38 – Оршанско-Могилевская равн., 39 – Костюковичская равн., 40 – Высоковская равн., 41 – Малоритская равн., 42 – равнина Загородье, 43 – Ясельдинско-Слуцкая низм., 44 – Среднеприпятская низм., 45 – Лельницкая равн., 46 – Мозырско-Юровичские гряды, 47 – Копаткевичская равн., 48 – Василевичская низм., 49 – Речицко-Сожская низм., 50 – Комаринская низм.

Среднегодовые температуры повысились в последние годы и составляют от 6,1 °С в пределах Нещердо-Городокской возвышенности до 8,7 °С на Малоритской равнине. ФГР дифференцировались на 3 группы по данному показателю с шагом в 1 градус. 22 района вошли в 1 группу с показателями менее 7 °С, еще 21 район характеризуется средними значениями температур от 7 °С до 7,9 °С и в 7 районах фиксируются температуры 8 °С и больше. Очевидна тенденция увеличения средних годовых температур по районам с севера на юг и с востока на запад.

Средние температуры января увеличиваются в основном с востока на запад от -5,5°С на Горецко-Мстиславльской возвышенности до -2,3 °С на Малоритской равнине. Для 30 ФГР показатели находятся в пределах 4 – -4,9 °С, еще в 12 районах, расположенных на юге и западе страны, фиксируются температуры от -3 до -4°С. Самые низкие январские температуры (менее -5 °С) характерны для 6 ФГР, расположенных на востоке страны: все районы Восточно-Белорусской провинции, а также

Нещердо-Городокская возвышенность и Суражская равнина. Самые высокие температуры января (выше  $-3^{\circ}\text{C}$ ) фиксируются на Малоритской и Высоковской равнинах.

Различия средних температур июля не столь велики и составляют от  $18,1^{\circ}\text{C}$  в пределах Нарочанской равнины до  $20,1^{\circ}\text{C}$  в районе Мозырско-Юровичских гряд. Средние температуры июля постепенно повышаются с севера на юг, что объясняется разницей поступающей солнечной радиации. Можно отметить более высокие средние температуры в ФГР с крупными городами (Витебская возвышенность, Малоритская равнина, Речицко-Сожская низменность, Минская возвышенность).

Важными характеристиками климатических ресурсов ФГР выступают продолжительность периодов с температурой выше  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$  и суммы температур за соответствующие периоды.

Продолжительность периода с положительными среднесуточными температурами практически соответствует периоду с положительным радиационным балансом. На территории Беларуси она изменяется больше чем на месяц: от 253 дней в пределах Верхнеберезинской равнины до 290 – в пределах Малоритской равнины, Гродненской и Волковысской возвышенностей. По данному показателю ФГР разбились на 4 группы с шагом в 10 дней. В первую группу с продолжительностью периода с  $t > 0^{\circ}\text{C}$  менее 260 дней вошло 7 районов, расположенных на востоке Белорусской Поозерской и Восточно-Белорусской провинций. С северо-востока на юго-запад данный показатель постепенно увеличивается, поэтому в каждую из трех последующих групп (260-270, 270-280 и 280-290 дней) вошло по 14-15 районов. Самый продолжительный период с положительными температурами характерен для ФГР на западе и юге страны, что подтверждает влияние на данный показатель атмосферной циркуляции и притока солнечной радиации.

Продолжительность вегетационного периода также различается почти на месяц от 193 дней в пределах Нещердо-Городокской возвышенности до 221 дня на Малоритской равнине. ФГР также разбились на 4 группы с шагом в 10 дней. Наибольшее количество районов (19) с продолжительностью вегетационного периода менее 200 дней расположены на севере и востоке страны. Во вторую (200-209) и третью (210-219) вошли соответственно 16 и 14 ФГР. Самый длинный вегетационный период зафиксирован на юго-западе страны.

Важным с точки зрения оценки агроклиматических ресурсов является период со среднесуточной температурой выше  $10^{\circ}\text{C}$ , так как он является вегетационным для сельскохозяйственных культур. Его продолжительность в Беларуси изменяется от 141 дня в пределах Верхнеберезинской равнины до 169 дней на Малоритской равнине. По данному показателю

ФГР дифференцировались на 3 группы. В первую группу с самым коротким безморозным периодом вошли 10 районов, расположенных преимущественно на севере и востоке страны. Более половины ФГР (26) составили вторую группу (150-159 дней), а 14 районов, расположенных на западе и юге страны, вошли в третью группу (160-169 дней).

Более сильные региональные различия характерны для сумм температур за указанные периоды, которые также имеют тенденцию к увеличению с севера на юг, но дифференцируются на 5 групп для каждого периода с шагом в 100 °С. Сумма положительных температур увеличивается от 2779 °С в пределах Витебской возвышенности до 3414 °С на Малоритской равнине, сумма температур выше 5 °С изменяется от 2533 °С (Нещердо-Городокская возвышенность) до 3155 °С (Малоритская равнина), а сумма температур выше 10 °С от 2082 °С (Нещердо-Городокская возвышенность) до 2695 °С (Малоритская равнина).

Таким образом, практически все самые высокие показатели, характеризующие температурный режим, зафиксированы на территории Малоритской равнины, а вот самые низкие характерны для ФГР расположенных в разных частях страны, что подтверждает их зависимость от разных природных процессов.

Если региональные различия показателей температурного режима связаны с различным притоком солнечной радиации и атмосферной циркуляцией, то условия увлажнения зависят от большего количества показателей: географического положения, рельефа, наличия орографической тени, распространения лесов и болот. Поэтому изменение количества осадков на территории страны не имеет выраженной тенденции.

Сумма годовых осадков изменяется от 549 мм в пределах Комаринской низменности до 747 мм на Новогрудской возвышенности. По величине осадков ФГР Беларуси дифференцировались на 4 группы с шагом в 50 мм. В первую группу с количеством осадков менее 600 мм вошли 5 ФГР, расположенных на периферии страны: Комаринская низменность, Гродненская возвышенность, а также равнины Малоритская, Высоковская и Загородье. Основная часть ФГР вошла во вторую (600-650 мм) и третью (650-700 мм) группы — 24 и 17 районов соответственно. При этом четкой территориальной закономерности изменения количества осадков не прослеживается. Наконец, в пределах 4 районов (Новогрудская, Нещердо-Городокская, Витебская возвышенности и Суражская равнина) количество осадков превышает 700 мм.

Количество осадков теплого периода (апрель-октябрь) составляет от 376 до 495 мм и фиксируется в тех же ФГР, а холодного (ноябрь-март) от 170 мм (Гродненская возвышенность) до 252 мм (Новогрудская возвышенность).

Важной характеристикой климатических ресурсов является гидро-термический коэффициент, показывающий соотношение тепла и влаги. Нами рассчитан ГТК для периода со среднесуточной температурой выше 10°C. По районам он изменяется от 1,21 до 1,74 и свидетельствует, что практически на всей территории страны достаточное увлажнение (ГТК более 1,3). К слабозасушливым относятся 2 района: Комаринская низменность и Гродненская возвышенность. Остальные районы дифференцировались на 4 группы, различаясь на 0,1. В 10 ФГР, расположенных преимущественно на юго-западе и юго-востоке страны, ГТК составляет от 1,3 до 1,4, а еще в 18 – от 1,4 до 1,5. Для данных районов характерен засушливый период, приходящийся обычно на август.

Таким образом, разная обеспеченность теплом и влагой обуславливает региональные различия почвенно-растительного покрова и разные возможности выращивания сельскохозяйственных культур.

### Библиографические ссылки

1. *Марцинкевич Г. И., Клицунова Н. К. и др.* Теоретические проблемы и результаты комплексного географического районирования территории Беларуси. // Выбранные научные работы Беларуси. дзярж. ун-та/ т. VII. Біялогія. Геаграфія. Мн.: БДУ. 2001. С. 333-356.

2. *Брылеўскі М. М.* Фізичная геаграфія Беларусі: дапаможнік. Мінск: БДУ, 2023. 239 с. іл.

3. *Брилевский М. Н.* Проблема изменения климата на территории Беларуси: отрицательные и положительные аспекты для хозяйственной деятельности. // География. 2020. № 6. С. 3-13.

4. *Брилевский М. Н.* Региональные особенности изменения климата Беларуси // Развитие географических исследований в Беларуси в XX-XXI вв.: Материалы международной научно-практической очно-заочной конференции. Минск, 24-26 марта 2021 г. Минск. БГУ. 2021. С. 253-260

5. *Брилевский М. Н.* Изменения температурного режима на территории Республики Беларусь в период глобального потепления // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Т. XII / Под ред. И. А. Керимова, В. А. Широковой. М.: ИИЕТ РАН, 2022. 795 с. //, С. 619-626.

УДК 911.2:551.58(476.5)

## ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ГОРОДЕ МИНСКЕ

**А. Н. Витченко**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [dr.vitchenko@rambler.ru](mailto:dr.vitchenko@rambler.ru)*

Изучены особенности режима атмосферных осадков в городе Минске и разработан сценарий их возможного изменения до 2040 г. На основе средних суточных данные ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиационного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды Республики Беларусь об атмосферных осадках за 1980-2022 гг. рассчитаны средние, максимальные и минимальные месячные и годовые значения их количества и число дней с осадками >0,1 мм, определена их межгодовая изменчивость и сезонная динамика.

**Ключевые слова:** атмосферные осадки; город; климат; годовой ход; сезонная динамика; прогнозный сценарий.

## FEATURES OF THE ATMOSPHERIC PRECIPITATION REGIME IN MINSK

**A. N. Vitchenko**

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4,  
220030, Minsk, Belarus, [dr.vitchenko@rambler.ru](mailto:dr.vitchenko@rambler.ru)*

The features of the precipitation regime in the city of Minsk were studied and a scenario for their possible changes until 2040 was developed. Based on average daily data from the State Institution «Republican Center for Hydrometeorology, Control of Radiation Pollution and Environmental Monitoring» of the Ministry of Natural Resources of the Republic of Belarus on precipitation for 1980-2022 The average, maximum and minimum monthly and annual values of their quantity and the number of days with precipitation > 0,1 mm were calculated, their interannual variability and seasonal dynamics were determined.

**Keywords:** precipitation; city; climate; annual cycle; seasonal dynamics; forecast scenario.

Атмосферные осадки являются одной из важнейших характеристик климата, имеющей существенное значение для человека и его хозяйственной деятельности. В больших городах, характеризующихся преобладанием искусственных поверхностей, интенсивной антропогенной деятельностью и температурными особенностями, как правило, формируется сложное поле распределения атмосферных осадков [1]. Чаще всего рост

их количества и частоты выпадения наблюдается в центральной и/или в подветренной части города. Большинство ученых изучающих влияние города на атмосферные осадки отмечают рост их количества в крупных городах по сравнению с пригородными районами [2]. Факторов, которые могут влиять на характер выпадения осадков в городах много, все они взаимосвязаны, маскируют влияние друг друга и установление роли каждого из них достаточно сложно [3-4].

Основной целью исследования является оценка режима атмосферных осадков в городе Минске и определение его возможных изменений. Расчеты основных характеристик атмосферных осадков осуществлялись на основе комплексной географической информационной системы геоэкологической оценки комфортности климата [5]. В качестве базовых параметров режима атмосферных осадков определялись средние, максимальные и минимальных месячные и годовые значения их количества и число дней с осадками  $>0,1$  мм. Для характеристики режима атмосферных осадков Минска были использованы средние суточные данные ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиационного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды Республики Беларусь об атмосферных осадках за 1980-2022 гг., которые были, затем обобщены и интерпретированы с учетом их межгодовой изменчивости и сезонной динамики.

В 1980-2022 гг. атмосферные осадки в Минске характеризуются значительной временной изменчивостью. Годовое количество атмосферных осадков варьировало от 541,3 мм в 1991 г. до 965,4 мм в 1998 г. и в среднем составило 690,3 мм, при  $C_v$  13,81 % (рис. 1). В рассматриваемый период наблюдается тенденция к небольшому увеличению годового количества атмосферных осадков.

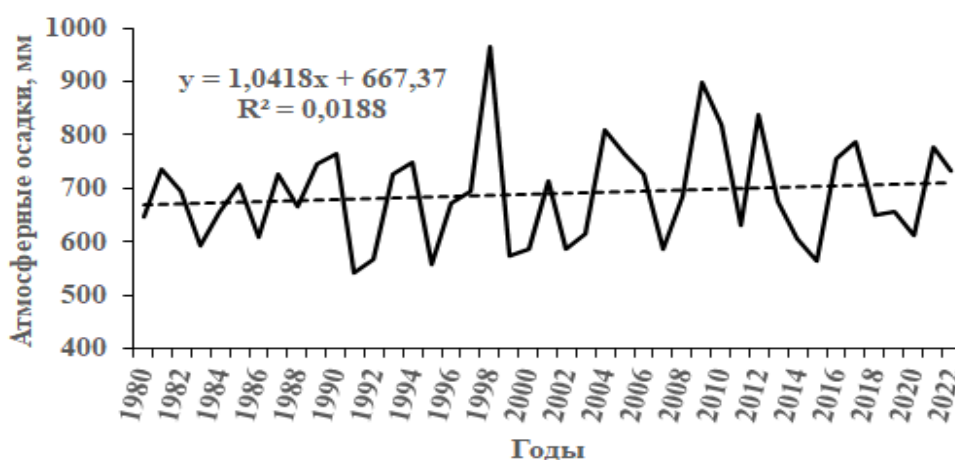


Рис. 1. Годовые суммы атмосферных осадков в Минске за период 1980-2022 гг.



Количество дней с осадками  $\geq 1$  мм в 1980-2022 гг. отличается меньшей временной изменчивостью чем количество осадков. Годовое количество дней с осадками  $\geq 1$  мм изменялось от 98 в 2014 г. до 142 в 1998 г. и в среднем составило 117 дней, при  $C_v$  10,17 % (рис. 2). В рассматриваемый период наблюдается тенденция к небольшому уменьшению годового количества дней с осадками  $\geq 1$  мм.

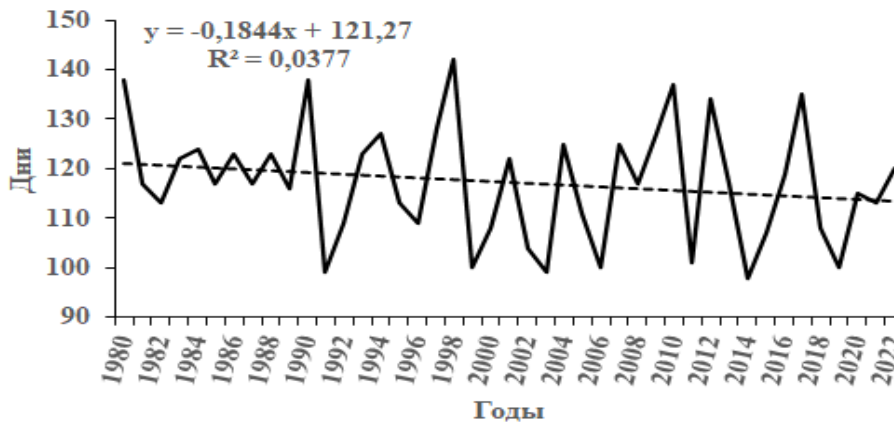


Рис. 2. Количество дней с атмосферными осадками  $\geq 1$  мм в Минске за период 1980-2022 гг.

Атмосферные осадки в Минске имеют хорошо выраженный годовой ход. В среднем их минимум наблюдается в зимние месяцы, а максимальное количество отмечается в летние, достигая максимума в июле. В экстремальные годы годовой ход атмосферных осадков имеет более сложный характер, но в основном повторяет их многолетнее распределение (рис. 3).

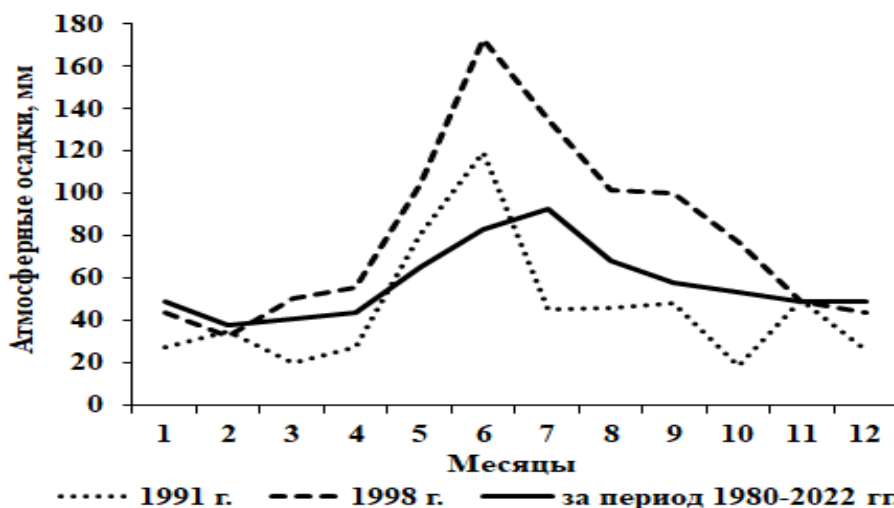


Рис. 3. Годовой ход атмосферных осадков в Минске в отдельные годы и за период 1980-2022 гг.

В 1991 г. наблюдалось минимальное количество атмосферных осадков, тем не менее, в мае и июне их выпало больше средних значений за период 1980-2022 гг. В 1998 г., выпало наибольшее количество осадков, однако, в зимние месяцы их количество было около средних значений.

Годовой ход дней с атмосферными осадками  $\geq 1$  мм менее выражен чем годовых сумм осадков. В среднем их минимум наблюдается в весенние и осенние месяцы, а максимальное количество отмечается в июне и июле. В экстремальные годы годовой ход дней с атмосферными осадками  $\geq 1$  мм значительно отличается от многолетних значений. В 1991 г. при минимальном количестве атмосферных осадков в основном наблюдалось минимальное количество дней с атмосферными осадками  $\geq 1$  мм, а в 1998 г., при максимальном количестве осадков количество дней превышало средние многолетние значения.

Анализ сезонной динамики атмосферных осадков в Минске показал, что наибольшее их количество за период 1980-2022 гг. наблюдалось летом и варьировало от 77,1 мм в 2015 г. до 408,8 мм в 1988 г. и в среднем составило 243,8 мм, при  $C_v$  30,75 % (рис. 4). Осенью минимум осадков 54,5 мм отмечался в 2014 г., максимум — 276,5 мм в 1990 г., среднее количество составило 159,8 мм при  $C_v$  28,57 %. Весной минимальное количество атмосферных осадков 69,1 мм зафиксировано в 2006 г., максимальное — 245,1 в 2008 г., а их среднее количество составило 149,4 мм, при  $C_v$  25,93 %. В зимний период минимальное количество атмосферных осадков 52,6 мм отмечено в 2006 г., максимальное — 206,2 мм в 2022 г., а среднее количество было самым низким из всех сезонов года и составило 137,3 мм, при  $C_v$  22,47 %. Самым дождливым месяцем за весь исследуемый период был август 2006 г., когда сумма осадков достигла 250,3 мм, а самым засушливым — октябрь 2000 г., когда количество осадков составило всего 1,5 мм.

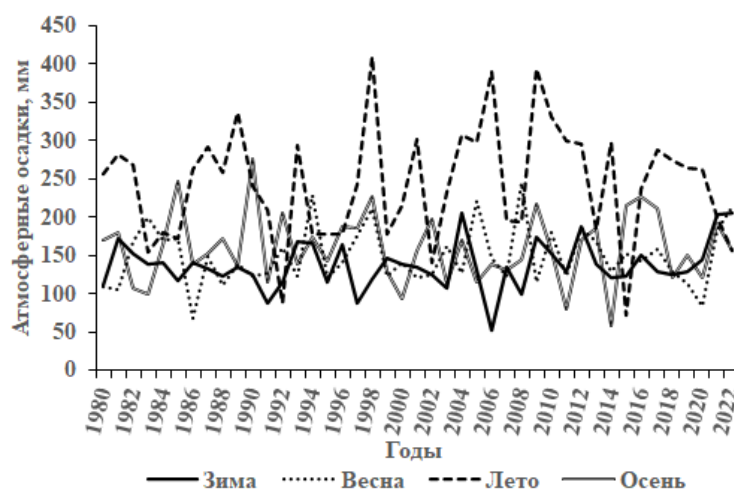


Рис. 4. Сезонная динамика атмосферных осадков в Минске за период 1980-2022 гг.

Максимальное количество дней с атмосферными осадками  $\geq 1$  мм за период 1980-2022 гг. в разрезе сезонов года наблюдалось зимой — 33 дня, летом было 30 дней, осенью — 28 дней, а минимальное количество соответствует зимнему сезону — 26 дней.

Изучение динамики атмосферных осадков и количества дней с осадками  $\geq 1$  мм за 1980-2022 гг. позволило разработать прогнозный сценарий их возможного изменения в Минске до 2040 г., согласно которому в городе возможно небольшое увеличение годового количества атмосферных осадков и уменьшение количества дней с осадками  $\geq 1$  мм (таблица).

**Изменение количества атмосферных осадков (мм) и дней с осадками  $\geq 1$  мм в Минске, согласно возможного сценария на 2040 г.**

Показатель	Временная функция (рассчитана по уравнению регрессии)	Стандартное отклонение, $\delta$	Доверительный интервал при $p (\alpha = 0,05)$	Среднее за 1980-2022 гг.	Значение в 2040 г.
Количество осадков	$y = 1,042x + 667,37$	95,33	$\pm 28,48$	690,3	730,9
Количество дней	$y = -0,184x + 121,27$	11,92	$\pm 3,56$	117	110

Проведенные исследования могут быть использованы в практике рационального использования природных ресурсов города Минска при планировании и проектировании природопользования для его устойчивого развития и оптимизации среды жизнедеятельности населения.

**Библиографические ссылки**

1. *Landsberg, H. E.* The Urban Climate / H. E. Landsberg. – New York: Academic Press, 1981.
- 2 The Routledge Handbook of Urbanization and Global Environmental Change / C. S. Karen, W. D. Solecki, C. A. Griffith [et al.]. – London and New York: Routledge, 2016.
3. *Khain, A. P.* Notes on state-of-the-art investigations of aerosol effects on precipitation: A critical review / A. P. Khain // *Environmental Research Letter*, 2009. Vol. 4, № 1. P. 1-20.
4. Город, архитектура, человек и климат / М. С. Мягков [и др.]; под ред. М. С. Мягкова. М.: Архитектура – С. 2007.
5. *Витченко, А. Н.* Геоэкологическая оценка комфортности климата крупных городов Беларуси / А. Н. Витченко, И. А. Телеш // *Вестник БГУ. Сер.2, Химия, Биология, География*. 2011. № 2. С. 73-78.

УДК 91:504+91:001.89+910.21+55:504

## ОЦЕНКА ПРИРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА И ТУРИСТСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ГЕОПАРКА В ГРАНИЦАХ НП «НАРОЧАНСКИЙ»

**Б. П. Власов, Т. В. Архипенко**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [vlasov@tut.by](mailto:vlasov@tut.by), [arkhipminsk@rambler.ru](mailto:arkhipminsk@rambler.ru)*

Впервые в Республике Беларусь проведена оценка природного потенциала и туристской инфраструктуры планируемого национального геопарка в границах НП «Нарочанский». Предварительная оценка потенциального геопарка основана на результатах натурных обследований территории, анализе материально-технической базы, кадрового потенциала и инфраструктуры, которую можно использовать для целей функционирования геопарка на территории Мядельского района.

**Ключевые слова:** геопарк; природное наследие; ценные геологические объекты; специализированная комплексная оценка; туристская инфраструктура.

## ASSESSMENT OF NATURAL POTENTIAL AND TOURIST INFRASTRUCTURE OF THE NATIONAL GEOPARK IN WITHIN THE BORDERS OF NATIONAL PARK «NAROCHANSKY»

**B. P. Vlasov, T. V. Arkhipenko**

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4,  
220030, Minsk, Belarus, [vlasov@tut.by](mailto:vlasov@tut.by), [arkhipminsk@rambler.ru](mailto:arkhipminsk@rambler.ru)*

For the first time in the Republic of Belarus, an assessment of the tourism potential and tourism infrastructure of a potential geopark within the boundaries of the Narochansky National Park was carried out. A preliminary assessment of a potential geopark is based on the results of field surveys of the territory, analysis of the material and technical base, human resources and infrastructure that can be used for the functioning of the geopark in the Myadel region.

**Keywords:** geopark; natural heritage; valuable geological objects; specialized comprehensive assessment; tourist infrastructure.

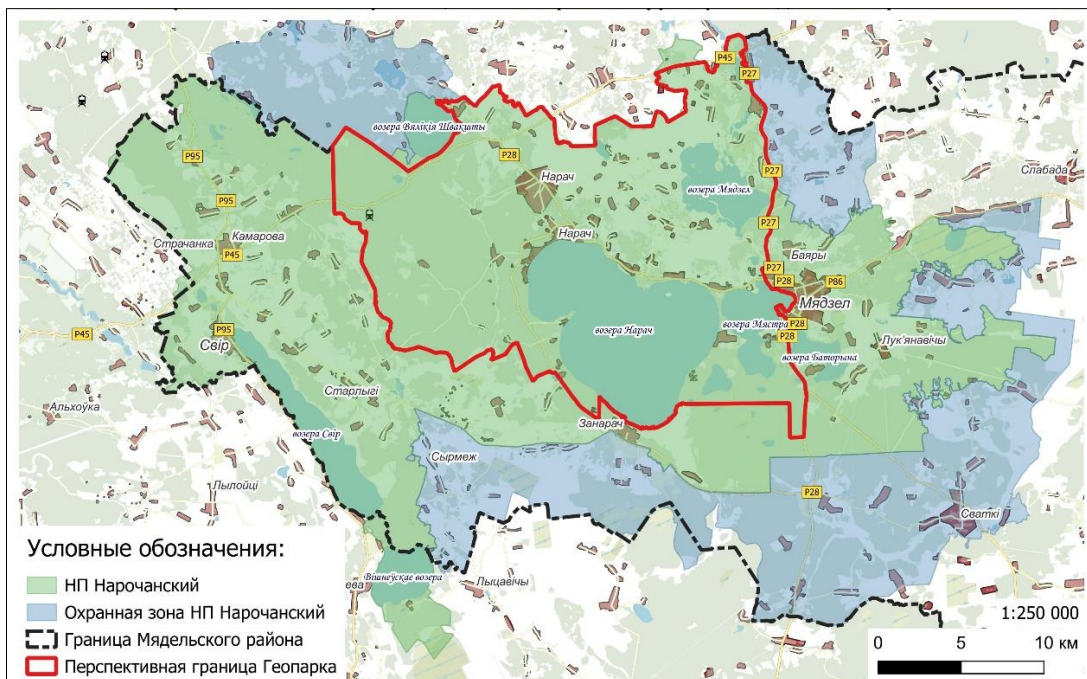
Оценка природного потенциала Беларуси для создания геопарков позволила выявить территории, наиболее перспективные для создания национальных геопарков и последующего их включения в Глобальную сеть геопарков ЮНЕСКО. Среди них — национальный парк «Нарочанский». Предварительная оценка потенциала этого парка показала его высокую значимость с точки зрения геологической ценности территории и ее

признания геопарком на национальном уровне. Современный статус национального парка «Нарочанский», правовые основы его функционирования, обеспечивают физическую, финансовую, политическую и практическую возможность сохранения природных ценностей на его территории, что является обязательным условием для придания этим природным ценностям высочайшего статуса объекта всемирного наследия.

Основные требования к территории, перспективной для создания геопарка включают как физическую, так и социокультурную составляющие. Так, территория геопарка должна отражать как географическую, геологическую, так и местную культурную самобытность, свойственные национальной и местной культуре, являться зоной устойчивого развития и должна учитывать их существующую локально-территориальную принадлежность.

Размер территории геопарка должен обеспечивать необходимые условия для надлежащего устойчивого развития местного населения.

В состав земель потенциального геопарка в Мядельском районе предлагается включить Нарочский сельский совет с курортным поселком Нарочь, часть Занарочского сельского совета (в границах оз. Нарочь) и часть Мядельского сельского совета (с установлением границы по автомобильным дорогам Р27 и Р28) (рисунок). Площадь потенциального геопарка в Мядельском районе составит 414,4 км<sup>2</sup>, численность населения 8,5 тыс. человек или 21 человек на км<sup>2</sup>.



Границы потенциального геопарка в Мядельском районе

Ядром геопарка в Мядельском районе может стать центральная часть Национального парка «Нарочанский». Национальный парк «Нарочанский» создан в целях сохранения уникальных природных комплексов, более полного и эффективного использования рекреационного потенциала природных ресурсов региона. Управление национальным парком осуществляет Государственное природоохранное учреждение «Национальный парк «Нарочанский». На территории Национального парка «Нарочанский» расположен природный комплекс «Голубые озера» с уникальными ландшафтами и Болдукской группой озер, который имеет статус ключевой ботанической территории и включен в список наиболее ценных ботанических объектов Европы.

Рельеф преимущественно представлен холмисто-моренно-озерными и водно-ледниковыми ландшафтами области Белорусского Поозерья, которые характеризуются исключительным разнообразием и особенной уникальностью [1].

Краевые гряды — доминирующая форма «нарочанского» рельефа в диапазоне высот 180-220 м над уровнем Балтийского моря. Характерными и очень выразительными элементами краевых образований являются многочисленные камы (камовые холмы, иногда образующие целые камовые поля) и озы. На территории потенциального геопарка расположено самое большое в Беларуси оз. Нарочь (площадь 80 км<sup>2</sup>). Озеро обладает прозрачной, уникальной по своим качествам гидрокарбонатно-кальциевой водой и широкой, сложенной чистым кварцевым песком литоральной зоной, что делает его важнейшим рекреационным ресурсом. Вымытые из морены валуны, которые принесены ледником, образуют вдоль берега живописные скопления.

Гидрографическая сеть национального парка, кроме самого оз. Нарочь, представлена многочисленными озерами и малыми реками, которые объединяются в несколько озерных групп: Нарочанскую, Мядельскую, Болдукскую и Свирскую. В границы перспективного геопарка включены Нарочанская и Мядельская озерные группы. Нарочанская группа озер (помимо оз. Нарочь) включает крупные по площади озера Мястро и Баторино, а также целый ряд более мелких (часто площадью от 3 до 25 га): Белое, Выдреник, Грядское, Запортово, Козье, Млынок, Подшапье, Скрипово, Шестаково. В Мядельскую группу озер входят озера Мядель, Рудаково и Волчин, а также ряд небольших озерных водоемов: Княгининское, Лотвины, Росохи, Ходосы, Черток [2]. Водные объекты в сочетании с окружающими ландшафтами придают территории Нарочанского края неповторимую визуальную выразительность и эстетическую привлекательность, несут в себе колоссальный рекреационно-бальнеологический потенциал.

Отличительные особенности рельефа национального парка – хорошая сохранность ледниковых форм, чередование холмистых возвышенностей с пологоволнистой равниной и озерными низинами.

Важная роль при оценке потенциального геопарка отводится туристской инфраструктуре. В общем виде туристскую инфраструктуру можно охарактеризовать как совокупность вспомогательных отраслей и учреждений, организующих и обслуживающих индустрию туризма, туристскую деятельность в целом, включая транспортно-коммуникативные сети, системы гостеприимства и коммунального обслуживания, а также окружающую их социокультурную среду [3].

Туристская инфраструктура геопарка формируется из отдельных блоков: целевая, базовая, сопутствующая и поддерживающая.

*Целевую инфраструктуру* геопарка формируют:

- основные объекты туристского интереса, являющиеся целью поездки (геосайты);
- дополнительные объекты туристского интереса (событийные мероприятия, развлечения);
- закрепляющие объекты туристского интереса (специфические региональные услуги, передающие местный колорит, в том числе памятники археологии, истории, архитектуры, этнографии и т. д.).

Базовую инфраструктуру геопарка составляют:

- средства размещения туристов;
- организаторы туризма;
- туристский транспорт;
- организаторы питания туристов.

Сопутствующая инфраструктура состоит из предприятий, ориентированных на обслуживание местного населения, услугами которых могут пользоваться туристы (общественный транспорт, магазины, предприятия общепита, учреждения здравоохранения, банки и т. д.).

Поддерживающая инфраструктура состоит из предприятий, поддерживающих ее ежедневное функционирование (коммунальное обслуживание, дорожное хозяйство, ремонтные предприятия и т. п.) [4].

В границах потенциального геопарка выделено и описано 20 уникальных и ценных геологических, геоморфологических и гидрологических комплексов и объектов (отдельные формы рельефа, гряды, полуострова, обнажения, валуны и др.).

- 1) Береговой уступ «Степеневский», 2) Гряда «Кочергинская», 3) Гряда «Лукинская», 4) Гряда «Тюкшинская», 5) Обнажение «Студенец», 6) Полуостров «Дубовая гора», 7) Полуостров «Наносы», 8) Полуостров «Черевки», 9) Валун «Камень Брилевский», 10) Валун «Большой камень лещинский», 11) Валун «Большой камень кочергинский», 12) Валун

Седловой камень занарочанский, 13) Валун «Большой камень» проньковский, 14) Валун «Большой камень» красницкий, 15) Валун «Большой камень» высочкинский, 16) Валун «Большой камень» венцевичский, 17) Валун Ольшевский, 18) Родник Куельский, 19) Родник Купа, 20) Родник Млын

Все эти объекты относятся к *целевой* инфраструктуре геопарка.

Мядельщина — красивейший уголок белорусской земли, самобытный и неповторимый. Он славен своей богатой историей, замечательными трудолюбивыми людьми, культурными традициями. На сегодняшний день на территории района бережно сохраняются традиционный фольклор, обряды, праздники, обычаи, ремесла и промыслы.

Каждый год в Мядельском районе проводится ряд районных мероприятий, среди которых: театрализованный праздник «Масленица», собрание актива района по подведению итогов работы народного хозяйства «Хвала і гонар працавітым людзям», районная выставка-ярмарка народных промыслов и ремесел «Камарова. Кола дзён», районный конкурс многодетных семей, праздник озера «Краса моего края», праздник зажинок «Жніўная песня», районный этап сельскохозяйственного проекта «Властелин села», районный смотр-конкурс «НаШествие Дедов Морозов» и другие [5]. Наиболее массовыми и популярными являются фестивали: «Торжество в честь иконы Божьей Матери Будславской» или Будславский фест. Будславский фест, внесенный ЮНЕСКО в перечень нематериального культурного наследия человечества; фестиваль классической музыки «В Шеметово у Шостаковичей»; «Купальскі фэст» (июль); «Открытие курортного сезона» (июнь) и другие.

Предприятия различной формы собственности, частные лица и индивидуальные предприниматели оказывают следующие услуги [6]:

- прокат катера и парусно-моторной яхты на оз. Нарочь;
- прокат рыболовных лодок с мотором;
- прокат лодок, рыболовный гид;
- платное любительское рыболовство;
- прокат летнего туристского инвентаря (велосипедов, байдарок, сапбордов, яхты, велосипедов, каяков, катамаранов, квадроцикла), снаряжения (палатки, спальники, рюкзаки, коврики, котелки), спортивных и игровых снарядов (бадминтон, большой теннис, мячи,);
- прокат зимнего туристского инвентаря.

Для любителей рыбалки Национальный парк «Нарочанский» предлагает 33 водоема и более десяти водотоков с режимами платного и бесплатного любительского рыболовства; а также платные пруды рыбопитомника «Шеметово» [6]. На территории НП «Нарочанский» доступны следующие виды рыбалок:



- летняя индивидуальная рыбалка;
- зимняя индивидуальная рыбалка;
- летняя групповая рыбалка;
- зимняя групповая рыбалка;
- рыболовный тур на Шеметово;
- рыболовные соревнования и т.д.

Все эти мероприятия и развлечения относятся к дополнительным объектам туристского интереса.

К закрепляющим объектам туристского интереса относятся памятники археологии, архитектуры, этнографии, истории и т.д. На территории планируемого парка большое количество памятников археологии. Это курганы, могильники, поселения, городища, остатки укрепленного средневекового поселения — пограничной крепости Полоцкого княжества, обнаруженного на острове Замок озера Мядель (XI в.). Немало на территории края сохранившихся памятников архитектуры. Интересны постройки усадьбы (одной из старейших в Беларуси, известной с XV в.) в д. Шеметово — целая система действующих до настоящего времени прудов и костел с фамильной усыпальницей. В д. Комарово уцелел комплекс служебных, хозяйственных построек дворца в стиле модерн начала XX в. Сохранились и памятники садово-паркового искусства в бывшей усадьбе в д. Ольшево. Наиболее древние памятники архитектуры Мядельщины — католические храмы. Они возводились с начала XVII в. до начала XX в. и представляют различные стилистические направления — ренессанс, барокко, классицизм, а также неоготику и необарокко. Барокко — это Троицкий костел (1713 г.) в д. Засвирь, костел Матери Божьей (1754 г.) в г. Мядель, Андреевский костел (1776 г.) в г. п. Кривичи и ряд других. В стиле классицизма возведены костелы Девы Марии в д. Константиново (XIX в.) и в д. Шеметово (XIX в.).

Яркими представителями эклектики и неоготики являются Николаевский (г. п. Свирь) и Андреевский (д. Нарочь) костелы.

Православные церкви (деревянные и каменные) строились в относительно короткое время — на протяжении XIX–начала XX в. Каменные церкви — пример ретроспективного стиля, который господствовал в архитектуре в это время. Узнать их можно по отличительной особенности — использованию в их строительстве местного материала — бутового камня (Ильинская церковь в д. Нарочь, церковь Александра Невского в д. Слобода.)

Важную роль в познании истории края отводится музеям: музей народной славы в г. Мядель, музей сельского быта, музей хлеба, трофейный музей в этнокомплексе «Наносы».

*Средства размещения туристов* относятся к базовой инфраструктуре геопарка. Нарочанский край имеет развитую сеть объектов, предоставляющих услуги по временному размещению и проживанию туристов. Функционируют и крупные гостиничные комплексы, и санатории, и базы отдыха Национального парка «Нарочанский». Для любителей активного отдыха на территории НП «Нарочанский» есть возможность размещения и отдыха у костра среди живописной нарочанской природы на побережьях 12 озер, на которых оборудованы 14 туристических стоянок. Туристические стоянки (за исключением турстоянки «автокемпинг Нарочь») общедоступны: здесь можно остановиться в любое время при наличии свободных мест. В пределах района размещено большое количество агроусадеб.

*Основным организатором туризма* в геопарке является НП «Нарочанский». Для ориентации туристов и гостей в к. п. Нарочь работает туристско-информационный центр и эколого-просветительский центр. Это тематически оборудованное помещение с двумя постоянными и двумя сменными экспозициями, адаптированное для проведения мероприятий, экскурсий и встреч экопросветительской и природоохранной направленности [6].

В распоряжении НП «Нарочанский» имеется 3 туристических автобуса и 4 микроавтобуса для обслуживания туристов.

*Ресторан гостиничного комплекса «Нарочь»* ГПУ «Национальный парк «Нарочанский» — основной организатор питания туристов.

*К сопутствующей инфраструктуре* геопарка относятся 24 объекта общественного питания, отделения банков и банкоматы «Беларусбанк» и «Белагропромбанк».

Главным учреждением по оказанию медицинской помощи населению в Мядельском районе является УЗ «Мядельская центральная районная больница».

Для перевозки пассажиров в производственном участке в г. Мядель филиала «Автобусный парк №4 г. Молодечно» имеется 32 автобуса различной вместимости и комфортности, которые обслуживают 2 городских, 21 пригородный и 12 междугородных маршрутов [5].

*Поддерживающая инфраструктура* геопарка

*Связь: Мядельский районный узел электросвязи Минского филиала РУП «Белтелеком».*

*Обслуживание дорог: ДРСУ № 133 КУП «Минскоблдорстрой».*

*Коммунальные службы: Районное производственное унитарное предприятие «Мядельское ЖКХ»* [5].

Таким образом, анализируя туристский потенциал и туристскую инфраструктуру в границах НП «Нарочанский», можно сделать вывод, что

НП «Нарочанский» полностью подходит для создания на части его территории национального geopарка.

Создание geopарка на рассматриваемой территории позволит улучшить динамику региональной экономики за счет вовлечения в хозяйственную деятельность новых лиц и организаций, в первую очередь из числа местного населения. Структура управления для geopарка может быть имплементирована в существующую структуру управления национальным парком «Нарочанский», которая в настоящее время осуществляет природоохранную, лесохозяйственную, рыбохозяйственную, охотхозяйственную, сельскохозяйственную, туристическую и научную деятельность. Включение в туристические маршруты геологических объектов существенно расширит возможности туристических отделов, но, при этом, потребует специального обучения и подготовки специалистов.

В План управления национальным парком «Нарочанский» необходимо внести следующие мероприятия:

- мероприятия по охране выделенных объектов геологического наследия (ограничения, запреты, меры активной охраны), по сохранению геологического наследия региона в целом;

- мероприятия по вовлечению объектов геологического наследия в образовательные процессы (разработка внеклассных экскурсионных занятий, выполнение школьных научно-исследовательских работ, просветительские мероприятия для туристов и отдыхающих);

- мероприятия по развитию нематериального культурного наследия, связанного с объектами геологического наследия (сохранение местных традиций и обрядов, связанных с геологическими объектами);

- мероприятия по вовлечению объектов геологического наследия в туристическую деятельность, при условии их сохранения и минимизации антропогенного воздействия.

### **Библиографические ссылки**

1. Матвеев А. В., Гурский Б. Н., Левицкая Р. И. Рельеф Белоруссии. Мн., 1988. 320 с.
2. Белорусское Поозерье: история развития и современное состояние озер Северной Белоруссии / О. Ф. Якушко. Минск : Вышэйшая школа, 1971. 334 с.
3. Туризм, гостеприимство, сервис: Словарь-справочник / Г. А. Аванесова, Л. П. Воронкова, В. И. Маслов, А. И. Фролов. М.: Аспект-Пресс, 2002. 367 с.
4. Туристские услуги. Общие требования: ГОСТ Р 56642–2021; введ. РФ 30.06.2022. Москва: Росс. институт стандартизации, 2022 2 с. (Экологический туризм.).
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://myadel.gov.by/>. (дата доступа 02.02.2024).
6. Электронный ресурс. Режим доступа <https://narochpark.by/> (дата доступа 02.02.2024).

УДК 504.03

## ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ У ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОГРАФИИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

**Е. И. Галай**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [gaom@mail.ru](mailto:gaom@mail.ru)*

В статье анализируется содержание учебных программ и пособий по учебному предмету «География» в средней школе в Республике Беларусь. Выявлено усложнение экологических понятий при изучении предмета при переходе от 6 класса к 11 классу. Показана системность экологических знаний при изучении предмета «География. Глобальные проблемы человечества» в 11 классе.

**Ключевые слова:** экологическое образование; учебный предмет; экологические понятия.

## FORMATION OF ECOLOGICAL KNOWLEDGE FOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS BY STUDYING GEOGRAPHY

**A. I. Halai**

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4,  
220030, Minsk, Belarus, [gaom@mail.ru](mailto:gaom@mail.ru)*

The content of the curricula and manuals for the subject "Geography" in secondary schools of the Republic of Belarus is analyzed in the article. It has been established that environmental concepts have become more complex when studying the subject from the 6th to 11th grade. The consistency of environmental knowledge during studying the subject "Geography. Global problems of humanity" in the 11th grade is shown.

**Keywords:** environmental education; academic subject; environmental concepts.

Экологическое образование играет ведущую роль в осознании проблем окружающей среды. Современная эпоха характеризуется глобальным экологическим кризисом, который охватывает все природные компоненты и многие страны мира. Для преодоления кризиса требуется переориентация мировоззрения человека на осознание необходимости сохранения планеты и ее ресурсов. Поэтому экологическое образование предполагает направленность на формирование экологического сознания и экологической культуры человека.

Актуальность экологического образования и воспитания обусловлена низким уровнем экологической культуры, необходимостью постоянного сохранения и улучшения условий жизни человека, низким уровнем восприятия экологических проблем как лично значимых.

Проблема оптимизации взаимодействия между природой и человеком традиционно находилась в поле зрения географической науки. В школьном курсе географии в наибольшей степени у учащихся формируется представление о целостности природы, анализируется взаимовлияние природы и хозяйственной деятельности человека, причинно-следственные связи между ними.

Цель настоящей статьи — выявить систему экологических знаний при изучении учебного предмета «География» в Республике Беларусь в средней школе. Для достижения цели необходимо проанализировать учебные программы [1, 2] и пособия по школьной географии [3-7].

Цели и задачи географического и экологического образования тесно взаимосвязаны между собой и дополняют друг друга. В соответствии с учебной программой [1] цель обучения учебному предмету «География» на II ступени общего среднего образования — формирование у учащихся географической культуры и системы знаний о природных и социально-экономических процессах в мире, отдельных регионах, странах, Республике Беларусь. Большое внимание уделяется также формированию у обучающихся экологической культуры.

В 6 классе при изучении физической географии учащиеся знакомятся только с некоторыми экологическими понятиями. Например, в теме «Литосфера» рассматривается использование и охрана недр Земли, в теме «Атмосфера» — значение атмосферы, озоновый слой; в теме «Гидросфера» — значение гидросферы в жизни людей и ее охрана. В теме «Биосфера» раскрывается роль живых организмов в биосфере, значение почвы для людей, а также эрозия почв. Важным для восприятия учащимися целостности природы является изучение природного комплекса и его компонентов, а также осознание необходимости охраны природных комплексов Земли.

В 7 классе при изучении материков и океанов в теме «Океаны» раскрываются их минеральные и биологические ресурсы, а также использование и охрана. Кратко упоминается о нефтяном загрязнении океанов, его последствиях, о сокращении биологического разнообразия в отдельных океанах.

В 7 классе по типовому физико-географическому плану дается характеристика материков, а также рассматривается охрана природы и отдельные национальные парки. При изучении темы «Африка» раскрываются проблемы опустынивания на примере расширения зоны Сахеля и

обезлесения; при изучении темы «Южная Америка» — проблемы обезлесения; темы «Северная Америка» - проблема загрязнения атмосферного воздуха, выпадения кислотных дождей, расширения бедлендов, а также обезлесения в Центральной Америке. В теме «Евразия» рассматривается загрязнение воздуха, внутренних вод и почв, радиоактивное загрязнение территории, изучается обезлесение территории, опустынивание земель и засоление почв, а также обмеление Аральского моря.

В теме «Антарктида» изучается влияние материка на природу Земли, разрушение озонового слоя, Международная конвенция по охране озонового слоя. Для охраны природной среды материков созданы национальные парки: «Серенгети» и «Вирунга» в Африке; «Блу-Маунтис» и «Большой Барьерный риф» в Австралии; «Ману», «Лос-Гласьярес», «Галапагос» в Южной Америке; «Иеллоустонский», «Секвойя» и «Мамонтова пещера» в Северной Америке; «Репетекский» и «Сихотэ-Алинский» в Евразии. Упомянутые в учебном пособии охраняемые территории не исчерпывают их разнообразие в мире, но раскрывают различные объекты охраны природы. Однако при изучении материков в основном акцентируется внимание на отдельных вопросах, отражающих воздействие антропогенной деятельности на природные компоненты и охрану природы. Геоэкологические проблемы представлены в общем виде, поверхностно, спектр понятий ограничен.

В 8 классе отдельная тема посвящена природным ресурсам (их классификации, различным видам), а также их роли в жизни человека. К основным понятиям по этой теме относятся природные ресурсы, ресурсы: минеральные, земельные, водные, биологические, климатические. Обучающиеся должны уметь классифицировать природные ресурсы мира, характеризовать их на территории различных регионов; устанавливать причинно-следственные связи между размещением месторождений основных видов минеральных ресурсов, тектоническим строением и рельефом.

В теме «Сельское хозяйство» показывается взаимосвязь сельскохозяйственной деятельности с природными условиями и ресурсами. При характеристике стран в разделе «Региональный обзор мира» изучаются их природные условия и ресурсы. Для усвоения знаний по теме учащиеся выполняют практическую работу по составлению характеристики природных ресурсов Бразилии как фактора ее экономического развития.

В 9 классе в курсе «География Беларуси» в теме «Природные условия и ресурсы Беларуси» большое внимание уделяется различным видам ресурсов (минеральным, климатическим, водным, земельным, биологическим), а также их использованию и охране. В теме «Географические ландшафты. Геоэкологические проблемы» раскрываются антропогенные ландшафты, рекреационные ресурсы, а также изучаются основные

геоэкологические проблемы Республики (последствия аварии на ЧАЭС, проблемы Полесья, Солигорского горнопромышленного района, проблемы загрязнения отдельных компонентов), а также природоохранные территории. В теме «География хозяйства и внешнеэкономические связи Беларуси» показываются альтернативные источники электроэнергии и перспективы их использования, в теме «Области и город Минск» — природные ресурсы. В 10 классе при изучении темы «География международной миграции» рассматривается география политической, экономической, экологической, студенческой миграции.

Большое внимание уделяется в 11 классе глобальным геоэкологическим проблемам. Основные экологические понятия отражены в таблице.

**Основные экологические понятия по учебному предмету «География. Глобальные проблемы человечества» (базовый уровень) (составлена по [2])**

Тема	Основные понятия
Геоэкологические проблемы литосферы	биота, рекультивация.
Геоэкологические проблемы атмосферы	климатические ресурсы, парниковый эффект, изменение климата, экстремальные климатические явления.
Геоэкологические проблемы гидросферы	водный баланс, водное хозяйство, водообеспеченность.
Геоэкологические проблемы биосферы	деградация почв, обезлесение, опустынивание.
Проблема истощения минерально-сырьевых ресурсов мира	природно-ресурсный потенциал территории, ресурсный цикл, географическое ресурсоведение
Энергетическая проблема	энергетическая безопасность
Рациональное природопользование и устойчивое развитие человечества	природопользование, стратегия устойчивого развития

При изучении геоэкологических проблем географической оболочки сначала рассматриваются геоэкологические особенности отдельных сфер оболочки, а затем антропогенное воздействие на них и последствия. В теме «Рациональное природопользование и устойчивое развитие человечества» раскрывается природопользование и его типы, геоэкологические принципы, правила, закономерности, законы, устойчивое развитие человечества, цели в области устойчивого развития человечества. Для формирования умений и навыков у обучающихся используются практические работы, количество и содержание которых изменяется при изучении предмета «География» в средней школе. Если в 6-8 классах выполняется по одной работе экологического содержания, то в 11 классе — две.

Таким образом, на уроках физической географии учащимся сообщаются экологические знания о различных геосферах, их загрязнении и

охране, на уроках социально-экономической географии анализируются природные ресурсы различных территорий, их использование в хозяйственной деятельности человека. Однако целостное представление и понимание взаимодействия человека, общества и природы в планетарном масштабе дает изучение географии в 11 классе средней школы. Совершенство экологических знаний в географическом образовании даст возможность сформировать у учащихся систему представлений об окружающей среде как целостной системе, обеспечивающей жизнедеятельность человека как биологического вида, сформировать сознательное, ответственное отношение к природе как к уникальному, неповторимому и ценному объекту, а также стратегию и технологию рационального природопользования.

### Библиографические ссылки

1. Учебная программа по учебному предмету «География» для VI–IX классов учреждений образования, реализующих образовательные программы общего среднего образования с русским языком обучения и воспитания. [Электронный ресурс] <https://adu.by/images/2023/11/UP-Geografiya-2023.pdf> (дата обращения 05.02.2024)

2. Учебная программа по учебному предмету «География» для X–XI классов учреждений образования, реализующих образовательные программы общего среднего образования с русским языком обучения и воспитания (базовый уровень) [Электронный ресурс] <https://adu.by/images/2023/11/UP-Geografiya-10-11-2023.pdf> (дата обращения 05.02.2024)

3. География. Физическая география: учебн. пособие для 6-го кл. учреждений общ. сред. образования / Е. Г. Кольмакова, В. В. Пикулик; под ред. Е. Г. Кольмаковой. Минск: Народная асвета, 2022.

4. *Кольмакова, Е. Г.* География. Материки и океаны: учебное пособие для 7 класса учреждений общего среднего образования с русским языком обучения / Е. Г. Кольмакова, П. С. Лопух, О. В. Сарычева. Минск: Адукацыя і выхаванне, 2023

5. География Беларуси: учеб. пособие. для 9-го кл. учреждений общ. сред. образования / М. Н. Брилевский, А. В. Климович. Минск: Адукацыя і выхаванне, 2019.

6. География. Социально-экономическая география мира: учеб. пособие. для 10-го кл. учреждений общ. сред. образования (с электронным приложением для повышенного уровня) / Е. А. Антипова, О. Н. Гузова. Минск: Адукацыя і выхаванне, 2019.

7. География. Глобальные проблемы человечества: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения (с электронным приложением для повышенного уровня) / А. Н. Витченко [и др.]. Минск: Адукацыя і выхаванне, 2021.



УДК 502.31:911.375.4(476.5)

## МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

**П. А. Галкин**

*Витебский государственный медицинский университет, пр. Фрунзе, д. 27,  
210009, г. Витебск, Беларусь, [galkin-pasha@yandex.by](mailto:galkin-pasha@yandex.by)*

Рассмотрены структура и содержание оценки геоэкологических условий урбанизированной территории, позволяющей учитывать тематические, пространственные и динамические геоэкологические критерии. Представлена методика построения карты геоэкологических условий города, основанная на результатах исследований геоэкологической обстановки и комфортности среды проживания населения, а также геоэкологического потенциала геосистем.

**Ключевые слова:** городская среда; техногенные воздействия; природно-техническая система; геоэкологическая обстановка; комфортность; геоэкологический потенциал; геоэкологические условия.

## METHODOLOGICAL ASPECTS OF ASSESSMENT AND MAPPING OF GEOECOLOGICAL CONDITIONS OF AN URBANIZED TERRITORY

**P. A. Galkin**

*Vitebsk State Medical University, Frunze Ave., 27,  
210009, Vitebsk, Belarus, [galkin-pasha@yandex.by](mailto:galkin-pasha@yandex.by)*

The article discusses the structure and content of assessing the geoeological conditions of an urbanized area, which allows taking into account thematic, spatial and dynamic geoeological criteria. A methodology for constructing a map of the geoeological conditions of the city is presented, based on the results of studies of the geoeological situation and the comfort of the population's living environment, as well as the geoeological potential of geosystems.

**Keywords:** urban environment; technogenic impacts; natural-technical system; geoeological situation; comfort; geoeological potential; geoeological conditions.

Городская среда (ГС) с точки зрения условий проживания населения достаточно адаптирована для удовлетворения человеческих потребностей. Эти адаптации имеют свои следствия, которые проявляются в нарушении природной обстановки и трансформации всех компонентов окружающей среды, нередко негативно отражаясь на условиях проживания населения.

Следовательно, весьма важно своевременно определять степень благоприятности среды, измененной деятельностью человека, или выполнять ее геоэкологическую оценку, предполагающую анализ качества компонентов среды и тех изменений, которые произошли под воздействием техногенных факторов. Она позволяет определить степень остроты геоэкологических ситуаций и масштабов их распространения.

При этом, анализируя преследуемые цель и задачи исследований, целесообразно полагать, что они по своей сути должны быть направлены на оценку *геоэкологических условий городской среды* [1]. Вариантов методик таких оценок достаточно много. Многие из них базируются на интегральной геоэкологической оценке территории, в основную задачу которой входит анализ состояния ГС и прогноз возможных изменений в ней, провоцируемых антропогенной деятельностью. Безусловно, получить строгое решение этой задачи, которое учитывало бы весь комплекс взаимосвязей между природными и техногенными процессами на исследуемой территории, весьма сложно — слишком широк спектр входящих в него показателей, и далеко не всегда известны их функциональные связи. Сократить их множество позволяет переход от реальной ситуации на исследуемой территории к ее *геоэкологической модели — ограниченному набору факторов, определяющих свойства окружающей среды и воздействия на нее и представляющих собой совокупность пространственных характеристик исследуемой территории*. В этом случае решение данной задачи может быть сведено к оценке интегральной картины проявления этих факторов с помощью геоэкологического районирования территории. Несмотря на то, что в настоящее время довольно хорошо проработана методология районирования, созданы комплекты различных геоэкологических карт, опирающиеся на разные оценочные критерии, принят ряд нормативных документов, содержащих методические рекомендации по проведению геоэкологического картирования и регламентирующие состав основных анализируемых показателей, до сих пор остаются определенные проблемы в технологии реализации указанной задачи.

Чисто информационный подход к геоэкологической модели как к набору карт на исследуемую территорию, получивший широкое применение, не позволяет полностью учесть авторские модельные представления об анализируемой ситуации; недостаточно количественного описания исследуемых факторов обработки; используемые в качестве программно-аналитического обеспечения геоинформационные системы, несмотря на широкий круг функциональных возможностей, требуют дополнительной адаптации к особенностям геоэкологических задач.

Актуальность имеющихся проблем в решении геоэкологических задач, большой объем информации и высокий уровень современных ГИС-технологий, вызывают необходимость создания единого методического подхода к формированию комплексной модели геоэкологического

состояния территории и разработки новых технологических средств, обеспечивающих ее автоматизированное построение и компьютерный анализ входящих в нее факторов на основе алгоритмов многокритериального районирования [1, 2]. Соответственно *целью* исследований явилась разработка методики создания карты геоэкологических условий урбанизированной территории, основанная на оценке геоэкологической обстановки в городе, комфортности среды проживания населения и геоэкологического потенциала геосистем.

На основании применения геоэкологического подхода, базирующегося на рассмотрении города как природно-технической системы (ПТС), в пределах которой изучаются все ее структурные элементы и взаимосвязи между ними, нами разработан алгоритм оценки и картографирования геоэкологических условий урбанизированной территории. Он предусматривает выполнение трех блоков работ.

1) выделение операционных единиц анализа и разработка критериев оценки состояния ПТС локального уровня;

2) оценки техногенных воздействий и состояния природных компонентов городской среды с созданием цифровых картографических моделей, отображающих природные и функционально-территориальные особенности городской среды, характер техногенных воздействий и состояние компонентов в пределах локальных ПТС города;

3) комплексной оценки геоэкологического состояния городской среды, предполагающей разработку картографических моделей геоэкологической обстановки в городе, комфортности среды проживания населения, геоэкологического потенциала территории и, как главный результат исследований, карты геоэкологических условий.

Если для построения карт во втором блоке работ, как правило, используются сложившиеся неоднократно апробированные методики, то для создания геоэкологических картографических моделей нами предложен оригинальный авторский подход, базирующийся на геосистемном принципе, моделировании и количественных оценках. Картографическая модель *геоэкологической обстановки* строится на основе сопоставления результатов базовых оценок состояния природных компонентов ГС по каждой выделенной локальной ПТС с привлечением комплексного показателя геоэкологической ситуации:

$$П_{гс} = 1/K_1 + 1/K_2 + 1/K_3 + 1/K_4 + 1/K_5 + 1/K_6 + 1/K_7,$$

где  $П_{гс}$  – комплексный показатель геоэкологической ситуации;  $K$  – численное значение критерия состояния одного из компонентов ПТС равное 1 – норма (Н), 2 – риск (Р), 3 – кризис (К), 4 – бедствие (Б). *Индексы*: 1 – уровень звука, 2 – тепловые аномалии; природных компонентов по показателям

химического загрязнения: 3 – атмосферного воздуха, 4 – почвенного покрова, 5 – подземных вод, 6 – древесных насаждений; 7 – пораженность территории ЭГП.

Данный комплексный показатель представляет собой математическую модель, основанную на нечеткой логике. К созданию таких моделей прибегают тогда, когда математическое описание предмета исследования слишком сложное или неизвестно [1]. Качество выходных показателей этих моделей зависит лишь от эксперта, который создает модель. Легенда карты геоэкологической обстановки представляется в виде матрицы. Ее заполнение по всем локальным ПТС итоговыми оценками геоэкологической ситуации, позволяет установить определенные закономерности ее территориальной дифференциации.

Пространственные различия геоэкологической обстановки урбанизированной территории актуализируют вопрос о геоэкологической комфортности среды проживания (или пребывания) населения — оптимальном состоянии окружающей его среды, обеспечивающем здоровье и работоспособность. Использование категории нечеткости позволяет оценить качество среды проживания населения города. Для проведения данной оценки предлагается использовать функцию желательности Харрингтона–Менчера, адаптированную нами для системы показателей, комплексно характеризующих геоэкологическую обстановку территории. Эта функция позволяет моделировать поведение отдельных подсистем внутри системы, учитывать связи и воздействия при оценке качества объекта. Основой ее построения является преобразование натуральных значений частных параметров разной физической сущности и размерности в единую безразмерную шкалу желательности. Комплексный показатель качества ГС на основе обобщенной функции желательности рассчитывается как среднее геометрическое частных показателей, отражающих состояние различных факторов, влияющих на качество ГС, по формуле [1]:

$$КП_{к\text{с}} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i},$$

где  $d_i$  ( $i=1-7$ ) – частный показатель качества состояния компонента среды или фактора ПТС (их *индексы* см. в предыдущей формуле);  $n$  – число используемых показателей. Надо заметить, что для частных показателей вполне можно применить одну из категорий нечеткости – нечеткость непосредственных данных, когда любой из этих показателей будет равен  $1/K_i$ , где  $K$  – численное значение критерия состояния одного из компонентов ПТС.

Геоэкологические условия любой геосистемы будут зависеть не только от изменений состояния и свойств ее компонентов, но и от

способности сохранять свою структуру и свойства в пространстве и во времени при изменяющихся условиях, т.е. устойчивости, которая в совокупности со степенью нарушенности геосистемы позволяет оценить *геоэкологический потенциал урбанизированной территории* — запас потенциальной устойчивости геосистемы в условиях конкретных техногенных нагрузок. Его использование при оценке геоэкологических условий территории города требует количественного подхода.

Для решения этой задачи следует выполнить количественную оценку параметров устойчивости и степени нарушенности геосистемы. Соотношение этих двух параметров позволяет ввести *коэффициент состояния геосистемы* ( $K_{сг}$ ) [1]:  $K_{сг} = V/H$ , где  $V$  — потенциальная устойчивость геосистемы к техногенному воздействию;  $H$  — степень нарушенности геосистемы. При  $K_{сг} = 1$  геосистема будет находиться в состоянии равновесия. Если данное состояние геосистемы принять за базовое, то можно определить *коэффициент геоэкологического потенциала* ( $K_{гп}$ ), представляющий собой разность коэффициента состояния анализируемой геосистемы и геосистемы с  $K_{сг} = 1$ :  $K_{гп} = K_{сг} - 1$ , где  $K_{гп}$  — коэффициент геоэкологического потенциала;  $K_{сг}$  — коэффициент состояния геосистемы. Такая операция позволяет провести группировку геосистем по признаку комплекса деструктивных процессов, протекающих в них, которые способны определять геоэкологические ограничения в пределах геосистемы:  $-0,5 \ll K_{гп} < 0$ ;  $K_{гп} = 0$ ;  $0 < K_{гп} \leq 1,0$ . Очевидно, что отрицательное значение  $K_{гп}$  указывает на развитие деструктивных процессов в геосистеме, положительные же значения  $K_{гп}$  свидетельствуют об отсутствии или весьма слабых проявлениях этих процессов, не нарушающих потенциал устойчивости геосистемы.

На заключительном этапе на основе совмещения картографических изображений, содержащих информацию о геоэкологической обстановке, комфортности среды и геоэкологическом потенциале локальных ПТС, проводится оценка геоэкологических условий территории города с выделением соответствующих им классов: *неблагоприятные, относительно неблагоприятные, относительно благоприятные, благоприятные и весьма благоприятные*, и существующих *геоэкологических ограничений* — группы природно-техногенных факторов, выводящих ПТС из устойчивого состояния вследствие изменений свойств их литогенной основы, геофизических параметров среды, химического состава депонирующих компонентов и т. д., а также *потенциального риска* влияния на здоровье населения факторов среды обитания. Создается итоговая карта геоэкологических условий города.

## Библиографические ссылки

1. *Галкин, П. А.* Оценка и картографирование геоэкологических условий на территории крупного города (на примере Витебска) // Природопользование. 2023. № 1. С. 93–112.

2. *Любимова, А. В.* Компьютерная технология комплексной оценки геоэкологического состояния территории // Геоинформатика. 2003. № 2. С. 44–47.

УДК: 556.535.8.

## ОЦЕНКА БИОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В РЕЗУЛЬТАТЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ СЕЛЕНГИ

**Е. Ж. Гармаев, И. Д. Ульзетуева, Г. С. Ширапова**

*Байкальский институт природопользования СО РАН, ул. Сахьяновой, 6,  
г. Улан-Удэ, Россия, [idualz@mail.ru](mailto:idualz@mail.ru)*

По данным проведенных исследований на основе оценки площадей сельхозугодий, находящихся на водосборной территории бассейна р. Селенги, получена суммарная нагрузка по азоту и фосфору, поступающих с диффузным (плоскостным) стоком в водные объекты. Выявлено, что основными источниками поступления азота и фосфора с диффузным стоком являются посевы однолетних трав.

**Ключевые слова:** биогенные вещества; диффузные стоки; водосборный бассейн р. Селенга; сельскохозяйственные угодья.

## ASSESSMENT OF NUTRIENT LOAD FROM AGRICULTURAL ACTIVITIES IN THE RUSSIAN PART OF THE SELENGA RIVER BASIN

**E.Zh. Garmaev, I.D. Ulzetueva, G.S. Shirapova**

*Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Sakhyanovoy str. 6,  
Ulan-Ude, Russia, [idualz@mail.ru](mailto:idualz@mail.ru)*

Studies based on the assessment of agricultural land areas located in the catchment area of the Selenga River basin. The total load of nitrogen and phosphorus, which are transported with diffuse (planar) flow into water bodies, was obtained. It is revealed that the main sources of nitrogen and phosphorus input with diffuse flow are crops of annual grasses.

**Keywords:** nutrients; diffuse pollution; Selenga River basin; agricultural lands.

Река Селенга, являющаяся основным притоком озера Байкал, относится к трансграничным водным объектам, поскольку водосборная площадь ее расположена на территории двух государств — Российской Федерации (РФ) и Монголии. Бассейн реки занимает 80 % всего водосбора озера, сток составляет почти 50 % общего притока в озеро. Образование происходит посредством слияния рек Идэр и Мурэн на территории Монголии, где далее река Селенга протекает в восточном и северо-восточном направлении, а в пределах России меняет направление на северное, затем в самом низовье — на западное. Длина реки 1024 км, а с учетом р. Идэр —

1480 км, в пределах РФ — 409 км. Площадь бассейна 447 060 км<sup>2</sup>, в том числе на территории РФ — 166 060 км<sup>2</sup> (37%), на территории Монголии — 281 000 км<sup>2</sup> (63 %) [1].

Водные объекты бассейна реки Селенги играют важную роль в обеспечении водой для бытовых нужд населения, различных отраслей экономики, сельского хозяйства и промышленности. Большое влияние на качество поверхностных вод оказывают антропогенные источники загрязнения, связанные с хозяйственной деятельностью на водосборной территории. Одной из активно развивающихся отраслей экономики в последние годы является сельскохозяйственное производство, расположенное на больших площадях водосборного бассейна р. Селенги. Влияние сельскохозяйственной деятельности связано с активным освоением территорий в водоохраных зонах и их прибрежных защитных полосах, видовым изменением растительности в результате перехода целинных земель под пашню, привнесом удобрений, в результате чего происходит ухудшение качества поверхностных и подземных вод посредством диффузного загрязнения [2].

Большое негативное влияние на качество воды водных объектов оказывает диффузный (рассредоточенный) сток с водосборных территорий. В результате ливневых дождей формируются диффузные стоки с большим количеством загрязняющих веществ. Основными факторами, влияющими на поступление загрязняющих веществ с диффузными стоками с сельскохозяйственных территорий, являются климатические, почвенные, гидрологические, гидрогеологические, агрохимические, агротехнические, биологические и гидромелиоративные [3].

Состав и свойства загрязняющих веществ, зависят от различных факторов, таких как их подвижность, миграция, растворимость, круговорот. К характерным загрязнителям, образующимся в результате вымывания из почв во время таяния снега, выпадения дождей, орошения полей, относятся биогенные элементы, такие как азот и фосфор, которые участвуют в различных гео- и биохимических циклах и определяют трофический статус водных экосистем.

В данной работе объектом исследования выступил водосборный бассейн р. Селенга в пределах Российской Федерации. Для оценки объемов поступления биогенных элементов — азота и фосфора, формирующихся в результате сельскохозяйственной деятельности (растениеводства) на территории водосбора и их возможного поступления в водные объекты использованы официальные статистические материалы данных муниципальных образований Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Бурятия [4]. Количественная



оценка возможного выноса азота и фосфора с сельскохозяйственных угодий была рассчитана по методике, использованной в работах [5,6].

В пределах рассматриваемой территории водосборного бассейна р. Селенга сельскохозяйственные угодья расположены в 13 административных районах Республики Бурятия. Общая площадь посевных площадей, засеянных сельскохозяйственными культурами, включающими зерновые (пшеница, ячмень, овес), картофель, однолетние травы, овощи открытого грунта, составляет более 88 тыс. га.

Из полученных результатов следует, что наибольшее количество азота и фосфора поступает в природные воды с площадей, засеянных однолетними травами, доля которых составляет 91 % и 74 %, соответственно. Из общего количества поступления азота в водные объекты, на долю пшеницы приходится 5,6 %, овса – 1,3 %, ячменя – 0,8 %, картофеля – 0,9 %. Биогенная нагрузка по фосфору составила 12,7 % на пшеницу, 4,1 % – овес, 1,8 % – ячмень, 5,1 % – картофель.

Таким образом, основной вклад в биогенную нагрузку на водосборный бассейн р. Селенги в составе диффузных стоков вносят сельскохозяйственные угодья, засеянные однолетними травами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» (Договор № 08\_2023 И).

### **Библиографические ссылки**

1. *Гармаев Е. Ж., Христофоров А. В.* Водные ресурсы рек бассейна озера Байкал: основы их использования и охраны. Новосибирск: ГЕО. 2010. 227 с.
2. *Данилов-Данильян В. И., Веницианов Е. В., Беляев С. Д.* Некоторые проблемы снижения загрязнения водных объектов от диффузных источников // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 493–502.
3. *Раткович Л. Д., Маркин В. Н., Глазунова И. В., Соколова С. А.* Факторы влияния диффузного загрязнения на водные объекты // Строительство и архитектура. 2016. №3. С. 64-75.
4. Посевные площади и валовые сборы сельскохозяйственных культур за 2022 год. Статистический бюллетень /Бурятстат. Улан-Удэ. 2023. 27 с.
5. *Цыбекмитова Г. Ц., Фалейчик Л. М., Михеев И. Е.* Антропогенная нагрузка на водосборный бассейн Ивано-Арахлейских озер (Восточное Забайкалье) // Вода: химия и экология. 2013. №2. С.3-11.
6. *Власов Б. П., Витченко А. Н, Гагина Н. В., Грищенкова Н. Д.* Геоэкологическая оценка природно-ресурсного потенциала антропогенно нарушенных озерных бассейнов: метод. рекомендации. Минск: БГУ. 2015. 44 с.

УДК 504.05(052)(054)(056)

**О РЕЗУЛЬТАТАХ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПЛАНИРУЕМЫХ ПРОЕКТНЫХ  
РЕШЕНИЙ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНА  
ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ «СЕВЕРНЫЙ»**

**Л. Н. Гертман<sup>1)</sup>, С. И. Кузьмин<sup>2)</sup>, А. Л. Демидов<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030,  
г. Минск, Беларусь, [lubov.hertman@yandex.ru](mailto:lubov.hertman@yandex.ru);*

<sup>2)</sup>*Humboldt University, Berlin, Unter den Linden 6, 10099 Berlin, Germany,  
[savelij.kuzmin@geo.hu-berlin.de](mailto:savelij.kuzmin@geo.hu-berlin.de);*

<sup>3)</sup>*УП «УНИТЕХПРОМ БГУ», ул. Академика Курчатова, 1, 220045,  
г. Минск, Беларусь, [ecouniteh@gmail.com](mailto:ecouniteh@gmail.com)*

Представлены результаты оценки современного состояния компонентов природной среды в районе размещения полигона твердых коммунальных отходов «Северный» (Минский район, Беларусь), выполнены оценка возможного воздействия на окружающую среду (ОВОС), прогноз изменения состояния окружающей среды в результате реализации запланированных предпроектной (предынвестиционной) документацией решений по рекультивации полигона хранения твердых коммунальных отходов (ТКО) и связанные с ними социально-экономические последствия. По результатам выполненного исследования сделан вывод о возможности реализации запланированных проектных решений при условии обязательного соблюдения мероприятий по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

**Ключевые слова:** оценка; окружающая среда; воздействие; экологическое состояние; твердые коммунальные отходы; проектная документация; технологические решения; природоохранные мероприятия.

**ON THE RESULTS OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT  
ASSESSMENT OF THE PLANNED DESIGN SOLUTIONS FOR  
RECLAMATION OF THE MUNICIPAL WASTE  
LANDFILL «SEVERNY»**

**L. N. Hertman<sup>1)</sup>, S. I. Kuzmin<sup>2)</sup>, A. L. Dziamidau<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4, 220030, Minsk, Belarus,  
[lubov.hertman@yandex.ru](mailto:lubov.hertman@yandex.ru)*

<sup>2)</sup>*Humboldt-University, Berlin, Unter den Linden 6,  
10099 Berlin, Germany, [savelij.kuzmin@geo.hu-berlin.de](mailto:savelij.kuzmin@geo.hu-berlin.de)*

<sup>3)</sup>*Unitary Enterprise "UNITEKHPROM BSU", Akademika Kurchatova str. 1,  
220045, Minsk, Belarus, [ecouniteh@gmail.com](mailto:ecouniteh@gmail.com)*

The article presents the results of the assessment of the current state of environmental components in the area of solid municipal waste landfill "Severny" (Minsk district, Belarus),

the assessment of possible environmental impact (EIA), the forecast of changes in the environment in the future as a result of the implementation of planned pre-project (pre-investment) documentation solutions for the reclamation of solid municipal waste landfill and related socio-economic consequences. Based on the results of the study, it was concluded that it is possible to implement the planned project solutions, subject to mandatory compliance with environmental protection measures and rational use of natural resources.

**Keywords:** assessment; environment; impact; ecological state; solid municipal waste; project documentation; technological solutions; environmental protection measures.

Объекты размещения (захоронения) твердых коммунальных отходов представляют высокую опасность для окружающей среды и здоровья населения. Это проявляется, в первую очередь, через выделение от разлагающихся отходов различных газов (углекислого газа, сероводорода, аммиака, метана и др.), загрязняющих атмосферный воздух и усиливающих парниковый эффект, а также через воздействие на грунтовые и поверхностные воды, образующегося в теле захоронения ТКО токсичного фильтрата [1-3]. Негативное воздействие полигонов хранения ТКО может проявляться через перенос инфекционных болезней насекомыми, грызунами либо птицами, обитающими в районах размещения полигонов. Несмотря на ряд предпринимаемых в нашей стране мер, направленных на переработку и дальнейшее использование отходов потребления, достичь их безопасного обращения в ближайшем будущем не удастся. При этом, открытым остается вопрос дальнейшего эффективного управления территориями, на которых размещены полигоны ТКО, запроектированная мощность которых фактически полностью исчерпана.

По данным Национальной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 г. более 90 процентов эксплуатируемых в Беларуси полигонов были построены еще до приобретения Республикой Беларусь независимости. В Национальной стратегии указывается на то, что для страны необходима разработка долгосрочной программы по закрытию и рекультивации выводимых из эксплуатации полигонов ТКО в соответствии с современными требованиями природоохранного законодательства [4]. Поэтому разработка проектов по рекультивации выводимых из эксплуатации полигонов ТКО и оценка возможного изменения состояния окружающей среды, а также связанных с реализацией запланированных проектных решений социально-экономических последствий представляются важной научной и практико-ориентированной задачей.

В период с 2018 по 2023 гг. сотрудниками лаборатории экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики БГУ были выполнены исследования в рамках проведения обязательной процедуры оценки

воздействия на окружающую среду (ОВОС) планируемой хозяйственной деятельности по рекультивации полигона хранения твердых коммунальных отходов «Северный», расположенного в Минском районе Минской области (исследования проводились в 2018 и 2023 гг. [5, 6]). В данной статье представлены результаты отчета об ОВОС проекта (предынвестиционной документации), разработанного УП «Белкоммунпроект» на основании решения Минского городского Совета депутатов от 22.12.2021 № 445 (в редакции от 24.02.2022 № 458).

В основу проведения оценки воздействия на окружающую среду и оценки социально-экономических последствий реализации проекта по рекультивации полигона ТКО «Северный», а также в целом определения возможности реализации данной планируемой деятельности были положены требования национального законодательства в области ОВОС (требованиях Закона Республики Беларусь от 18.07.2016 № 399-З «О государственной экологической экспертизе, стратегической экологической оценке и оценке воздействия на окружающую среду» (в редакции от 17.07.2023 № 296-З) и ряда подзаконных актов, устанавливающих порядок проведения ОВОС, требования к составу отчета об ОВОС, требования к специалистам, осуществляющим проведение ОВОС, порядок проведения общественных обсуждений.

По данным анализа проектной документации установлено, что захоронение отходов на полигоне «Северный» прекращено в 2017 г. Всего на полигоне размещено 26 064 186,24 т отходов. В настоящее время полигон находится в процессе стабилизации (стадия закрытия и вывода из эксплуатации). На полигоне ТКО «Северный» с целью снижения выбросов парниковых газов в атмосферный воздух создана и в течение 10 лет функционирует система сбора биогаза (свалочного газа) (ежегодно собирается около 15 500 т свалочного газа).

Сбор и перекачка фильтрата на полигоне ТКО «Северный» организованы по принципу аккумуляции сточных вод (фильтрата) в обводных канавах. По мере необходимости производится откачка фильтрата двумя насосами на тело полигона.

Мероприятия по рекультивации полигона ТКО «Северный» предусматривают проведение технического и биологического этапов, которые направлены на восстановление территории, занятой под полигон с целью дальнейшего ее рационального использования. При рекультивации на первый план выходит задача технической нейтрализации опасных химических и биологических процессов, которые проходят в теле полигона (образование фильтрата и биогаза).

Технический этап направлен на обеспечение природоохранных функций — защиты грунта, минимизации образования фильтрата и,

соответственно, попадания его в грунтовые воды, сбора и отвода дождевых и талых вод, а также защиты атмосферы от выделяющегося биогаза.

Главной задачей по нейтрализации негативных процессов в теле полигона и на прилегающей к нему территории является предотвращение образования фильтрата, который образуется в результате увлажнения отходов поступающими в тело полигона атмосферными осадками или грунтовыми водами.

Для снижения негативного воздействия на окружающую среду образующегося в теле полигона фильтрата планируется устройство очистных сооружений фильтрата. После очистки очищенные сточные воды будут сбрасываться в р. Цна через закрытую систему сбора и удаления фильтрата.

Биологический этап, включающий комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направлен на восстановление нарушенных земель и вовлечение их в хозяйственный оборот.

Проектом рассматривается три варианта рекультивации, которые приведены в таблице.

**Варианты рекультивации полигона «Северный»**

Наименование показателей	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Сооружение очистных сооружений фильтрата Q = 200м <sup>3</sup> /сут	да	да	да
Ввод в эксплуатацию очистных сооружений фильтрата	на первом этапе реализации проекта	на первом этапе реализации проекта	на первом этапе реализации проекта
Срок эксплуатации очистных сооружений	постоянно – на длительный период	≈ 5 лет после рекультивации полигона с устройством поверхностного защитного экрана	≈ 5 лет после рекультивации полигона с устройством поверхностного защитного экрана
Поверхностный защитный экран с применением геомембраны	нет	да	да
Объем минерального грунта для выколаживания откосов на первом этапе, м <sup>3</sup>	50 000	50 000	50 000

*Окончание таблицы*

Объем земляных работ по выколаживанию откосов до заложения 1:3, м <sup>3</sup>	нет	привозной минеральный грунт (или техногрунт) 3 900 000	переформирование существующих откосов из уложенных ТКО 2 200 000
Подвозка недостающего грунта, м <sup>3</sup>	50 000	3 950 000	50 000
Площадь доп. отвода территории (от границы суц. откоса), га	нет	15	8

Результаты комплексной оценки существующего состояния окружающей среды представлены в отчете [6] и указывают на отсутствие лимитирующих абиотических и биотических факторов для реализации запланированной деятельности, равно как и других причин, не позволяющих реализовать планируемую деятельность (к примеру, на рассматриваемом участке отсутствуют виды растений и животных, отнесенных в Красную книгу Республики Беларусь; участок планируемой деятельности расположен вне границ ООПТ и их охранных зон; территория планируемой деятельности и смежные с ней территории расположены вне курортных зон и зон отдыха; на территории реконструкции объекта добыча полезных ископаемых не ведется; участок планируемой деятельности находится за пределами водоохраных зон водных объектов и расположен вне зон санитарной охраны месторождений минеральных вод и лечебных сапропелей, зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения централизованных систем питьевого водоснабжения; на участке планируемой деятельности отсутствуют материальные объекты, включенные в Государственный перечень историко-культурных ценностей Республики Беларусь и др.)

В то же время, поскольку одним из основных факторов риска от объекта хранения отходов является образующийся в теле полигона свалочный газ и образование фильтрата, то представляется целесообразным представить краткий материал по прогнозу и оценке изменения состояния атмосферного воздуха и влияния фильтрата на подземные и поверхностные воды в результате реализации проектной деятельности. Расчеты рассеивания загрязняющих веществ указывают на то, что при любом из предлагаемых вариантов (этапов) рекультивации ТКО «Северный» установленные законодательством предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ на границе СЗЗ полигона и границы жилой застройки (д. Приморье, пер. Северный 8; СТ «Текстильщик-1» 35; СТ «Верас Зелёный» 12; д. Дубовляны, 2А) не будут превышены. Воздействие на атмосферный воздух возможно будет сказываться только в период проведения работ по

ремонт и укреплению откосов и обводного канала, строительству очистных сооружений и сетей. Такое воздействие будет носить временный характер и не приведет к значимым изменениям химического состава атмосферного воздуха и локальных климатических условий. Объемы выбросов загрязняющих веществ на стадии строительства при одновременном выполнении определенных работ являются маломощными и будут носить временный характер. Соответственно, все 3 варианта рекультивации относительно воздействия на атмосферный воздух допустимы.

В то же время, принимая во внимание тот факт, что если в период реализации I очереди строительства вариантов 2 и 3 выбросы в атмосферу аналогичны варианту 1, то при реализации II очереди 2 и 3 вариантов, очевидно, что выбросы в атмосферу при варианте 2 увеличатся по сравнению с вариантом 3. Это видно из того, что при реализации варианта 2 II очереди строительства предусмотрено уположивание откосов до заложения 1:3 привозным минеральным грунтом (или техногрунтом) в объеме 3 950 000 м<sup>3</sup>. При проведении работ по добыче такого грунта и перевозке следует учесть выбросы от передвижных источников. В настоящее время такие расчеты провести невозможно, так как не принято решение из каких источников будет осуществляться поставка минерального грунта и где они будут расположены.

При реализации варианта 3 при реформировании существующих откосов из уложенных ТКО выбросы в атмосферу от передвижных источников будут только в районе проведения работ на полигоне и по укладке сетей. Негативное влияние на атмосферный воздух при реализации II очереди варианта 3 будет значительно меньше, чем при варианте 2. Поэтому реализация варианта 3 представляется более предпочтительной в сравнении с вариантом 2.

Для минимизации загрязнения атмосферного воздуха в процессе строительства предлагается предусмотреть специальные мероприятия. На период производства работ заезд транспорта на территорию строительства, не связанного с выполнением строительных работ, должен быть запрещен. Также запрещается сжигание мусора, отходов, строительных материалов, тары и проч. на территории стройплощадки.

Таким образом, с точки зрения воздействия на атмосферный воздух оптимальным является вариант 1. При рассмотрении реализации вариантов 2 и 3, предпочтительным по воздействию на атмосферный воздух является вариант 3.

Выполненный прогноз, и оценка изменения состояния поверхностных и подземных вод в результате реализации хозяйственной деятельности указывает на то, что в результате устройства поверхностного

гидроизоляционного экрана с применением геосинтетических материалов существенно снизится количество фильтрата.

Поскольку фильтрат, генерируемый в теле полигона в больших объёмах в процессе естественного разложения отходов, является основным источником загрязнения поверхностных и подземных вод, то мероприятия по недопущению негативных процессов первостепенной важности представляют собой регулярный сбор и очистку фильтрата из обводного канала с целью предотвращения его попадания через разрушенные дамбы в мелиоративный канал и инфильтрации в подземные воды и растекания за пределы полигона с дождевыми и талыми водами.

Оценка содержания загрязняющих веществ в подземных водах и в фильтрате свидетельствует о незначительном поступлении загрязняющих веществ в настоящее время в водоносные горизонты. Однако полученные результаты состава фильтрата свидетельствует об острой необходимости его сбора и очистки. Важным также представляется максимально возможное снижение образования самого фильтрата. Запланированное проектом устройство поверхностного гидроизоляционного экрана с применением геосинтетических материалов позволит существенно снизить количество фильтрата и, соответственно, поступление загрязняющих веществ в подземные водоносные горизонты и их вынос с поверхностным стоком.

Прогноз миграции загрязняющих веществ с подземными водами напорного днепровско-сожского водоносного комплекса показал, что в случае поступления загрязнителя в водоносный комплекс, фронт пятна загрязнения распространяется преимущественно в южном и юго-западном направлении по потоку подземных вод. За весь расчетный период продвижение возможного загрязнения сохраняет направление потока в юго-западном направлении к месту разгрузки подземных вод — р. Свислочь.

В связи с тем, что фильтрат ТКО содержит широкий спектр загрязнений различного характера, то для его обработки в проекте запланировано применение многоступенчатой механической и физико-химической очистки, что должно обеспечить качество очищенных сточных вод при сбросе в поверхностный водный объект — р. Цна — до показателей, предъявляемых поверхностным водным объектам, установленных природоохранным законодательством.

Результаты выполненного исследования указывают на то, что из предлагаемых вариантов рекультивации полигона ТКО «Северный» вариант 1 и I очередь строительства вариантов 2 и 3 практически идентичны и представляются наиболее приемлемыми.

II очередь строительства (после стабилизации тела полигона и прекращения добычи свалочного газа) вариантов 2 и 3 отличается увеличением объема воздействия на окружающую среду за счет увеличения



объема минерального грунта, необходимого для реализации проекта. Это вызывает дополнительное влияние проектной деятельности на недра и рельеф, за счет дополнительных площадей земель, для добычи грунта необходимого для упрочивания откосов (при преимуществе вариантов 2 и 3 за счет снижения выбросов в атмосферу, снижения вероятности поступления инфильтрата в подземные водоносные горизонты).

Однако, требуется проработка экономической составляющей всех вариантов проекта для II очереди строительства, а также проработка источников поступления грунта для упрочивания склонов. Учитывая, что II очередь строительства предполагается после стабилизации тела полигона, потребуются проведение дополнительных исследований с учетом изменяющихся природных, социально-экономических факторов, а также требований законодательства.

### **Библиографические ссылки**

1. Геоэкологическая оценка объектов захоронения отходов потребления и разработка предложений по минимизации их негативного воздействия на природную среду: отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / БГУ; научный руководитель С. И. Кузьмин / – 2018.

2. Демидов А. Л., Кузьмин С. И., Олешкевич О. М. Экологическая оценка воздействия объектов захоронения отходов потребления на подземные воды // Вестник БГУ. Серия 2, Химия. Биология. География. 2016. № 3. С. 154-158.

3. Кузьмин С. И., Дробенок С. Д., Лаппо В. М. Распределение тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах санитарно-защитных зон полигонов твердых коммунальных отходов // Почвенные и земельные ресурсы: традиционные и инновационные подходы к изучению и управлению [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию образования каф. Почвоведения и геоинформ. систем БГУ и 85-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, проф. В.С. Аношко, Минск, 21–24 сент. 2023 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: А. Н. Червань (гл. ред.) [и др.]. Минск: БГУ, 2023. С. 214–218.

4. Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 г., утвержденная Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 567 от 28 июля 2017 г.

5. Разработка отчета об оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) по объекту «Рекультивация полигона твердых коммунальных отходов «Северный»: отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / БГУ; научный руководитель С. И. Кузьмин. 2018. Минск. 94 С.

6. Отчет об оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) по объекту «Рекультивация полигона твердых коммунальных отходов «Северный»: Белкоммунпроект./ РУП «Белкоммунпроект» 2023. Минск. 144 С.

УДК 551.584+551.588.7

## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА ЕКАТЕРИНБУРГА

**А. А. Горностаева, Н. Р. Факаева, Д. Ю. Демежко, Б. Д. Хацкевич**

*Институт геофизики им. Ю. П. Булашевича УрО РАН, ул. Амундсена, 100,  
620016, г. Екатеринбург, Россия, [free\\_ride@mail.ru](mailto:free_ride@mail.ru)*

На основе анализа метеоданных, полученных на метеостанциях Екатеринбурга и в близлежащей сельской местности, исследованы основные характеристики городского острова тепла (ГОТ) на разных временных интервалах: от многолетних трендов до суточного цикла. Проанализировано влияние метеофакторов на среднесуточную интенсивность ГОТ. Оценена роль теплофизических неоднородностей подстилающих поверхностей в формировании суточного хода интенсивности ГОТ.

**Ключевые слова:** городской остров тепла; климат города; приземная атмосфера; подстилающая поверхность.

## THE MAIN CHARACTERISTICS AND FEATURES OF FORMATION OF AN URBAN HEAT ISLAND IN YEKATERINBURG

**A. A. Gornostaeva, N. R. Fakaeva, D. Yu. Demezhko,  
B. D. Khatskevich**

*Institute of Geophysics of the Urals Branch of Russian Academy of Sciences,  
Amundsen Str., 100, 620016, Yekaterinburg, Russia, [free\\_ride@mail.ru](mailto:free_ride@mail.ru)*

The main characteristics of an urban heat island (UHI) at different time scales (from long-term trends to diurnal cycle) have been studied based on the analysis of meteorological data recorded at weather stations in Yekaterinburg and immediate rural surroundings. The influence of meteorological factors on the mean daily UHI intensity has been analyzed. The role of thermal inhomogeneities of underlying surfaces in the formation of the diurnal variations of UHI intensity has been evaluated.

**Keywords:** urban heat island; urban climate; near-surface atmosphere; underlying surface.

Известно, что вследствие антропогенной деятельности города формируют в своих границах особые, более теплые по сравнению с окружающей сельской местностью климатические условия, называемые «островом тепла» [1–4]. Городской остров тепла (ГОТ) существенно влияет на состояние окружающей среды и местных экосистем, а также на здоровье населения. В условиях интенсивной урбанизации и продолжающегося

глобального потепления важной задачей является изучение основных характеристик и факторов формирования ГОТ.

В настоящем исследовании проанализированы временная изменчивость, интенсивность и факторы формирования ГОТ Екатеринбурга, одного из крупнейших промышленных городов России, расположенного на Среднем Урале. Анализ проводился на основе метеоданных, зарегистрированных на метеостанциях в центре города и в пос. В. Дуброво, расположенном в 20 км к востоку. Интенсивность ГОТ оценивалась как разность средних температур приземного воздуха за рассматриваемый период дискретизации, соответственно, в Екатеринбурге и Верхнем Дуброво.

За период с 1950 по 1980 гг. среднегодовое значение интенсивности ГОТ равномерно увеличивалось с 0.3 до 0.8 °С, после чего стабилизировалось (рис. 1). Темпы роста интенсивности ГОТ соответствуют темпам роста численности населения Екатеринбурга, хотя прирост населения с начала 2010-х гг. не сказался на интенсивности ГОТ (рис. 1б).

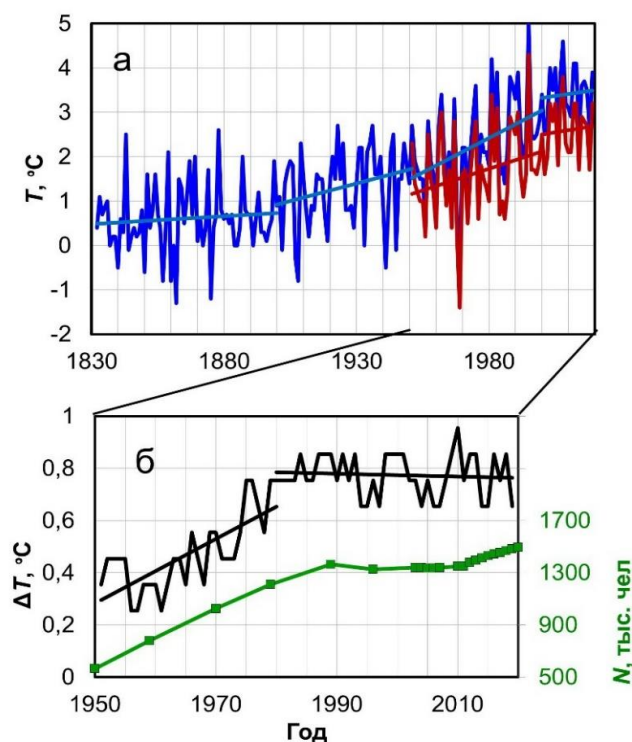


Рис. 1. Изменения среднегодовых температур приземного воздуха  $T$ : а – в Екатеринбурге (синяя кривая) и пос. Верхнее Дуброво (красная кривая), интенсивности ГОТ  $\Delta T$  (б – черная кривая) и численности населения  $N$  (б – зеленая кривая) [5]. Прямыми линиями обозначены многолетние тренды.

В годовом цикле максимальные (до 1.1 °С) среднемесячные значения интенсивности ГОТ наблюдаются в феврале-марте и в июне-августе. Летний максимум в основном определяется максимальными суточными

(ночными) значениями интенсивности ГОТ, максимум в феврале-марте — повышенными минимальными суточными значениями [6].

Амплитуда суточных колебаний составляет до 2.0–2.4 °С летом и 0.6–0.8 °С зимой. Суточный ход интенсивности ГОТ Екатеринбурга имеет U-образную форму с дневным минимумом и ночным максимумом. Для объяснения такого характера изменений интенсивности ГОТ в суточном цикле мы предложили универсальную, физически обоснованную модель переменной составляющей суточного хода интенсивности ГОТ. Согласно модели, ночной максимум формируется вследствие фазовых различий в суточном ходе температур в городе и сельской местности. Различие фаз температурных реакций на радиационное воздействие в городе и селе обусловлено разной структурой теплофизических неоднородностей в слоях суточного теплооборота. В сельской местности наличие верхнего низко-теплопроводного, обогащенного органикой слоя грунта приводит к меньшему (по сравнению с городом) отставанию температурного хода от радиационного. В результате происходит смещение максимума интенсивности ГОТ на ночное время [7].

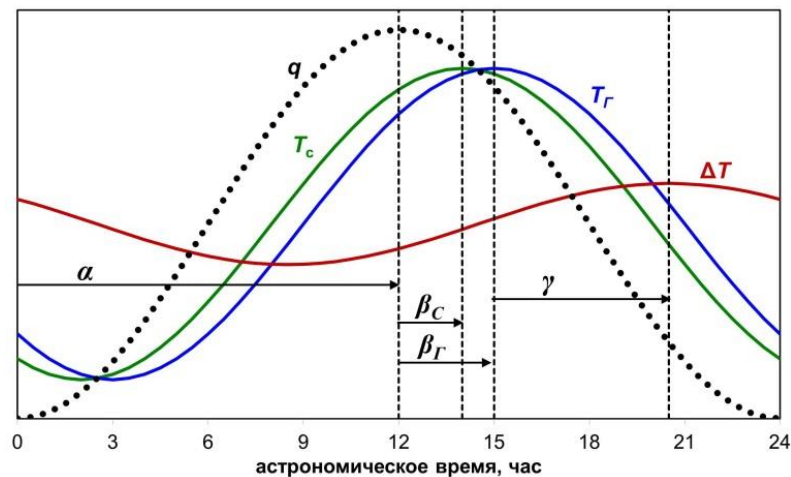


Рис. 2. Схема, поясняющая соотношение факторов формирования суточного цикла интенсивности ГОТ (для 24-часовой гармоники):  $q$  – тепловой поток через земную поверхность,  $T_Г$ ,  $T_С$  – температуры земной поверхности в городе и селе,  $\Delta T$  – интенсивность ГОТ. Вертикальный масштаб – условный. Вертикальными прямыми обозначены моменты максимумов.

Помимо переменной меняется и постоянная (среднесуточная) составляющая. Интенсивность ГОТ, в первую очередь, определяется солнечной радиацией и различиями свойств городских и сельских подстилающих поверхностей (альbedo, излучательной способности, тепловых свойств грунтов). Эти факторы определяют максимальную интенсивность ГОТ,

реализующуюся лишь при «идеальной» погоде. Колебания среднесуточных значений интенсивности ГОТ обычно связывают с влиянием метеофакторов [8–11], уменьшающим интенсивность ГОТ.

Мы проанализировали влияние температуры приземного воздуха, атмосферного давления, скорости ветра, облачности, суточной суммы осадков, относительной влажности воздуха, а также комплексного погодного фактора [12, 13] и разности значений относительной влажности в городе и селе на среднесуточную интенсивность ГОТ в Екатеринбурге методом мультирегрессионного анализа.

Исследования показали, что в летний период регрессионная модель, включающая погодный фактор, атмосферное давление и разность относительных влажностей описывает 60 % наблюдаемой дисперсии интенсивности ГОТ. Зимой единственным статистически значимым фактором является погодный фактор. Однако, соответствующая регрессионная модель описывает лишь 27 % наблюдаемой изменчивости интенсивности ГОТ. В зимний период дополнительный вклад в интенсивность ГОТ вносят утечки тепла из зданий и тепловых сетей, не зависящие от рассмотренных метеофакторов. Вероятно, этим объясняется малая доля изменчивости интенсивности ГОТ, которую можно описать метеофакторами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-77-10018, <https://rscf.ru/project/22-77-10018/>

### Библиографические ссылки

1. *Howard L.* The climate of London. (W Phillips, sold also by J. and A. Arch). 1818. Vol. 1. 221 pp.
2. *Sundborg A.* Climatological studies in Uppsala//*Geographica*. 1951. Vol. 22. P. 1–107.
3. *Oke T. R.* Review of urban climatology, 1973–1976. Tech. Note N 169. Geneva, World Met. Organiz. 1979. WMO N 539. 100 p.
4. *Rizwan A. M., Dennis L. Y. L., Liu C.* A review on the generation determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*. 2008. Vol. 20. P. 120–8.
5. *Балаев С. Ю.* Строительный рынок Екатеринбурга и Свердловской области // Энциклопедия маркетинга: сайт. URL: <https://www.marketing.spb.ru/mr/realestate/eburg.htm>.
6. *Горностаева А. А., Демежко Д. Ю., Хацкевич Б. Д.* Временная изменчивость городского острова тепла Екатеринбурга // *Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле*. 2023. Т. 43. С. 3–18. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.43.3>
7. *Демежко Д. Ю., Горностаева А. А., Хацкевич Б. Д., Вдовин А. Г., Факаева Н. Р.* Новая модель формирования суточного цикла интенсивности городского острова тепла // *Мониторинг, наука и технологии*. 2022. № 4(54). С. 26–31. DOI: <https://doi.org/10.25714/MNT.2022.54.004>
8. *Oke T. R.* City size and the urban heat island // *Atmospheric Environment*. 1973. Vol. 7. N 8. P. 769–779.

9. *Kim Y. H., Baik J. J.* Maximum urban heat island intensity in Seoul // *Journal of Applied Meteorology*. 2002. Vol. 41(6). P. 651–659.
10. *Wolters D., Brandsma T.* Estimating the urban heat island in residential areas in the Netherlands using observations by weather amateurs // *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2012. Vol. 51. N 4. P. 711–721.
11. *Tzavali A., Paravantis J. P., Mihalakakou G., Fotiadi A. and Stigka E.* Urban heat island intensity: A literature review // *Fresenius Environmental Bulletin*. 2015. Vol. 24(12b). P. 4537–4554.
12. *Fortuniak K.* An application of the urban energy balance scheme for a statistical modeling of the UHI intensity. *Proceedings of the 5th International Conference on Urban Climate, University of Lodz*. 2003. Vol. 1. P. 59–62.
13. *Runnalls K. E. and Oke T. R.* A Technique to Detect Microclimatic Inhomogeneities in Historical Records of Screen-Level Air Temperature // *Journal of Climate*. 2006. Vol. 19. N 6. P. 959–978.

УДК 551.5+515.9(476)(043)

**ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАЛЫХ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА МАЛЫХ РЕКАХ  
БАССЕЙНА РЕКИ УРАЛ В СВЯЗИ С ИХ ДЕГРАДАЦИЕЙ ОТ  
ВОЗРАСТАЮЩЕЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

**В. С. Горячев**

*Филиал по мониторингу водных объектов бассейнов рек Белой и Урала федерального государственного бюджетного водохозяйственного учреждения «Центррегионводхоз», ул. Пристанская, 14-1, 450006, г. Уфа, Россия, Республика Башкортостан, [fgu02@mail.ru](mailto:fgu02@mail.ru)*

Исследовано состояние использования и охраны реки Урал в пределах Республики Башкортостан в условиях изменения климата и проявления тенденции низкой водности. Установлено снижение уровней и пересыхание отдельных малых рек бассейна реки Урал. Предложены мероприятия по улучшению водности и экологического состояния рек. Для регулирования внутри сезонного стока изучены экологичные современные легкие гидротехнические сооружения. Рассмотрены их конструктивные особенности и опыт применения.

**Ключевые слова:** современное водопользование; регулирующие сооружения; мембранно-вантовые конструкции; маловодье; водозабор.

**JUSTIFICATION OF THE NECESSITY TO APPLY SMALL  
HYDRAULIC STRUCTURES ON SMALL RIVERS OF THE URAL  
RIVER BASIN, DUE TO THEIR DEGRADATION FROM  
INCREASING ANTROPOGENIC LOAD**

**V. S. Goryachev**

*Branch for monitoring water bodies of the Belaya and Ural river basins of the federal state budgetary water management institution "Tsentrregionvodkhoz", Pristanskaya st., 14-1, 450006, Ufa, Russia, Republic of Bashkortostan, [fgu02@mail.ru](mailto:fgu02@mail.ru)*

The state of use and protection of the Ural River within the Republic of Bashkortostan in the context of climate change and the manifestation of a trend of low water availability was studied. A decrease in levels and drying up of individual small rivers in the Ural River basin has been established. Measures are proposed to improve the water availability and ecological condition of rivers. To regulate intra-seasonal flow, environmentally friendly modern lightweight hydraulic structures have been studied. Their design features and application experience are considered.

**Keywords:** modern water use; regulatory structures; membrane-cable structures; low water; water intake.

Современное водопользование, связанное с безвозвратным водопотреблением и сбросом недостаточно очищенных стоков, а также все возрастающим антропогенным влиянием на территории бассейнов формирования водных ресурсов, привели к количественному и качественному истощению водных ресурсов малых рек бассейна реки Урал.

На неудовлетворительное состояние малых рек оказывает влияния и эрозионная деятельность на водосборе, приводящая к заилению рек и исчезновению многочисленных родников, являющихся источниками питания рек. Кроме того, на дне водоёмов из-за деятельности горнорудной промышленности накапливаются тяжелые металлы, продукты сброса сточных вод.

Для улучшения санитарно-экологического состояния вод требуется проведения специальных регулирующих мероприятий, как на площади водосборных бассейнов, так и непосредственно на самих реках.

Одним из таких мероприятий, не требующих значительных материальных затрат, является проектирование и строительство русловых экологических современных легких гидротехнических сооружений.

В настоящее время используются различные типы (руслорегулирующих, струенаправляющих, струераспределительных, водозаборных и т. п.) конструкций гидротехнических сооружений.

По конструктивным особенностям и применяемым материалам их можно разделить на:

- жесткие (бетонные, железобетонные, металлические);
- полужесткие (из грунтовых материалов, деревянные, каменные);
- мягкие (с применением высокопрочных синтетических тканевых материалов, пленок, сеток).

Для применения первых двух конструкций требуется специальные требования к их проектированию и строительству. Это изыскания устойчивых (скальных) оснований, подбор каньонного рельефа для уменьшения площади затопления. Для бетонных сооружений требуется дорогой строительный материал. Для большинства конструкций подпорных плотин требуется устройство дополнительных водосбросных и водопропускных устройств.

Наиболее экологически приемлемыми и экономически целесообразными при устройстве русловых переливных плотин на малых реках являются синтетические мембранно-вантовые плотины.

Мобильные гидротехнические сооружения из композитных материалов — это конструкции, состоящие из замкнутых и незамкнутых оболочек (или их сочетаний), выполняемых из высокопрочных композитных материалов (например, резинотканевых, резинокордовых и

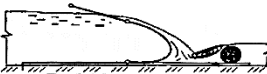

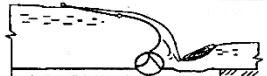





более современных поливинилхлоридных с основой из арамида и кевлара и т. п.), воспринимающих нагрузки при воздействии воды или грунта [3].

Работа плотин мембранно-вантовой конструкции основана на гидравлике потока жидкости, с увеличением уровня воды в верхнем бьефе увеличивается высота плотины и наоборот.

Конструкции облегченных русловых гидротехнических сооружений могут применяться на реках с шириной от 5 до 40 и более метров, а некоторые конструкции не имеют ограничений по ширине русла. В период максимальных расходов воды в реке при половодьях и паводках они могут опускаться на дно реки, тем самым позволяя промывать русло от наносов, что невозможно при жестких и полужестких конструкциях. Основные характеристики для использования мягких ГТС на различных водотоках представлены в таблице.

**Основные типы и параметры облегченных гидротехнических сооружений, рекомендуемых для применения в водохозяйственном строительстве, составлен по материалам [5]**

Тип облегченного гидротехнического сооружения	Диапазоны применения			Примечания
	Создаваемый подпор, м	Удельный расход, м <sup>3</sup> /с	Перекрываемый пролёт, м	
	1,5...2,0	0,1...0,3	5...40	Материалы оболочки высокопрочная полимерная ткань
	1,5...3,0	0,2...0,5	5...40 и более	Материал сооружения и высокопрочная кордовая или металлокордовая пластина
	1,5...4,0	0,2...2,0	5...30	Оболочка выполняется из высокопрочной полимерной ткани с подкреплением вантовой сеткой
	2,0...5,0	0,2...2,0	5...30	Оболочка выполняется из высокопрочной полимерной ткани с подкреплением вантовой сеткой
	0,8...1,5	0,2...0,5	не ограничен	Лицевая стенка, водослив, гибкий флютбет и анкерные ленты выполняются из кордовых материалов
	0,2...1,2	0,1...0,2	не ограничен	Лицевая стенка, водослив, гибкий флютбет и анкерные ленты выполняются из кордовых материалов

По стоимости, материальным затратам и времени взведения, мягкие конструкции значительно превосходя жесткие и полужесткие ГТС.

По проведенным расчетам выполненным Кашариной Т. П. [5] себестоимость гидровантовой плотины по сравнению с возведением земляной плотины с железобетонным водосливом почти в 9 раз ниже. При сравнении с капитальными затратами на производство земляной плотины и на производство гидровантовой плотины, удешевление в сторону мягкой плотины будет в 11,5 раза.

Мягкие сооружения прошли испытания опытом эксплуатации, были выявлены проблемы их безопасной эксплуатации. Опыт применения эти сооружения имеется зарубежом и в России. Они успешно эксплуатировались и эксплуатируются в Ростовской, Курской, Рязанской, Ульяновской, Воронежской и др. областях, Ставропольском крае, Якутской (Республика Саха), Татарстане, а также в республике Башкортостан.

Мягкие гидротехнические сооружения в настоящее время применяются для технологических схемам систем водоснабжения (питьевое, промышленное), в технологических схемах технического водоснабжения энергетических установок (ТЭЦ, ТЭС, АЭС); технологического водоснабжения оросительных систем; в схемах мелиорации эвтрофных, дистрофных водоемов; в схемах воспроизводства рыбных запасов на внутренних водоемах; в схемах локализации аварийных сбросов загрязняющих веществ в водные объекты и др.

В условиях маловодья и низкой водности малых рек необходима решать вопросы по устойчивой работе поверхностных водозаборов. Русловые процессы претерпевают изменчивость и порой построенные на том или ином участке реки водозаборы поверхностных вод, из-за изменения направления русла, оказываются на сухом берегу.

Из-за низкой водности в 2010-2023 гг. и изменений русловых деформаций, возникших на реках Белой и Уфе у г. Уфы, ухудшились условия работы водозаборов и чуть не произошла остановка водозаборных сооружений ТЭЦ 2 Башкирской генерирующей компании, УНПЗ и НУНПЗ ООО «Башнефтехим». Для поддержания работы этих водозаборов были увеличены выше проектных попуски в нижний бьеф с регулирующих сооружений Павловского водохранилища.

Аналогично попуски в нижний бьеф организовывались для улучшения работы подрусового водозабора города Магнитогорска в 2012 году с Чебаркульского гидроузла ФГБУ Башмелиоводоз по реке Янгелька.

Для устранения критической ситуации на береговом водозаборе ООО «Газпром нефтехим Салават» на реке Белой из-за переформирования ее берегов были проведены специальные гидротехнические мероприятия для обеспечения необходимого расчетного уровня в реке Белая, снижения заиляемости русла и беспрепятственного прохождения льда и наносов в местах расположения водозаборов на участке в периоды половодного стока.

В состав сооружений на р. Белой приведенном на рисунке 2 входят: правобережная оградительная дамба длиной 936 м, шириной по верху 5,0 м и средней высотой 2,0 м; струенаправляющие шпоры на правом берегу реки длиной от 12 до 60 м, в количестве 5 штук; водоподпорное сооружение шандорного типа, расположенное в 50 метрах ниже водозаборного сооружения НС-3.

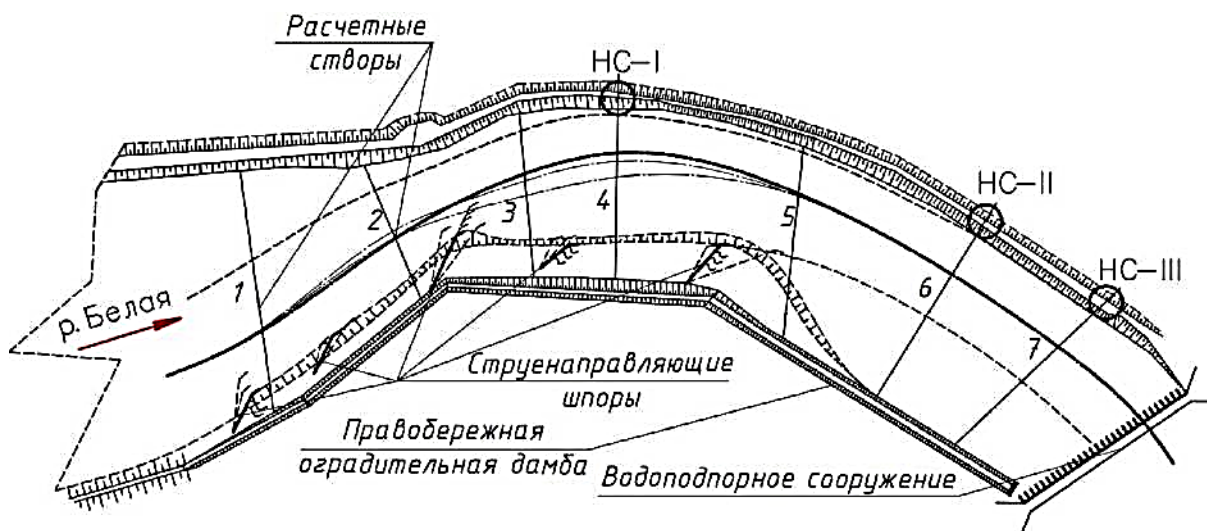


Схема струенаправляющей шпоры, составлена по материалам [2]

Мы предлагаем аналогичные гидротехнические мероприятия применять для улучшения работы поверхностных водозаборов по бассейну реки Урал.

Применение мягких конструкций гидротехнических сооружений, с учетом нашего и опыта работ по Российской Федерации, позволит решить задачи по реабилитации малых рек бассейна реки Урал.

### Библиографические ссылки

1. *Бондаренко В. Л.* Мягкие конструкции для регулирования качества воды на водных объектах. Диссертация и автореферат по ВАК 11.00.11., Екатеринбург, 1997.
2. *Гаврилюк С. М., Бондаренко В. Л., Кувалкин А. В.* Влияние тенденции посадки русла на надежность работы береговых водозаборных сооружений, находящихся в длительной эксплуатации. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 2(02), 2011 г.
3. *Кашарин Д. В., Тхай Тъи Тхи Ким.* Повышение устойчивости оснований мобильных дамб для инженерной защиты зданий от затопления. Magazine of Civil Engineering, № 4, 2013
4. *Короновский А. М.* Исследование надежности плотин мембранно-вантовой конструкции из композиционных материалов. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 1(01), 2011.
5. *Кашарина Т. П.* Совершенствование конструкций, методов научного обоснования, проектирования и технологии возведения облегченных гидротехнических сооружений. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва, 2000 г.

УДК 504.05+550.3

## **РАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И НАЗЕМНЫХ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНОГЕННОГО ПОДТОПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫМИ ВОДАМИ**

**А. П. Гусев, Е. И. Кулыба**

*Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины,  
ул. Советская, 104, 246028 г. Гомель, Беларусь, [andi\\_gusev@mail.ru](mailto:andi_gusev@mail.ru)*

Цель исследований — оценка подтопления загрязненными грунтовыми водами на основе комплекса наземных и дистанционных индикаторов. Разработан и апробирован комплекс методов, состоящий из мультиспектральной космической съемки и наземных геоэлектрических исследований (резистивиметрия поверхностных вод и почв, съемка потенциала естественного электрического поля, электрическое профилирование и вертикальное электрическое зондирование методом сопротивлений). Объекты исследований: полигоны твердых химических и коммунальных отходов. В качестве индикаторов подтопления используются вегетационные индексы и удельное электрическое сопротивление поверхностных вод, почв, грунтов, подземных вод. Разработанный комплекс позволяет быстро и эффективно картировать ареал подтопления, оценить его экологический эффект.

**Ключевые слова:** техногенное подтопление; химическое загрязнение; полигон отходов; вегетационный индекс; геоэлектрический метод; кажущееся электрическое сопротивление.

## **RATIONAL COMPLEX OF REMOTE SENSING AND GROUND-UP GEOELECTRIC METHODS IN ASSESSING TECHNOGENIC FLOODING BY POLLUTED WATER**

**A. P. Gusev, L. I. Kulyba**

*F. Skorina Gomel State University, Sovetskaya st.,  
246028 Gomel, Belarus, [andi\\_gusev@mail.ru](mailto:andi_gusev@mail.ru)*

The purpose of the research is to assess flooding with contaminated groundwater based on a complex of ground-based and remote indicators. A complex of methods has been developed and tested, consisting of multispectral space surveys and ground-based geoelectric studies (resistivity measurements of surface waters and soils, surveys of natural electric field potential, electrical profiling and vertical electrical sounding using the resistivity method). Objects of research: dumps for solid chemical and municipal waste. Vegetation indices and electrical resistivity of surface waters, soils, grounds, and groundwater are used as indicators of flooding. The developed complex allows you to quickly and effectively mapping the flooding area and assess its ecological effect.

**Keywords:** technogenic flooding; chemical pollution; waste dump; vegetation index; geoelectric method; apparent electrical resistance.

Под рациональным комплексом понимают сочетание методов, обеспечивающих надежное решение поставленной задачи в случае определенного типа объектов в конкретных геологических условиях [1, с. 151].

Полигоны твердых отходов являются мощными источниками воздействия на компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, растительность, почвы, грунты, поверхностные и подземные воды. Оценка состояния окружающей среды, как правило, производится по отдельным компонентам, при этом основное внимание уделяется воздушному бассейну и поверхностным водам. Как следствие имеющаяся система экологической оценки дает разрозненную и неполную информацию о распространении химического загрязнения в окружающей среде. Поэтому актуальным является поиск рационального комплекса методов, который позволит оперативно получать информацию о состоянии геосистем, подверженных воздействию по стороны экологически опасных техногенных объектов.

Эффективным методом изучения химического загрязнения являются геоэлектрические исследования (электроразведка), основанные на взаимосвязи между удельным электрическим сопротивлением и содержанием растворенных солей в воде [2-4]. Использование электроразведки позволяет осуществлять непрерывные площадные наблюдения при относительно низкой стоимости работ, без бурения скважин и нарушения растительного покрова и почв горными выработками. Недостатком геоэлектрических методов является неоднозначность их экологической интерпретации. 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 [6].

Цель исследований — оценка процесса техногенного подтопления в зоне влияния полигонов твердых отходов с помощью комплекса космической многозональной съемки и наземной электроразведки. Решаемые задачи: изучение изменений растительного покрова под влиянием техногенного подтопления на основе анализа вегетационных индексов (NDVI, NBR, SWVI) и выделение техногенных модификаций геосистем; диагностика загрязнения поверхностных вод и почв методом резистивиметрии; изучение распространения загрязнения в подземных водах; выяснение

механизмов распространения загрязнения в верхней части геологической среды.

Разработанный комплекс включает:

многозональную космическую съемку (данные по спутникам Sentinel-2, разрешение 10 м) — определяются спектральные индексы, по которым диагностику 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.

Рассмотрим примеры использования комплекса методов для оценки процесса техногенного подтопления в зоне влияния полигонов отходов.

*Полигон твердых отходов химического производства (фосфогипса).* В зоне влияния отвалов фосфогипса (рис. 1) образовались техногенные модификации (ТМ) исходной луговой геосистемы (луг разнотравно-злаковый на дерновых песчаных почвах), которые различаются по степени повреждения растительного покрова: ТМ-2 — участок с мозаичным тростниково-березовым фитоценозом; ТМ-1 — участок, полностью лишенный растительного покрова. Образование техногенных модификаций вызвано загрязнением поверхностных и грунтовых вод. Каждая модификация характеризуется определенным диапазоном величин вегетационных индексов. 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. Все отличия статистически достоверные. Колебания NDVI отражают изменения продуктивности луговой геосистемы, подвергшийся воздействию химического загрязнения со стороны отвалов. Снижение NBR и SWVI указывают на стрессовое состояние растительности (усыхание, пожелтение, разрежение травостоя — фиксируются в отражательной способности земной

поверхности). 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.

*Полигон 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. Подтопление выражается в подъеме уровня грунтовых вод к земной поверхности (в весенний период имеет место разгрузка грунтовых вод на земную поверхность). В результате подтопления в окружающем лесном ландшафте образовались техногенные модификации: ТМ-1 — зона сильного подтопления; ТМ-2 — зона умеренного подтопления. Фоновая геосистема — смешанный лиственный лес на дерново-слабоподзолистых оглеенных почвах (песчано-супесчаного состава). 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). При этом минерализация поверхностных вод по градиенту подтопления изменяется в 6,2 раза, в зоне ТМ-1 превышает 1 г/л; электрическое сопротивление почв по градиенту подтопления снижается в 226 раз; в зоне ТМ-1 оно находится в пределах 7,7-10,9 Ом·м.

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.

Таким образом, комплексирование космической съемки и геоэлектрических методов позволило: по вегетационным индексам — картировать зоны техногенной трансформации, определить их границы и площади; по результатам резистивиметрии — определить минерализацию поверхностных вод и ее пространственные изменения; по данным ЭП и ВЭЗ оценить пространственные изменения уровня грунтовых вод и их химическое загрязнение.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Х23КИ-022).

### **Библиографические ссылки**

1. *Никитин А. А., Хмелевской В. К.* Комплексирование геофизических методов. М. : ВНИИГеосистем, 2012.
2. *Огильви А. А.* Основы инженерной геофизики. М. : Недра, 1990.
3. Оценка засоления почв и грунтовых вод методами электрического сопротивления / А. И. Поздняков [и др.]. Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2013.
4. *Гусев А. П.* Комплексирование космической съемки и геоэлектрических методов при диагностике химического загрязнения геологической среды // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2023. №3. С. 133–140.
5. Электроразведка: пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей. Том 2. Малоглубинная электроразведка. М.: МГУ, 2013.
6. The use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: a review of the current status, future trends, and practical considerations / G. T. Yengoh [et al.]. Lund University Centre for Sustainability Studies LUCSUS, 2014.



УДК 551.46

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ФРАГМЕНТАЦИИ  
ЛАНДШАФТОВ БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

**Ю. С. Давидович, В. М. Яцухно**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [seg98001@gmail.com](mailto:seg98001@gmail.com), [yatsukhno@bsu.by](mailto:yatsukhno@bsu.by)*

Содержание представленной статьи посвящено слабо изученной проблеме фрагментации наземных экосистем Беларуси на разных иерархических уровнях организации природной среды (республиканском, региональном, субрегиональном и локальном (топологическом)). Наиболее перспективным и эффективным методом исследования и оценки фрагментации ландшафтов является использование данных дистанционного зондирования Земли как наиболее объективных и оперативных сведений по данному вопросу. 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 межрегиональные и внутри региональные различия в проявлении фрагментации наземных экосистем ландшафтов, а также определена ее роль в росте экотонизации ландшафтов, т.е. контактных полос между природными экосистемами и хозяйственно используемыми землями.

**Ключевые слова:** фрагментация; наземные экосистемы; ландшафты; метрики фрагментации; данные дистанционного зондирования Земли.

**RESEARCH AND ASSESSMENT OF FRAGMENTATION OF LAND-  
SCAPE OF BELARUS USING REMOTE SENSING METHODS**

**Y. S. Davidovich, V. M. Yatsukhno**

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4,  
220030, Minsk, Belarus, [seg98001@gmail.com](mailto:seg98001@gmail.com), [yatsukhno@bsu.by](mailto:yatsukhno@bsu.by)*

The content of the presented article is devoted to the poorly studied problem of fragmentation of terrestrial ecosystems of Belarus at different hierarchical levels of organization of the natural environment (republican, regional, subregional and local (topological)). The most promising and effective method for studying and assessing landscape fragmentation is the use of Earth remote sensing data as the most objective and operational information on this issue. The use of tools in the environment of geographic information technologies makes it possible to determine metric compositional and configuration indicators characterizing the degree of fragmentation of landscapes in the automatic mode of processing aerospace survey materials. Significant interregional and intraregional differences in the manifestation of fragmentation of terrestrial ecosystems of landscapes have been identified, and its role has been

determined in the growth of ecotonization of landscapes, i.e. contact strips between natural ecosystems and economically used lands.

**Keywords:** fragmentation; terrestrial ecosystems; landscapes; fragmentation metrics; remote sensing data.

В ходе длительного хозяйственного освоения и использования территории Беларуси, слагающие ее природные ландшафты претерпели значительные структурно-функциональные изменения, выразившиеся, прежде всего, в сокращении площади природных экосистем, уменьшении их биологического и ландшафтного разнообразия [1, 2]. К числу существенных негативных последствий этого является чрезмерная фрагментация наземных экосистем, обусловленная расчленением и последующим гетерогенизацией крупных цельных лесных, водно-болотных, луговых, древесно-кустарниковых массивов на более мелкие и изолированные их участки. Формирование последних является результатом крупно-площадного 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.

Наблюдаемая при этом тотальная антропогенизация ландшафтного покрова уменьшает пространственные и функциональные связи между изолированными местообитаниями растительных сообществ и животного мира, ведет к потере исходного биоразнообразия и, как результат, к проявлению процессов их деградации, вызывающие заметные экономические издержки и экологический ущерб [3].

Фрагментация ландшафтов, обусловленная в первую очередь расчленением их растительного покрова, является принципиально новым фактором естественной динамики природной среды. Фрагментация влечет за собой развитие другого мощного процесса антропогенной трансформации — экотонизации границ природных и антропогенных экосистем, формирования сравнительно широких переходных полос между природными экосистемами и их антропогенными модификациями. Именно эти процессы по периферии ареалов трансформированных земель создают условия изоляции для биоты в границах ландшафта. Наиболее опасным для современных ландшафтов и их биоразнообразия становится процесс «островизации» природных экосистем. Этот процесс весьма выражен и часто носит негативный эффект в ландшафтах Беларуси, особенно в регионах крупномассивного аграрного освоения, распространения гидромелиоративных объектов, густотой сети транспортных коммуникаций, многофункционального использования пригородных зон и др.

Проблема фрагментации ландшафтов является весьма актуальной и практически востребованной для условий Беларуси. Расширение населенных пунктов, строительство промышленных и инфраструктурных объектов, линий электропередач, дорог, трубопроводов, а также наличие в структуре земельного фонда республики около 40 % сельскохозяйственных земель, из общей площади которых 30 % подвергнуто мелиоративному воздействию, и др. заметно расширяют масштабы проявления фрагментации ландшафтов.

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 (макро-, мезо- и микромасштабного) в пределах изучаемой территории и их взаимосвязей. В связи с этим изучение фрагментации ландшафтов и особенность ее проявления предлагается оценивать на национальном (республиканском), региональном (провинциальном), субрегиональном (административно-районном), локальном (топологическом) уровнях. В качестве национального (республиканского) уровня взята территория Республики Беларусь в целом, картографирование фрагментации ландшафтов которой выполнено в масштабе 1:500 000, масштаб на региональном уровне составил — 1:200 000, субрегиональном — 1: 50 000 и локальном — 1:10 000. Каждый масштаб отражения фрагментации ландшафтов отличается определенными особенностями и поэтому важно выявить при переходе с одного на другой уровень общие закономерности композиционного рисунка экосистем, их метрические характеристики, а также факторы их обуславливающие.

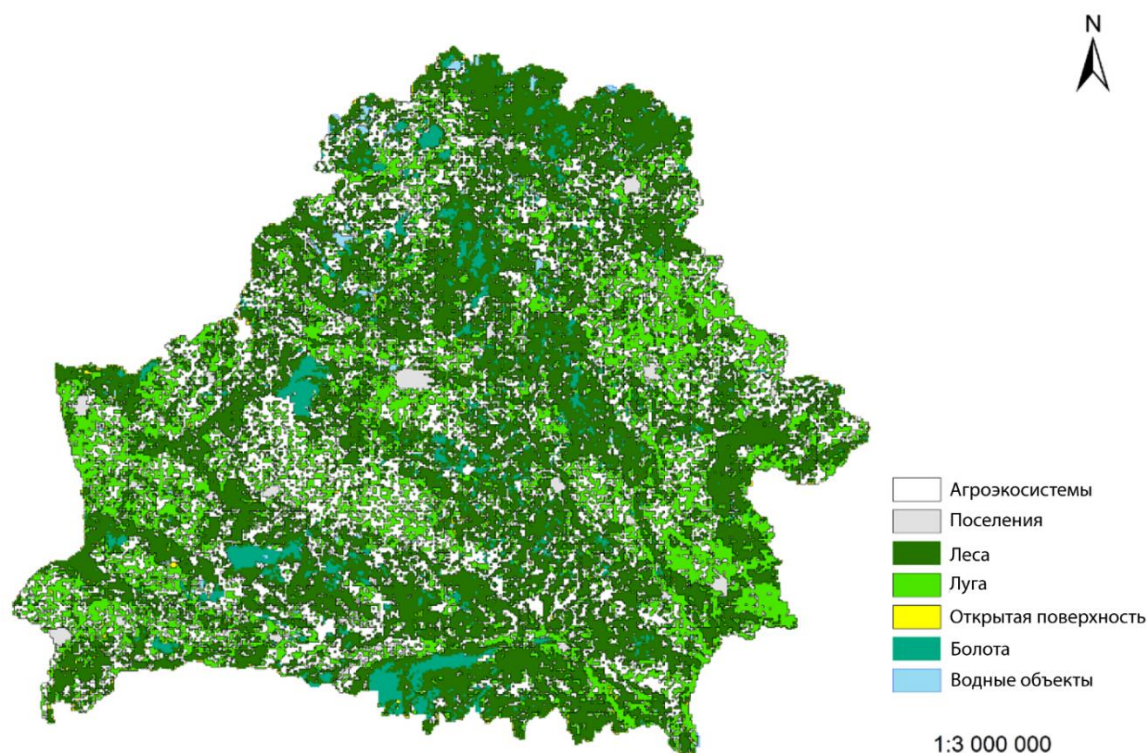
Результаты дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли позволяют сделать процесс оценки фрагментации ландшафтов не только более объективным, но и более быстрым и независимым от имеющихся картографических источников. Для количественной характеристики и определения степени фрагментации ландшафтов предлагается применить метрические показатели (индексы), расчет которых выполняется с использованием инструментов в среде геоинформационных технологий [4–7].

Для оценки фрагментации ландшафтов Беларуси с использованием данных дистанционного зондирования Земли необходимо соблюдения некоторых условий подбора материалов аэрокосмических съемок: пространственное, спектральное, радиометрическое и временное разрешение аэрокосмических снимков; сезон съемки (ее оптимальные сроки); учет влияния погодных факторов (облачность); предварительная обработка данных и др. Для анализа фрагментации ландшафтов на различных уровнях

(локальном, субрегиональном, региональном и национальном) необходимо использовать данные ДЗЗ различного охвата и пространственного разрешения.

В процессе автоматизированного дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли предлагается использовать мультиспектральные снимки спутниковых систем Suomi NPP, Sentinel-2A/B, Landsat8/9, БКА на летний и весенний период на территории изучаемых регионов. В результате создается мозаика и изображений на каждый сезон съемки. Все расчеты производятся 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. В результате создается векторный слой с отображением фрагментации ландшафтов, полученных по итогам автоматизированной классификации данных дистанционного зондирования Земли.

Для вычисления метрик фрагментации ландшафтов предлагается использовать разработанный авторами специализированный программный модуль для ArcGIS [3]. По результатам определения метрик (показателей) фрагментации ландшафтов определяется площадь сокращения экосистем ландшафтов, а также учитываются показатели связности, непрерывности, формы контуров экосистем и их взаимное размещение, что позволяет устанавливать степень фрагментации ландшафтов. Так, в первом приближение, исходя из размера площади сохранившихся природных экосистем в ландшафтах их можно ранжировать на: очень сильно трансформированные менее 10 %; сильно — 10–30 %; средне — 31–50 %; слабо трансформированные более 50 %. При этом указанные группы ландшафтов должны быть дополнены метрическими характеристиками фрагментации видов земель. Для точной оценки выполнен подбор и проведено дешифрирование аэрокосмоснимков различного территориального охвата с выделением на них экосистем на уровне республики (национальный уровень); ландшафтных провинций (региональный уровень) и административных районов (субрегиональный уровень). Пример выделения экосистем на национальном уровне представлен на рис. Открытая поверхность представлены хозяйственными и инфраструктурными объектами. Расчетные показатели метрик фрагментации ландшафтов приведены в таблице.



Пространственная структура экосистем Беларуси

В настоящее время при изучении, оценке и картографировании фрагментации ландшафтов Беларуси наиболее востребованным инструментом выявления пространственного сочетания наземных экосистем являются спутниковые космоаэроизображения разного 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 «Научные технологии и техника» на 2021–2025 гг.

**Результаты определения количественных метрик фрагментации ландшафтов на национальном, региональном и субрегиональном (районном) территориальных уровнях на основе ЭО ПК СОФЛ**

Виды земель	Ландшафтные индексы и метрики								
	MP	PLAN D	MPS	PD	LSI	MSI	MPAR	MESH	SHEI
<b>Национальный уровень (Республика Беларусь)</b>									
Пашня	4223	25.45	12.66	0.0201	43.62	1.36	0.0022	53.90	0,75
Строения	909	3.06	7.07	0.0043	5.78	1.23	0.0023	9.55	
Леса	2037	41.15	42.45	0.0097	39.50	1.39	0.0022	30.90	
Луга	3702	25.20	14.30	0.0176	39.77	1.35	0.0022	46.82	
Открытая поверхность	494	0.59	2.51	0.0024	1.93	1.15	0.0027	3.62	
Болота	749	4.01	11.26	0.0036	5.91	1.27	0.0023	8.78	
Водные объекты	129	0.53	8.65	0.0006	0.97	1.27	0.0022	1.54	
<b>Региональный уровень (Белорусское Поозерье)</b>									
Пашня	1679	24.62	5.41	0.0455	27.16	1.37	0.0035	79.25	0.73
Строения	1754	9.91	2.09	0.0475	14.77	1.21	0.0038	59.26	
Леса	1025	43.39	15.61	0.0278	28.41	1.41	0.0034	56.44	
Луга	1805	8.96	1.83	0.0489	14.87	1.21	0.0038	59.90	
Открытая поверхность	498	3.37	2.49	0.0135	4.42	1.20	0.0040	15.74	
Болота	468	6.68	5.27	0.0127	6.54	1.32	0.0031	23.58	
Водные объекты	347	3.07	3.26	0.0094	3.54	1.24	0.0037	13.43	
<b>Субрегиональный уровень (Городокский район)</b>									
Пашня	4312	15.93	0.11	1.4499	39.34	1.66	0.0774	252.76	0.47
Строения	578	3.78	0.19	0.1944	6.62	1.72	0.0427	1586.25	
Леса	8132	55.07	0.20	2.7345	85.74	1.42	0.0972	6680.36	
Луга	4429	2.25	0.02	1.4893	10.32	1.34	0.1026	458.99	
Открытая поверхность	22483	13.99	0.02	7.5601	53.37	1.30	0.1062	11257.83	
Болота	66	4.84	2.18	0.0222	3.79	2.18	0.0090	1806.69	
Водные объекты	4956	3.42	0.02	1.6665	7.29	1.20	0.1201	5219.82	
Дороги	7518	0.72	0.003	2.5280	8.41	1.23	0.1147	7394.65	

*Примечание.* MP – количество патчей каждого вида земель, шт; PLAND – процент определенного вида земель, %; MPS – средний размер (площадь) фрагмента (патча), км<sup>2</sup>; PD – плотность фрагмента, шт/км<sup>2</sup>; LSI – индекс формы; MSI – средний индекс формы; MPAR – отношение периметра к площади; MESH – эффективный размер ячейки, км<sup>2</sup>; SHEI – индекс равномерности Шеннона.

## Библиографические ссылки

1. *Гусев А. П.* Фрагментация ландшафтного покрова как фактор деградации потенциала самовосстановления геосистем // Весці БДПУ. Серыя 3. 2014. № 1. С. 58–61.
2. *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.
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. *Rutledge D. T., Miller C. J.* The use of landscape indices in studies of the effects of habitat loss and fragmentation // *Naturschutz und Landschaftsplanung*. 2006. № 38. P. 300–307.
5. *Frazier A. E., Kedron P.* Landscape Metrics: Past Progress and Future Directions // *Current Landscape Ecology Reports*. 2017. № 2. P. 63–72.
6. *Jaeger J. A. G.* Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation // *Landscape Ecology*. 2000. № 15. P. 115–130.
7. *Белоновская Е. А., Кренке А. Н., Тишков В. А., Царевская Н. Г.* Природная и антропогенная фрагментация растительного покрова Валдайского Поозерья // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014. № 5. С. 67–82.

УДК 911.52

## ТИПОЛОГИЯ КУЛЬТУРНЫХ ЛАНДШАФТОВ В КОНТЕКСТЕ СОХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОГО И ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ БЕЛАРУСИ

Е. Е. Давыдик<sup>1)</sup>, С. И. Кузьмин<sup>2)</sup>, А. А. Сазонов<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [alenadavydzik@gmail.com](mailto:alenadavydzik@gmail.com), [ecoland.bsu@gmail.com](mailto:ecoland.bsu@gmail.com)

<sup>2)</sup>Humboldt University, Berlin, Unter den Linden 6,  
10099 Berlin, Germany, [savelij.kuzmin@geo.hu-berlin.de](mailto:savelij.kuzmin@geo.hu-berlin.de)

<sup>3)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [ecoland.bsu@gmail.com](mailto:ecoland.bsu@gmail.com)

В статье представлены результаты разработки типологии культурных ландшафтов Беларуси, основанной на принципах, изложенных в Руководстве ЮНЕСКО по применению положений Конвенции ООН об охране всемирного культурного и природного наследия и понимании авторами «культурного ландшафта» как природно-территориального культурно-исторического комплекса (ПТКИК) — единого многокомпонентного пространственного образования, являющегося отражением природного и исторического развития территории, традиционных видов (форм) землепользования, включающего объекты материальной и духовной культуры, местное население и хозяйство, системы поселений, обрядовые и культовые сооружения.

**Ключевые слова:** культурный ландшафт; природное и историко-культурное наследие; природопользование; устойчивое развитие.

## THE TYPOLOGY OF CULTURAL LANDSCAPES IN THE CONTEXT OF PRESERVATION OF THE NATURAL, HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE OF BELARUS

E. E. Davydik<sup>1)</sup>, S. I. Kuzmin<sup>2)</sup>, A. A. Sazonov<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4, 220030, Minsk, Belarus, [alenadavydzik@gmail.com](mailto:alenadavydzik@gmail.com), [ecoland.bsu@gmail.com](mailto:ecoland.bsu@gmail.com); <sup>2)</sup>Humboldt-University, Berlin, Unter den Linden 6, 10099 Berlin, Germany, [savelij.kuzmin@geo.hu-berlin.de](mailto:savelij.kuzmin@geo.hu-berlin.de)

<sup>3)</sup>Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4, 220030, Minsk, Belarus, [ecoland.bsu@gmail.com](mailto:ecoland.bsu@gmail.com)

The article presents the results of research on the development of a typology of cultural landscapes in Belarus, based on the principles set out in the UNESCO Guidelines for the Application of the UN Convention for the Protection of the World Cultural and Natural Heritage and the authors' understanding of "cultural landscape" as a natural-territorial cultural-historical complex (NTCIC) – a single multi-component spatial formation as a reflection of the natural and historical development of the territory, traditional types (forms) of land use.



**Keywords:** cultural landscape; natural and historical-cultural heritage; environmental management; sustainable development.

Сохранение природного и историко-культурного наследия в Беларуси для нынешнего и будущего поколений является одной из важнейших задач, обозначенных в Концепции устойчивого развития страны на период до 2035 [1, с. 42]. Методологической основой для сохранения наследия как системы разнообразных и многоуровневых ценностей может служить концепция культурного ландшафта (КЛ) [2].

Согласно статье 1 Европейской ландшафтной конвенции, «ландшафт» означает часть территории, в том смысле, как она воспринимается таковой населением, отличительные черты которой являются результатом действия природного и/или человеческого факторов или их взаимодействия [3, с. 2]. В конвенции указывается, что «ландшафт» – это единое целое, в котором необходимо рассматривать одновременно и природные, и культурные факторы, и представляет собой среду обитания для определенной группы населения. В документе подчеркивается, что меры по охране ландшафтов продиктованы их значимостью как объектов наследия, имеющих определенную природную конфигурацию и/или являющихся результатом человеческой деятельности. Устойчивое развитие ландшафтов становится альтернативой их интенсивному хозяйственному освоению.

В географическом смысле «культурный ландшафт» обладает структурой, морфологической и функциональной целостностью и развивается в конкретных физико-географических, социально-экономических и культурно-исторических условиях. Его компоненты находятся в определенной взаимосвязи и взаимообусловленности и формируют определенные сочетания территориальных структур [4, с. 92].

В соответствии с систематикой и типологией в Руководящих указаниях по применению Конвенции о Всемирном наследии [5, с. 9–10] все культурные ландшафты составляют три группы:

1. Сформированные, или «рукотворные», с четко определяемой границей, представленные поселениями, садами, парками и природно-техническими системами;
2. Естественно сформировавшиеся и эволюционирующие, представленные сельскими и мелиоративными территориями;
3. Ассоциативные, имеющие тесную связь с конкретными историческими событиями или личностями, своеобразной культурой.

Для получения развернутой характеристики культурных ландшафтов Беларуси выполнен интегральный покомпонентный автоматизированный анализ ключевых участков, сопоставимых с природными ландшафтными

районами, с использованием геоинформационных систем (ГИС), состоящий из нескольких блоков:

1 — природное вмещающее пространство, включающее участки определенного геоморфологического строения с близкими морфометрическими показателями рельефа, определенными сочетаниями почв и растительным покровом, гидрологическими особенностями территории, включая ее мелиоративную преобразованность;

2 — компоненты материального слоя, включающие структуру и динамику землепользования, систему расселения с выделением социально-культурных центров, размещение промышленных объектов и транспортной инфраструктуры, рекреационных зон, включая курорты и зоны отдыха;

3 — компонент природного наследия, включающий особо охраняемые природные территории (ООПТ);

4 — компонент объектов историко-культурного наследия.

Для пространственного анализа структуры культурных ландшафтов анализировались земельно-кадастровые данные в аналоговом и цифровом виде. В программном комплексе ArcGIS проводилась обработка данных ландшафтного районирования и территориально-локализованных объектов историко-культурного наследия Республики Беларусь. Методика исследований базировалась на геоинформационном анализе пространственных данных, методе экспертных оценок и специализированных приемах обработки данных [6–9].

По результатам исследований определен перечень типологических признаков культурных ландшафтов Беларуси, характеризующих их ценность и свойства как объектов природного и историко-культурного наследия, разработана структурно-функциональная типология культурных ландшафтов.

В качестве основных классификационных признаков, отражающих особенности формирования культурных ландшафтов Беларуси как объектов природного и историко-культурного наследия, предложены:

- характер и структура, динамика землепользования;
- характер и система размещения населенных пунктов;
- наличие и характер размещения объектов природного наследия;
- наличие и характер размещения объектов историко-культурного наследия.

Для отражения специфических социокультурных функций культурных ландшафтов предлагается учитывать следующий основной типологический признак — характер и выраженность хозяйственной деятельности человека в ландшафте. Согласно такому подходу формируются следующие типы культурных ландшафтов:

сельскохозяйственная деятельность формирует сельский тип; создание поселений и их ландшафтное обустройство – селитебный тип; проведение религиозных церемоний, поклонение объектам культа, священнодействие — сакральный тип; получение эстетических удовольствий, воспитание чувства прекрасного, приобретение душевного покоя и внутренней гармонии – рекреационный тип; охота, рыбная ловля, заготовка пищевых, лекарственных, технических растений, лесозаготовка и лесоразведение и др. – промысловый тип; разработка карьеров, отвалов, горных выработок в процессе добычи разнообразных полезных ископаемых, создание соразмерных ландшафту инженерных сооружений для использования его энергетики, размещение в ландшафте инженерно-технических систем и производственных комплексов – индустриальный тип; охрана объектов природной среды — заповедный тип; сохранение памяти о важных исторических событиях и выдающихся личностях, сохранение связанных с ними атрибутов, трансляция преданий и исторических повествований, празднование памятных дат и т. д. — мемориальный тип, рисунок.



Типология культурных ландшафтов

При формировании перечня типологических признаков мы исходили из того, что данные показатели должны отражать характерные особенности структуры культурных ландшафтов Беларуси, их морфологическую и функциональную целостность, а также развитие ландшафта в конкретных физико-географических и культурно-исторических условиях.

Выделенные типы культурных ландшафтов могут являться основой для культурно-ландшафтного районирования территории Беларуси и отдельных регионов, а также для разработки предложений по сохранению культурных ландшафтов, обладающих наибольшим потенциалом природного и историко-культурного наследия, для формирования предложений по устойчивому природопользованию рассматриваемых территорий.

### Библиографические ссылки

1. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 г. (утверждена Президиумом Совета Министров Республики Беларусь, протокол заседания от 4 февраля 2020 г., № 3). Минск, 2020. 83 с.

2. Кулешова М. Е. Формы охраны природно-культурного наследия и категория культурного ландшафта [Электронный ресурс] // Горизонты гуманитарного знания. 2017, № 4. URL: <http://journals.mosgu.ru/ggz/article/view/580> (дата обращения: 14.02.2024.).

3. Европейская Конвенция о ландшафтах. Страсбург. 2000. 28 с.

4. Культурный ландшафт как объект наследия / М-во культуры и массовых коммуникаций Рос. Федерации, Рос. акад. наук, Рос. науч.-исслед. ин-т культур. и природ. наследия им. Д. С. Лихачева ; [Андреева Е.Д. и др.]. Москва : Ин-т Наследия ; СПб. : Дмитрий Буланин, 2004 (Тула : ИПП Гриф и Ко). 617 с.

5. Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention. – UNESCO, WHC-99/2, 1999 (February). 50 p.

6. Кузьмин С. И., Воробьев Д. С., Давыдик Е. Е. Культурные ландшафты Беларуси как объект сохранения природного и историко-культурного наследия / С. И. Кузьмин [и др.] // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: Междунар. науч.-практич. конференция ICER – 2021 (Брест, 7–8 октября 2021 г.) / Сб. тезисов докладов IV Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 55-летию Брестского гос. технич. ун-та и 50 -летию фак. инженерных систем и экологии. г. Брест, БГТУ, 2021. С. 39.

7. Марцинкевич Г. И., Кузьмин С. И., Давыдик Е. Е., Бобко А. В. Методологические проблемы и подходы к выявлению и оценке типичных и редких ландшафтов Беларуси // Журнал Белорусского гос. ун-та. География. Геология. 2020; 2: С. 36-44.

8. Червань А. Н., Кузьмин С. И. Оценка пространственной структуры землепользования для идентификации культурных ландшафтов как объектов природного и историко-культурного наследия. С. 455-461 / А. Н. Червань, С. И. Кузьмин // Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение: материалы междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 60-летию НИЛ экологии ландшафтов фак. географии и геоинформатики БГУ, Минск, 9–11 ноября 2022 г. / БГУ, факультет географии и геоинформатики ; [редкол.: Д. С. Воробьев и др.]. Минск: БГУ, 2022. 486 с.

9. Кузьмин С. И., Давыдик Е. Е., Сазонов А. А. Опыт изучения культурных ландшафтов в Республике Беларусь. С. 139–143 // Сборник научных статей «Современные географические исследования: теория, практика, инновация». Часть 1. Материалы междунар. науч.-практич. конф. (Самарканд, 12–13 мая 2023 года). Самарканд, 2023. 507 с.

УДК 627.157

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПО ОТНОШЕНИЮ К УГЛЕРОДНОМУ СЛЕДУ

**Е. Ю. Дорожко**

*Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Франциска Скорины, 10,  
220114, г. Минск, Беларусь, [elizaveta2002belstu@gmail.com](mailto:elizaveta2002belstu@gmail.com)*

В данной статье предлагается сравнительный обзор различных методов обезвоживания донных отложений, извлеченных из водных объектов, включая обезвоживание на иловых площадках, механическое обезвоживание и применение геотекстильных контейнеров. Статья сосредоточена на изменении углеродного следа в процессе обезвоживания и сравнении эффективности различных методов.

**Ключевые слова:** донные отложения; обезвоживание; иловые площадки; центрифуга; геотекстильный контейнер; глобальное изменение климата; углеродный след.

## ANALYTICAL REVIEW OF BOTTOM SEDIMENTS DEWATERING METHODS IN RELATION TO CARBON FOOTPRINT

**E. Yu. Dorozhko**

*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Francis  
Skorina str., 10, 220114, Minsk, Belarus, [elizaveta2002belstu@gmail.com](mailto:elizaveta2002belstu@gmail.com)*

The article offers a comparative overview of various dewatering methods of bottom sediments extracted from water bodies, including sludge dewatering, mechanical dewatering and using geotextile containers. The article focuses on changing the carbon footprint in the process of dewatering and comparing the efficiency of different methods.

**Keywords:** bottom sediments; dewatering; sludge fields; centrifuge; geotextile container; global climate change; carbon footprint.

Приводящий к повышению температуры на планете парниковый эффект вызван парниковыми газами. Одним из главных парниковых газов является метан, хотя его содержание в атмосфере невелико, его потенциал глобального потепления в 72 раза превышает CO<sub>2</sub>, поэтому даже небольшие изменения его концентрации могут усилить парниковый эффект [1].

Метан поступает в атмосферу как из природных источников (океан, болота, озера, леса), так и из антропогенных источников (свалки, рисовые поля, разведение крупного рогатого скота). В природе метан образуется в илах водоемов в результате сложных бактериальных процессов

разложения органического материала, поэтому важным источником метана в атмосферу являются водохранилища. Оценивается, что эмиссия метана с поверхности водохранилищ составляет 5–10 % общей эмиссии в атмосферу (рис. 1). 2].

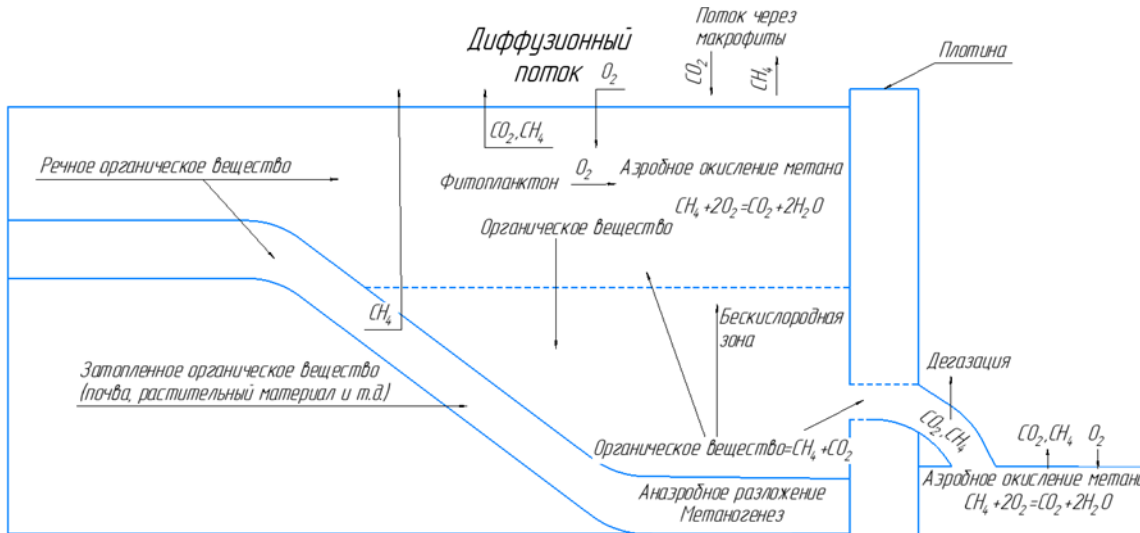


Рис. 1. Формирование потока парниковых газов из донных отложений водного объекта

Эмиссия метана из отложений на дне водохранилищ — серьезная проблема, которая может нанести вред окружающей среде. Дно водоемов содержат огромное количество органических веществ, которые, находясь в анаэробных условиях, подвергаются разложению. В результате такого процесса образуется метан, который затем поступает в атмосферу.

Для решения этой проблемы проводится своевременное очищение дна водного объекта от донных отложений. В результате изымается огромный объем органоминерального материала, влажность которого может достигать 80–90 %. Тем самым, для дальнейшего его использования необходимо изучить традиционные и современные технологии, которые применяются для обезвоживания донных отложений.

Традиционным методом по обезвоживания как осадков сточных вод, так и донных отложений являются иловые площадки. Иловые площадки являются одним из самых распространенных методов обезвоживания донных отложений в естественных условиях. Процесс основан на принципе естественного отстаивания влажного материала в специально организованных водоемах. В процессе обезвоживания отложения оседают на дне, а фильтрат сливается или испаряется. Этот процесс может занимать от нескольких месяцев до нескольких лет, в зависимости от площади и условий процесса обезвоживания [3].

Однако, использование иловых площадок оказывает негативное воздействие на окружающую среду в целом. Ввиду того, что возможное поступление фильтрата в почву и подземные водные горизонты, так и при обезвоживании донных отложений образуются парниковые газы, что и оказывает влияние на глобальное изменение климата из-за увеличения испарения парниковых газов с поверхности иловых площадок в атмосферный воздух.

Другой технологией обезвоживания является механическое обезвоживание с помощью центрифуг. Для более быстрого процесса обезвоживания донных отложений используются специальные центрифуги. Они основаны на принципе разделения жидкой и твердой фаз, путем вращения образца с высокой скоростью. Центрифуги обеспечивают более эффективное удаление влаги, в результате чего происходит значительное сокращение объема донных отложений. С помощью данной технологии можно в значительно более короткие сроки провести обезвоживание донных отложений [4].

С точки зрения углеродного следа, использование центрифуг имеет высокий уровень воздействия. Это связано с энергоемкостью процесса и необходимостью поддержания работы центрифуги. В результате обезвоживания отложений в центрифугах также выделяется метан, что в значительной степени влияет на содержание его в атмосфере.

Современным методом обезвоживания является применение геотекстильных контейнеров — рис. 2.

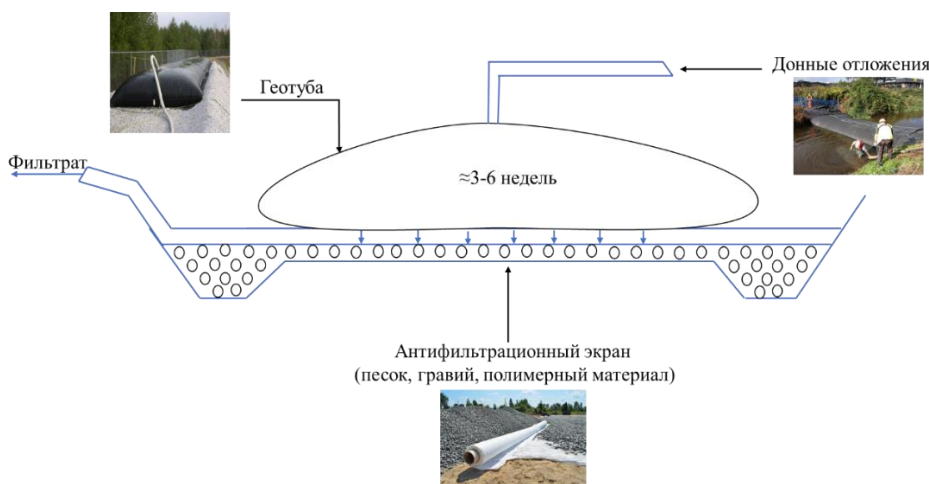


Рис. 2. Геотекстильное тубирование донных отложений

Геотекстильное тубирование включает в себя использование контейнеров из материала Geolon (полипропилен), в результате закачки отложений в контейнер происходит обезвоживание под воздействием гравитации, фильтрат отводится с помощью системы отвода фильтрата и может быть обратно закачан в водный объект, а донные отложения

извлекаются. В результате обезвоживания может собираться метан, образующийся в процессе разложения [5]. С точки зрения углеродного следа, геотекстильное тубирование имеет низкий уровень воздействия, т.к. метан образуется в самом контейнере и может быть извлечен для дальнейшего применения.

Для сравнения методов обезвоживания проводилось их ранжирование в таблице по нескольким критериям — аппаратное оформление, стоимость оборудования, занимаемая территория, возможность применения отложений после обезвоживания и углеродный след.

### Ранжирование методов обезвоживания донных отложений

Критерии оценки	Технология по обращению		
	иловые площадки	механические методы	геотекстильный контейнер
Аппаратное оформление	5	8	7
Стоимость оборудования	4	3	7
Занимаемая территория	3	6	8
Возможность применения отложений после обезвоживания	5	7	8
Углеродный след	3	6	8
Всего	20	30	38

В результате проведенного сравнительного обзора можно сказать, что наиболее применимой технологией обезвоживания донных отложения является геотекстильное тубирование. Оно превосходит другие методы по нескольким критериям, включая критерий углеродного следа. Метан можно в дальнейшем использовать для получения биогаза или биотоплива.

### Библиографические ссылки

1. World Bank. Greenhouse Gases from Reservoirs Caused by Biogeochemical Processes [Electronic Resource]. URL: <https://openknowledge.worldbank.org> (date of access: 05.01.2024).
2. Федоров Ю. А., Тамбиев Н. С., Гарькуша Д. Н. Метан в водных экосистемах. Ростов: Ростовский Государственный Университет, 2005. 329 с.
3. Лихачева А. В. Воздействие иловых площадок на окружающую среду // Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 9–10 ноября 2000 г. Минск, 2000. С. 311–315.
4. Чернышев В. Н. Современные методы и технологии очистки сточных вод и обработки осадков // БИОТЕХВОД – 2020: материалы международной очно-заочной конференции молодых ученых и студентов, Макеевка – 20–21 февраля 2011. С. 72–73.
5. Ding L., Ter Harmsel M., Yee T. W. A geotextile tube contribution to carbon footprint savings at Tianjin Eco-City, China // In Proceedings of the 10th International International Conference on Geosynthetics (10ICG), Berlin, Germany, 21–25 September 2014. P. 2133–2141.



УДК 504.054

## **ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В БЕЛАРУСИ**

**С. Д. Дробенок**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [sdrobenok@gmail.com](mailto:sdrobenok@gmail.com)*

В статье представлены результаты оценки степени загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами в районах размещения объектов захоронения твердых коммунальных отходов в Беларуси (далее – полигонов ТКО). Рассмотрены основные закономерности распределения загрязняющих веществ в почвах в зависимости от характера почвенно-экологических условий исследуемых территорий и потенциального влияния на почвы полигонов ТКО путем расчета коэффициента концентрации и суммарного показателя загрязнения почв. Полученные данные позволили оценить степень загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами.

Установленные закономерности основываются на полевых исследованиях НИЛ экологии ландшафтов БГУ за 2022-2023 гг.

**Ключевые слова:** почвы; концентрации тяжелых металлов; химическое загрязнение почв; распределение; охрана почв; оценка; окружающая среда; воздействие; экологическое состояние; твердые коммунальные отходы.

## **ASSESSMENT OF THE DEGREE OF SOIL COVER POLLUTION WITH HEAVY METALS IN THE AREAS OF LOCATION OF SOLID MUNICIPAL WASTE DISPOSAL OBJECTS IN BELARUS**

**S. D. Drobenok**

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4,  
220030, Minsk, Belarus, [sdrobenok@gmail.com](mailto:sdrobenok@gmail.com)*

The article presents the results of assessing the degree of soil contamination with heavy metals in the areas where municipal solid waste disposal facilities are located in Belarus (hereinafter referred to as MSW landfills). The main patterns of distribution of pollutants in soils are considered depending on the nature of the soil-ecological conditions of the study areas and the potential impact of MSW landfills on soils by calculating the concentration coefficient and the total indicator of soil pollution. The data obtained made it possible to assess the degree of soil contamination with heavy metals.

The established patterns are based on field studies of the Research Laboratory of Landscape Ecology BSU for 2022-2023.

**Keywords:** soils; concentrations of heavy metals; chemical contamination of soils; distribution; soil protection; assessment; environment; impact; ecological state; municipal solid waste.

В качестве основных материалов для исследования служили результаты полевого обследования почв в районах размещения полигонов ТКО д. Дубеи и г. п. Красная Слобода в период с 2022 по 2023 гг. и данные химико-аналитических работ по определению в отобранных в пределах санитарно-защитных зон (СЗЗ) полигонов пробах почв концентраций (валовые формы) тяжелых металлов (кадмий, медь, мышьяк, никель, свинец, хром, цинк, ртуть, марганец).

Исследование степени загрязнения почвенного покрова в районах размещения полигонов захоронения твердых коммунальных отходов включало три этапа: предполевой, полевой и камеральный.

Предполевой этап включал сбор исходной информации о полигонах ТКО, условиях хранения отходов, инженерных сооружениях, препятствующих распространению загрязнения от полигонов. Также проводился анализ геоморфологических, гидрогеологических и гидрогеохимических условий размещения полигонов.

На полевом этапе осуществлялись обследования территорий полигонов, отбор проб почв для анализа загрязнения химическими веществами и корректировка границ пробных площадок с учетом состояния исследуемой территории. Отбор проб осуществлялся в СЗЗ полигонов в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84.

На камеральном этапе выполнялись работы по анализу нормативных и методических документов, используемых для оценки характера воздействия объектов хранения твердых коммунальных отходов на окружающую среду; анализ полученных данных и оценку состояния почв в зоне воздействия полигонов ТКО согласно ЭкоНиП 17.03.01-001-2021 «Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах и требования к их применению», утвержденных Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 25 ноября 2021 г. № 13-Т «Об утверждении экологических норм и правил» и вступивших в силу с 1 июля 2022 г.

Для оценки загрязнения почвенного покрова территории применялся показатель  $Z_c$  — суммарный показатель загрязнения. Он представляет собой сумму коэффициентов концентрации ( $K_c$ ) токсикантов (загрязнителей) I, II и III классов токсикологической опасности по отношению к фоновым значениям. Он рассчитывается по формуле:

$$Z_c = \left( \sum_{i=1}^n K_c \right) - (n - 1),$$

где  $K_c$  – коэффициент концентрации  $i$ -го химического элемента,  $n$  – число, равное количеству элементов, входящих в геохимическую ассоциацию.

Коэффициент концентрации ( $K_c$ ) рассчитывается по формуле:

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\text{фон}}},$$

где  $C_i$  – фактическое содержание элемента;  $C_{\text{фон}}$  – геохимический фон.

Значения рН в почвах составляют 3,69–6,68 единицы. Сильнокислая среда ( $\text{pH} < 4,5$ ) отмечается в 28,6 % почвенных образцов, кислая ( $4,6 < \text{pH} < 5,5$ ), слабокислая ( $5,6 < \text{pH} < 6,5$ ) — 28,6 %; нейтральная ( $6,6 < \text{pH} < 7,2$ ) — в 14,2%.

#### Коэффициент концентрации и суммарный показатель загрязнения почв для полигонов твердых коммунальных отходов Беларуси

Кол-во точек	Коэффициент концентрации ( $K_c$ )						Суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ )
	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Ni	
Полигон ТКО д. Дубей							
ПП1	1,60	1,07	3,57	2,57	4,34	2,50	10,65
ПП2	2,19	1,57	3,57	3,05	1,90	1,33	8,60
ПП3	1,51	0,99	3,57	2,82	2,00	1,59	7,48
ПП4	2,21	0,50	3,57	2,31	1,50	1,14	6,23
Полигон ТКО г.п. Красная Слобода							
ПП5	0,46	0,20	2,08	0,90	1,79	0,59	1,03
ПП6	1,01	0,72	2,78	2,07	2,71	0,25	4,54
ПП7	1,02	0,80	2,78	2,89	3,81	1,49	7,79

По значениям суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ) исследованные участки были отнесены к категории земель с допустимым уровнем загрязнения ( $Z_c < 16,0$ ).

Незначительные превышения («низкая степень загрязнения») в некоторых случаях были выявлены по Cu и Ni (не более 5 % от всех отобранных проб). Наиболее часто (до 15 % отобранных проб) загрязнение низкой степени фиксируется по Cr. Химического загрязнения почв с более

высокой степенью в СЗЗ полигонов захоронения ТКО установлено не было.

Результаты выполненного исследования указывают на то, что для большинства проб (по Cd, As, Hg, Mn, Pb, Zn) фактические концентрации анализируемых веществ в почвах земель, расположенных в СЗЗ зон размещения полигонов захоронения ТКО земель, не превышают пороговых значений, установленных ЭкоНиП 17.03.01-001-2021 и классифицируются как «незагрязненные» данными веществами. Выявленные незначительные превышения, в основном, по Cu и Ni (не более 5 % от всех отобранных проб) и по Cr (соответственно до 15 %) на отдельных участках полигонов, как правило, соответствуют «низкой степени загрязнения». С учетом требований природоохранного законодательства для таких участков необходимо реализовывать природоохранные мероприятия.

### Библиографические ссылки

1. Демидов А. Л., Кузьмин С. И., Олешкевич О. М. Экологическая оценка воздействия объектов захоронения отходов потребления на подземные воды // Вестник БГУ. Серия 2, Химия. Биология. География. 2016. № 3. С. 154-158.

2. Ерошина, Д. М. Экологические аспекты захоронения твердых коммунальных отходов на полигонах / Д. М. Ерошина, В. В. Ходин, В. С. Зубрицкий, А. Л. Демидов. Минск: Бел НИЦ «Экология», 2010. 152 с.

3. Кузьмин С. И., Дробенок С. Д., Лаппо В. М. Распределение тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах санитарно-защитных зон полигонов твердых коммунальных отходов // Почвенные и земельные ресурсы: традиционные и инновационные подходы к изучению и управлению [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–24 сент. 2023 г. / БГУ; редкол.: А. Н. Червань (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2023. С. 214–218.

4. Лукашев, О. В. Закономерности распределения элементов-металлов в почвах земель Беларуси / О. В. Лукашëв, С. И. Кузьмин, Н. В. Жуковская, Н. Г. Лукашëва // Земля Беларуси. 2014. № 2. С. 37–43.

5. Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 г., утвержденная Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 567 от 28 июля 2017 г.

УДК 504.062(091)(470.1/.25)

## ОСНОВНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

**А. В. Евсеев, Н. Б. Седова**

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Ленинские горы,  
1, 119991, г. Москва, Россия, [nshedova@mail.ru](mailto:nshedova@mail.ru)*

Статья посвящена вопросам истории природопользования на Кольском полуострове и экологическим проблемам, которые возникли на данной территории в результате промышленной экспансии в изучаемом регионе. Выделены и рассмотрены исторические этапы формирования структуры природопользования.

**Ключевые слова:** Кольский полуостров; структура природопользования; эволюция природопользования; экологические проблемы.

## MAIN HISTORICAL STAGES IN THE FORMATION OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ON THE KOLA PENINSULA AND ECOLOGICAL PROBLEMS

**A. V. Evseev, N. B. Sedova**

*Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Leninskie Gory, 1,  
119991, Moscow, Russia, [nshedova@mail.ru](mailto:nshedova@mail.ru)*

The article is devoted to issues of the history of environmental management on the Kola Peninsula and environmental problems that arose in this territory as a result of industrial expansion in the region under study. The historical stages of the formation of the structure of environmental management are identified and considered.

**Keywords:** *Kola Peninsula; structure of environmental management; evolution of environmental management; environmental problems.*

Проблемам природопользования и экологии в арктических районах России в последние десятилетия уделяется особое внимание в связи с тем, что они являются основной ресурсно-сырьевой базой страны. Интенсивность эксплуатации этой базы постоянно возрастает. В настоящее время Мурманская область, расположенная на Кольском полуострове, является наиболее освоенной и экономически развитой арктической территорией.

Проведенные археологические исследования показали, что первичное заселение людьми Кольского полуострова произошло в начале голоцена с эпохи мезолита, и с того момента эта территория была

постоянно обитаема. Первоначальные стоянки располагались вблизи моря и на высоких террасах. В период арктического палеолита начались первые миграции охотников Скандинавии на Кольский полуостров [1]. В дальнейшем началась миграция людей из более южных районов и Северного Урала. Первый этап (до I в. до н. э.) Т. М. Красовская [2] обозначила как пионерский этап освоения Арктики, для которого характерна присваивающая экономика, коллективные формы хозяйствования и пассивная экологическая адаптация. Появилось традиционное природопользование в виде охоты на северного дикого оленя, рыболовства, собирательства, а в конце периода и зверобойного морского промысла (нерпа, морской заяц). Появление зверобойного промысла первобытных племен можно считать определенным прогрессом в хозяйстве, т.к. он сопровождался постройкой лодок, приспособленных для передвижения по морю.

К I в. н. э. появился саамский народ, образовавшийся путем слияния многих этнических групп, которые заселили весь Кольский полуостров [3]. Выделяется второй период освоения — саамский, длившийся до XIII-XIV вв. Он характеризуется традиционным природопользованием с развитием мелкостадного оленеводства, речного и озерного рыболовства, охоты, собирательства, зверобойного промысла. Коренные жители полуострова — саамы селились у воды вблизи рек и озер на высоких песчаных берегах, а рыболовство в это время было одним из основных их занятий. Они не имели постоянной оседлости и после относительно длительного освоения территории перемещались в места, более богатые промысловыми ресурсами [3]. Традиционным занятием саамов стала пастьба оленей. Этот период характеризуется преимущественно присваивающей экономикой, коллективными формами хозяйствования и активной экологической адаптацией [2].

Коренные изменения в традиционном природопользовании произошли в третий период — славянско-монастырский, обусловленный освоением полуострова славянами-поморами в XIV-XV вв. Постепенное заселение осуществлялось людьми, пришедшими с юга Белого моря. Русская колонизация усилилась в XVI веке, особенно в результате монастырской деятельности. Весь Терский берег Белого моря стал вотчиной монастырей: Кирилло-Белозерского, Соловецкого, Николо-Корельского. Монастыри развивали рыбный, зверобойный и соляной промыслы. Дополнительными занятиями поморов были охота и сбор дикоросов. Особенностью поморского традиционного природопользования является появление сельского хозяйства, в частности пашенного земледелия. Это самые северные в России очаги выращивания зерновых культур — ржи, ячменя и огородных культур — репы, редьки [4].

Положено начало развития селитебного природопользования. В XV в. появились первые русские поселения поморов на Терском берегу — Умба, Варзуга, а в первой половине XVI века Кандалакша и Кола, основан Троицко-Печенгский монастырь. Морской рыбный промысел появился и на Мурманском берегу. Саамское население, в основном, занималось озерным и речным рыболовством, оленеводством, в том числе транспортным. К концу XIX в. интенсивность хозяйственной деятельности значительно возросла. Вырубка леса на Терском берегу продолжалась длительное время, что и привело к появлению первых экологических проблем, связанных с большим объемом лесозаготовок.

В течение длительного времени на Кольском полуострове формировалось традиционное природопользование, при котором население занималось рыболовством, зверобойным промыслом, охотой на пушного зверя, оленеводством, ограниченным земледелием, ранее соляным промыслом. Именно в тот период была заложена структура современного традиционного природопользования на этой территории. Лишь в конце XIX в. оживилась хозяйственная деятельность — на Терском побережье появились первые лесопильные предприятия и на северо-западе основан портовый город Александровск (ныне Полярный). Это позволяет выделить следующий индустриальный этап развития природопользования. Большое значение для формирования современной структуры природопользования имеет период строительства железной дороги, связавшей полуостров с центром России. Железная дорога способствовала в двадцатые годы успешному проведению специальных геологических экспедиций, в результате которых были открыты крупные месторождения минерального сырья, в первую очередь, апатита. Это предопределило в начале этого периода интенсивное хозяйственное освоение территории, появление новых видов и типов природопользования, в первую очередь промышленного. В тридцатые годы началось доминирование промышленного природопользования. Были построены крупные промышленные предприятия (горнодобывающие, металлургические), и при них возведены новые города, в частности, Кировск и Мончегорск. Получил развитие Мурманск как крупный морской порт, центр судоремонта и судостроения, рыболовного флота. В это же время вблизи создавалась военно-морская база, и начало формироваться военное природопользование. Появление новых городов, населенных пунктов и резкое увеличение населения обусловили интенсивное развитие сельского хозяйства, преобразования сельскохозяйственного природопользования со значительным увеличением значения растениеводства для производства местных продуктов. Интенсивное хозяйственное освоение обусловило дальнейшее развитие лесопромышленного комплекса, лесохозяйственного природопользования по всей территории. Начало

формироваться энергетическое природопользование, строительство и эксплуатация небольших тепловых и гидроэлектростанций, в частности, вблизи Мурманска, Кировска, Кандалакши. Произошло развитие транспортной сети, транспортного природопользования, обусловившего расширение железнодорожного сообщения, строительство автодорог, морских портовых сооружений. Мурманск стал основной базой развития Северного морского пути.

Особо следует отметить появление природоохранного природопользования, создания первых заповедников — Лапландского и Кандалакшского, был основан Полярно-альпийский ботанический сад. Этот период развития заложил основу формирования современной структуры природопользования Мурманской области. Появились и получили развитие все четыре вида природопользования, согласно принятой нами классификации природопользования, включающие основные типы — промышленное, транспортное, энергетическое, специальное (военное), природоохранное [5]. Качественно изменились селитебное, сельскохозяйственное и лесохозяйственное природопользование, где произошло резкое увеличение выпускаемой продукции.

В 1940-1960-е гг продолжилось интенсивное хозяйственное освоение региона, появились новые крупные предприятия горнодобывающей промышленности и цветной металлургии, объекты транспорта и энергетики, военного назначения. Это привело к укрупнению существующих поселков и появлению ряда новых городов таких, как Заполярный, Апатиты, Ковдор, Оленегорск, Североморск. Началось формирование Кировска как рекреационного центра туризма регионального значения. Были попытки комплексной модернизации традиционного природопользования. Усилилось негативное промышленное влияние на окружающую природную среду.

В 1970-1990-х гг продолжился качественный рост промышленных производств, достигли максимального развития предприятия сельского и лесного хозяйства. Увеличилось количество объектов энергетики, в частности построена Кольская АЭС — основная электростанция, вырабатывающая почти половину электроэнергии области. Появился новый город энергетиков — Полярные Зори. Получили развитие и стали центрами промышленного природопользования города вблизи Мурманска — Снежногорск, Полярный с предприятиями ВПК, обслуживающими военный флот. Заметное развитие получило рекреационное природопользование, особенно туризм. Через ряд районов области были организованы туристические пешие и водные маршруты, горнолыжным центром стал Кировск. Вокруг отдельных городов стали возникать садово-огородные товарищества. Продолжилось формирование природоохранной



сети области, появились природные заказники, памятники природы федерального и регионального значения.

Развитие промышленности, в частности, горнодобывающей и цветной металлургии, продолжило крайне негативно отражаться на состоянии окружающей природной среды и способствовало формированию так называемых импактных арктических районов на западе и в центре полуострова площадью более тысячи кв. км [6]. Импактные районы характеризуются деградацией ландшафтов, загрязнением атмосферного воздуха, поверхностных вод, механическими нарушениями почв и грунтов, повышенной заболеваемостью местного населения [7].

В 1990-е гг прошлого века произошел резкий спад производства основных отраслей — машиностроения, горнодобывающей и рыбной промышленности, цветной металлургии. Наиболее значительные негативные изменения произошли в лесохозяйственном комплексе, сельском хозяйстве и строительстве. Произошло закрытие целого ряда предприятий, отмечалось заметное сокращение объемов производства. Однако, в последние 20 лет, в современный период индустриального этапа, наблюдается восстановление основных отраслей промышленности. Появляются новые, а сохранившиеся предприятия увеличивают выпуск продукции, совершенствуются современные энергосберегающие технологии производства. Продолжается небольшое развитие и других типов природопользования — селитебного, энергетического. Расширяется природоохранное природопользование. Однако, уменьшается значение лесохозяйственного и традиционного природопользования.

Выделенные этапы природопользования взаимосвязаны и отражают особенности хозяйственного освоения Кольского полуострова. Для первых этапов освоения характерно яркое проявление традиционного природопользования с биологическими ресурсами, а для заключительного - промышленного, со значительным усилением использования минерально-сырьевых ресурсов. Подобное развитие природопользования наблюдается и в других арктических районах России, особенно в пределах европейской территории.

### **Библиографические ссылки**

1. *Гурина Н. Н.* Древние памятники Кольского полуострова. В кн. Этнокультурная общность лесной и лесостепной зон Европейской части СССР в эпоху неолита. Материалы и исследования по археологии СССР. 1973. Вып. 172. С. 45-53.
2. *Красовская Т. М.* Природопользование Севера России. М.: Изд. ЛКИ, 2008.
3. *Киселев А. А., Киселева Т. А.* Советские саамы: история, экономика, культура. Мурманск. кн. изд-во, 1987.

4. *Комаров Б. А., Комаров Д. А.* Историко-этнографический комплекс Тоня Тетрина. Издательские решения, 2018.
5. *Евсеев А. В., Седова Н. Б.* Концептуальные подходы к разработке учебного курса «Региональное природопользование» // Географическая среда и живые системы. 2022. № 4. С. 162–174.
6. Экологический атлас Мурманской области. Москва – Апатиты, 1999.
7. *Красовская Т. М., Евсеев А. В.* Закономерности формирования импактных зон в Арктике и Субарктике России // География и природные ресурсы. 1997. № 4. С. 19-24.
8. *Евсеев А. В., Воробьевская Е. Л., Седова Н. Б.* Трансформация ландшафтов Центрально-Кольского импактного района // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения. Материалы XIV Международной ландшафтной конференции Воронеж, 17 – 21 мая 2023 года. Т. 2. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2023. С. 222–225.

УДК 504.5

## ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**Е. Ю. Елсукова, Е. О. Чуняева, Д. Д. Хлопцова**

*Санкт-Петербургский Государственный Университет, В. О., 10-я линия 33/35,  
199178, г. Санкт-Петербург, Россия, [e.elsukova@spbu.ru](mailto:e.elsukova@spbu.ru)*

В настоящем исследовании дана оценка воздействия поликомпонентного загрязнения на почвы. По результатам изучения почв Пушкинского района Санкт-Петербурга установлено превышение нормативов валового содержания Pb, Zn, Cu и Cd. При увеличении концентрации тяжелых металлов в почве, снижается выживаемость тест-объекта *Daphnia magna* Straus.

**Ключевые слова:** загрязнение почв; городская среда; тяжелые металлы; биотестирование; антропогенное воздействие.

## ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON SOILS OF URBANISED AREAS

**E. Yu. Elsukova, E. O. Chunyaeva, D. D. Khloptsova**

*St. Petersburg State University, V.O., 10th line 33/35, 199178, St. Petersburg,  
Russia, [e.elsukova@spbu.ru](mailto:e.elsukova@spbu.ru)*

The present study assesses the impact of multicomponent pollution on soils. According to the results of the study of soils of Pushkinsky district of St. Petersburg, the gross content of Pb, Zn, Cu and Cd was found to exceed the norms. With increasing concentration of heavy metals in soil, the survival rate of the test subject *Daphnia magna* Straus decreases.

**Keywords:** soil pollution; urban environment; heavy metals; biotesting; anthropogenic impact.

Важнейшим показателем степени изменений, происходящих в окружающей среде, является состояние почвенного покрова. В условиях крупного города почвенный покров подвергается интенсивным антропогенным воздействиям, в числе которых поступление загрязняющих веществ от техногенных источников, нарушение почвенного профиля, внесение привозного грунта и другие.

С целью изучения геохимических особенностей были исследованы почвы и почвогрунты Пушкинского района г. Санкт-Петербурга. Пушкинский район находится на юго-востоке Санкт-Петербурга, занимает по площади второе место (240 км<sup>2</sup>) и отличается разнообразием природно-

территориальных комплексов, жилой застройки и источников загрязнения. Именно поэтому почвы и почвогрунты Пушкинского района выбраны в качестве объекта исследования.

На территории района присутствуют предприятия металлообрабатывающей, фармацевтической, пищевой промышленности, ведется строительство жилых домов и транспортных магистралей, развито сельское хозяйство, в том числе животноводство. Государственные музеи-заповедники Царское село и Павловск способствуют развитию туризма. По территории Пушкинского района проходит Октябрьская железная дорога и автомагистрали. При этом Пушкинский район относится к одним из самых озелененных районов Санкт-Петербурга.

Для достижения цели в течении полевых сезонов 2020 и 2021 гг. было заложено 38 пробных площадей и отобрано 60 проб почв. Пробные площади располагались в местах с разной степенью антропогенной нагрузки: жилые кварталы и скверы, парки, зоны воздействия железных и автомобильных дорог и др.

Сделаны описания пробных площадей размером 20x25 м, которые включали характеристику жилой застройки, интенсивности автомобильного движения, наличие и характеристику растительности, бытового мусора, свалок. На каждой площадке отобраны пробы почв методом конверта в соответствии с ГОСТом.

Валовое содержание Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Sc, Sr, V, Zn в пробах определено методом ICP-MS. Подвижные формы Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V, Zn, а также K, Na, Ca определены в Научном парке СПбГУ Ресурсном центре Методы анализа состава вещества методом атомно-эмиссионной спектроскопии с применением ацетатно-аммонийного буфера (рН 4,8). Определение актуальной и потенциальной кислотности почв проведено потенциометрическим методом в лаборатории методов физико-химического анализа СПбГУ. Опыты по биотестированию для определения токсичности проб грунтов проведены с помощью тест-объектов *Dafnia magna* Straus [2]. В 2019 г. в почвах, отобранных на этих пробных площадях, определено содержание 16 ПАУ, результаты опубликованы [1].

Выявлено, что по валовому содержанию тяжелых металлов (ТМ) повсеместно превышена ОДК Рb (32 мг/кг) [5]: среднее содержание составляет 69 мг/кг, максимальное — 350 мг/кг. Повсеместное превышение ОДК (55 мг/кг) наблюдалось по Zn: среднее содержание 156 мг/кг, наибольшее — 429 мг/кг. В 25% изученных проб превышены нормативы по Cu и Cd. Имеются единичные случаи превышения по Ni. Расчет показателя суммарного загрязнения почв ( $Z_c$ ) показал, что только 10 % изученной территории покрыто чистыми почвами, а большая часть

изученных почв (75 %) относится к допустимой категории загрязнения, 10 % — к слабой категории, 5 % — к средней категории.

Таблица 1

**Сравнение полученных результатов с фоновыми значениями, мг/кг**

Данные	Элементы						
	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Cd
Фон [3] / [4]	31 / -	46 / 15	<3 / 30	26 / 15	30 / -	42 / 45	- / 0,12
Среднее значение по полученным результатам	39	40	16	69	45	156	0,46

Содержания подвижных форм Pb и Mn повсеместно превышают ПДК, имеются единичные превышения Cu и Zn. Важным индикатором антропогенного загрязнения является доля подвижных форм ТМ от их валового содержания. На исследованной территории низкой подвижностью характеризуются Co, Cr, V, Fe, средней подвижностью отличаются Ba, Cu, Ni, Sr, повышенной – Mn, Zn, Pb, высокой – Cd. При этом в 2021 г. по сравнению с 2020 г. подвижность возросла. Также с увеличением валовой концентрации металла, увеличивается и процент содержания подвижных форм. Кислотность почвогрунтов варьирует от слабокислой до слабощелочной.

Таблица 2

**Содержание подвижных форм тяжелых металлов в пробах**

	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	K	Na
Ср.Знач.	31,08	0,54	0,56	1,42	90,25	342,14	67,81
Макс.	51,3	3,82	2,17	8,87	670	828	166
Мин.	9,62	0,15	0,21	0,18	11,42	116	20,9
Норматив	-	-	-	3	-	-	-
	Ni	Pb	Sr	V	Zn	Ca	Mn
Ср.Знач.	0,70	12,16	10,83	0,10	25,63	4548,1	115
Макс.	1,48	62,1	26,6	0,21	112,5	11600	184
Мин.	0,28	1,78	3,71	0,02	5,28	133	19,45
Норматив	4	6	-	-	23	-	100

Посчитана корреляционная зависимость выживаемости дафний и содержания в тестируемых почвах ТМ. При 24 ч. экспозиции, значимой оказалась корреляция выживаемости дафний и подвижных форм Co и Cr. При

48 ч. экспозиции значима корреляция выживаемости дафний и валовых форм Zn и Fe, а также подвижных форм Co и Fe. Другие корреляции не являются значимыми, но в большинстве своем они представлены отрицательными значениями, следовательно, при увеличении концентрации тяжелых металлов в почве, снижается выживаемость тест-объекта *Daphnia magna* Straus.

Повышенные значения тяжелых металлов наблюдаются рядом с промзонами, автостоянками, станциями технического обслуживания, железной и автомобильными дорогами. К сожалению, загрязнение почвогрунтов наблюдается и в скверах, и в Александровском парке.

Исследование поддержано Санкт-Петербургским Государственным Университетом, ID проекта в системе PURE СПбГУ: 61288689

Выражаем благодарность ресурсному центру «Методы анализа состава вещества» Научного парка СПбГУ.

### Библиографические ссылки

1. Елсукова Е. Ю., Опекунова М. Г., Теритце К. Оценка загрязнения почв Пушкинского района Санкт-Петербурга. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов. Москва. 2021. С.12-17.

2. Токсикологические методы контроля. Методика измерений количества *Daphnia magna* Straus для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета, 2014 г.

3. Матинян Я. Н., Рейманн К., Бахматова К. А., Русаков А. В. Фоновое содержание тяжелых металлов и мышьяка в пахотных почвах Северо-Запада России (по материалам международного геохимического атласа) // Вестник СПбГУ. Серия 3 Биология. Номер 3. 2007. №3. С.123-134.

4. Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации от 27 декабря 1993 года N 61-5678 Письмо «О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами»

5. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г.

6. Экологическая обстановка в Пушкинском районе Санкт-Петербурга. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности в Санкт-Петербурге. СПб. 2017

УДК 502.35+504.064.36

## НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ

**М. А. Ересько**

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие  
«Бел НИЦ «Экология», ул. Гуляма Якубова, 76, 220095, г. Минск, Беларусь,  
[kisa\\_marina@mail.ru](mailto:kisa_marina@mail.ru)*

Проанализирована существующая в Республике Беларусь Национальная система мониторинга окружающей среды. Определены перспективные для совершенствования аспекты ее функционирования, важные для формирования единой государственной политики в области охраны окружающей среды и рационального природопользования. Показана актуальность усиления практической имплементации принципа комплексности экологической информации, формируемой в рамках НСМОС.

**Ключевые слова:** мониторинг окружающей среды; комплексная оценка; прогноз; экологическая информация.

## THE NATIONAL ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM IN THE REPUBLIC OF BELARUS AS AN INFORMATION BASIS FOR PUBLIC ADMINISTRATION

**M. A. Yeresko**

*The Republican Scientific and Research Unitary Enterprise «Ecology»,  
G. Yakubova street, 76, 220095, g. Minsk, Belarus, [kisa\\_marina@mail.ru](mailto:kisa_marina@mail.ru)*

The existing National Environmental Monitoring System in the Republic of Belarus is analyzed. Aspects of its functioning that are promising for improvement and important for the formation of a unified state policy in the field of environmental protection and rational use of natural resources have been identified. The relevance of strengthening the practical implementation of the principle of comprehensiveness of environmental information generated within the framework of the National Environmental Monitoring System is shown.

**Keywords:** environmental monitoring; comprehensive assessment; forecast; environmental information.

Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (далее – НСМОС) создана постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20 апреля 1993 г. № 247 для наблюдения, оценки и прогноза состояния окружающей среды [1]. В соответствии с абзацем 16 статьи 1 Закона Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г.

№ 1982-ХІІ «Об охране окружающей среды», «мониторинг окружающей среды – система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов» [2]. Из приведенной дефиниции вытекает главное отличие мониторинга окружающей среды от других организационно-правовых механизмов охраны окружающей среды (например, контроля в области охраны окружающей среды): содержание и конечная цель мониторинга — оценка динамики изменения состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов и прогноз.

Согласно пункту 2 Положения о НСМОС, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 14 июля 2003 г. № 949, НСМОС включает организационно-самостоятельные и проводимые на общих принципах 13 видов мониторинга окружающей среды [3, 4]. Обмен информацией между информационно-аналитическими центрами видов мониторинга и Главным информационно-аналитическим центром НСМОС осуществляется в соответствии с порядком, определенным Инструкцией об обмене экологической информацией в НСМОС [5].

НСМОС взаимодействует с системой социально-гигиенического мониторинга и системой мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в части обмена экологической информацией. Обмен экологической информацией между указанными системами осуществляется на безвозмездной основе в порядке, определяемом Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь совместно с Министерством здравоохранения Республики Беларусь и Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [6].

Пунктом 3 Положения о НСМОС определены основные общие принципы проведения видов мониторинга окружающей среды, среди которых [3] отметим принцип:

- комплексности обработки и использования экологической информации;
- доступа государственных органов, других государственных организаций, иных юридических лиц и граждан к экологической информации.

Реализация общих принципов проведения мониторинга окружающей среды в составе НСМОС осуществляется посредством (среди прочего):

- анализа экологической информации и ведения специализированных банков данных мониторинга окружающей среды;
- обеспечения обмена экологической информацией в НСМОС;
- оценки и разработки прогнозов состояния окружающей среды и воздействия на нее природных и антропогенных факторов;



– подготовки и предоставления экологической информации по результатам проведения мониторинга окружающей среды государственным органам, другим государственным организациям, иным юридическим лицам и гражданам;

– гармонизации с международными информационными системами в области мониторинга окружающей среды.

Перечисленные направления являются одновременно перспективными для совершенствования аспектами функционирования НСМОС, важными для формирования единой государственной политики в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Из видов мониторинга НСМОС локальный мониторинг окружающей среды является комплексным по своей сути и нацелен на обеспечение эффективного управления и сохранения благоприятной окружающей среды территорий концентрации крупных субъектов хозяйствования республики.

Локальный мониторинг окружающей среды может быть определен следующим образом: «локальный мониторинг окружающей среды — система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки экологического состояния и динамики его изменения, а также прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием антропогенных факторов применительно к территории, которая является зоной ответственности субъекта, осуществляющего хозяйственную и иную деятельность, сопровождаемую использованием природных ресурсов и оказанием воздействия на окружающую среду» [8].

Современный уровень развития общества требует в рамках локального мониторинга окружающей среды построения комплексных оценок и прогнозов изменения экологической ситуации в промышленных зонах городов под воздействием как природных, так и антропогенных факторов. Локальный мониторинг окружающей среды не будет полноценным и отвечающим основным цели и задачам в случае, если ограничиться лишь проведением наблюдений (отбор проб и химико-аналитические работы), без выполнения оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов [7–12].

В рамках локального мониторинга окружающей среды НСМОС необходим переход от констатаций наличия объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов сточных вод, концентраций химических веществ в подземных водах и почвах (грунтах) на территориях предприятий к комплексным оценкам состояния окружающей среды промышленной зоны в целом в ракурсе сложившегося уровня антропогенной нагрузки с учетом потенциальных изменений, обусловленных возможным строительством новых промышленных предприятий [7–12]. Комплексные

оценки такого рода, привязанные к конкретной территории, повысят эффективность накапливаемой экологической информации, послужат основой оптимизации территориального планирования развития территорий.

НСМОС — это и качественная информационная основа разработки рейтинговых оценок регионов Беларуси, комплекса природоохранных мероприятий, уточнения направления развития территории [13–20]. Комплексный анализ данных НСМОС, статистической информации, результатов экспертных оценок является основой оценки сложившегося уровня антропогенной нагрузки на территорию для эффективного регулирования воздействием и сохранения благоприятной окружающей среды.

### Библиографические ссылки

1. О создании Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 20 апреля 1993 г. № 247: В ред. Постановления Совета Министров Республики Беларусь от 14.07.2003 г. // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2024.

2. Об охране окружающей среды: Закон Республики Беларусь, 26 ноября 1992 г., № 1982-ХІІ: в ред. Закона Республики Беларусь от 30.12.2022 г. // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2024.

3. О Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 14 июля 2003 г., № 949: В ред. Постановления Совета Министров Республики Беларусь от 22.06.2020 г. // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2024.

4. *Ключенович, В. И.* Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты и перспективы / В. И. Ключенович, М. Г. Герменчук, А. В. Бобко, М. А. Ерьсько. Минск, «Бел НИЦ «Экология», 2013. 36 с.

5. Инструкция об обмене экологической информацией в Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 28 декабря 2004 г. № 43 // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2024.

6. О порядке обмена экологической информацией между системами мониторинга: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 29 апреля 2023 г., № 15/60/25 // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.

7. *Ерьсько, М. А.* Особенности проведения локального мониторинга земель на предприятиях / М. А. Ерьсько // Экология на предприятии. 2012. № 9 (15). С. 69–78.

8. *Ерьсько, М. А.* Организационно-правовые аспекты локального мониторинга земель / М. А. Ерьсько, С. В. Апанасевич // Природные ресурсы. 2015. № 1. С. 124–135.

9. *Ерьсько, М. А.* Локальный мониторинг окружающей среды: изменения в законодательстве и отчетность / М. А. Ерьсько // Экология на предприятии. 2017. № 3 (69). С. 67–79.

10. *Ересько, М. А.* Правовое регулирование мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь / М. А. Ересько, С. В. Апанасевич // Земля Беларуси. 2018. № 4. С. 36–43.

11. *Ересько, М. А.* Мониторинг почв (грунтов) в системе локального мониторинга окружающей среды / М. А. Ересько // Экология на предприятии. 2022. № 10 (136). С. 61–67.

12. *Ересько, М. А.* Локальный мониторинг подземных вод: особенности проведения / М. А. Ересько // Экология на предприятии. 2023. № 9 (147). С. 56–62.

13. *Ересько, М. А.* К вопросу экологического рейтинга регионов Беларуси / М. А. Ересько, В. М. Бурак, Е. В. Баутрель // Экологическая безопасность 1991–2021: Материалы заочной науч.-практ. конф., посвященной юбилейной дате образования РУП «Бел НИЦ «Экология» (30 лет), 20 мая 2021 года, Минск, Республика Беларусь / Под ред. И. П. Наркевича, М. А. Ересько. Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2021. С. 83–86.

14. *Ересько, М. А.* Экологическое состояние почв Беларуси / М. А. Ересько, Е. В. Баутрель // Природопользование и экологические риски: Материалы науч.-практ. конф., 5 июня 2019 г., Минск, Республика Беларусь / Под ред. И. В. Войтова. Минск: УО «Белорусский государственный технологический университет», 2019. С. 119–123.

15. Ересько, М. А. Комплексная оценка состояния гидросферы территории мезоуровня / М. А. Ересько, В. Е. Левкевич, К. А. Кечик // Новые методы и технологии в водоснабжении и водоотведении: сб. тр. / Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В. О. Китикова. Минск: БГТУ, 2022. С. 132–135.

16. *Ересько, М. А.* Комплексное восстановление земель в местах добычи полезных ископаемых / М. А. Ересько // Почвенные и земельные ресурсы: традиционные и инновационные подходы к изучению и управлению: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию образования кафедры почвоведения и геоинформ. систем БГУ и 85-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, проф. В. С. Аношко, Минск, 21–24 сент. 2023 г. / Белорус. Гос. ун-т; редкол.: А. Н. Червань (гл. ред.) [и др.]. Минск: БГУ, 2023. С. 64–68.

17. *Ересько, М. А.* Показатели комплексного экологического состояния почвенного покрова / М. А. Ересько, Н. В. Клебанович // Весці БДПУ. Серыя 3. 2023. № 3 (117). С. 28–33.

18. *Ересько, М. А.* Показатели физических свойств почв для комплексной экологической оценки состояния почвенного покрова / М. А. Ересько, Н. В. Клебанович // Земля Беларуси. 2023. № 3. С. 44–52.

19. *Родькин, О. И.* Разработка и адаптация методики комплексной оценки состояния окружающей среды для территорий административных районов / О. И. Родькин, М. А. Ересько // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2023. № 3. С. 89–96.

20. Методика комплексной оценки экологического состояния территории по интегральным параметрам устойчивости экосистем к внешнему негативному воздействию для оптимизации уровня антропогенной нагрузки / М. А. Ересько, Н. В. Клебанович, О. И. Родькин, В. Е. Левкевич; Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология». Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2023. 26 с.

УДК 502.58

**ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В 2012-2021 гг.  
(АНАЛИЗ ДАННЫХ ПЛАТФОРМЫ ИНИД)**

**Г. Ф. Ермошкина**

*Смоленский государственный университет, Россия, Смоленск,  
ул. Пржевальского, 4 [egf-gio@mail.ru](mailto:egf-gio@mail.ru)*

Автором исследуются отдельные аспекты проблемы лесных пожаров как опасного природного явления. Представлены результаты анализа данных платформы ИНИД о природных пожарах на территории России в 2012-21гг. Определены степень распространенности данного типа ландшафтных пожаров, особенности пожароопасных сезонов года, выявлены тенденции значительного роста количества и смещения сезонного пика возгораний.

**Ключевые слова:** леса России; опасные природные явления; ландшафтный пожар; лесной пожар; пожароопасный период.

**FOREST FIRES ON THE TERRITORY OF RUSSIA IN 2012-21  
(ANALYSIS OF THE INID PLATFORM DATA)**

**G. F. Ermoshkina**

*Smolensk State University  
4 Przhevalsky St., Smolensk 214000, The Russian Federation, [egf-gio@mail.ru](mailto:egf-gio@mail.ru)*

The author studies some aspects of the wildfires as a dangerous natural phenomenon. The results of the analysis of the INID platform data on natural fires on the territory of Russia in 2012-21 are presented. The degree of prevalence of this type of landscape fires, particularities of fire-hazardous seasons of the year are determined, the tendencies of significant increase in the number and shift of the peak of fires are revealed.

**Keywords:** Russian forests; natural hazards; landscape fire; landscape fire; forest fire; fire-hazardous period.

Природные пожары — весьма распространенная причина деградации ландшафтов. Являясь стихийным бедствием, они приводят не только к нарушению функционирования конкретного биоценоза, но и к масштабным негативным экономическим и экологическим последствиям. «В 2014-2017 гг. повреждения в лесах России были вызваны лесными пожарами (63 %), насекомыми-фитофагами (15 %), воздействием неблагоприятных погодных условий (11 %), болезнями (10 %) и другими факторами, такими как промышленное загрязнение (~1 %)» [4, с.52]. По данным платформы ИНИД (инфраструктура научно-исследовательских данных) только за

последние десять лет (2012-2021гг) на территории России зарегистрировано более 660 тысяч очагов возгораний. Анализ данных о природных пожарах в России за указанный период свидетельствует о том, что наибольшую тревогу вызывают именно лесные пожары. На их долю приходилось около 46,4 % всех природных пожаров за обозначенный период (рис.1), в отдельные годы этот показатель достигал 69,3 % (рис.2).

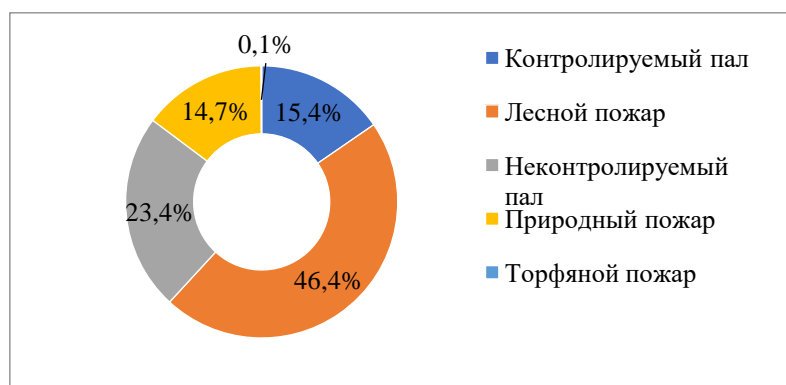


Рис.1. Типы природных пожаров на территории России в 2012-21 гг.  
Составлено автором по [3]

В семи годовых циклах из десяти лесные пожары являлись преобладающим типом возгораний. Исключение составили только 2014 и 2016 гг., в которые наибольшие проблемы создавал неконтролируемый пал — выжигание травы с нарушением требований правил пожарной безопасности, а в 2017 году основная доля природных пожаров (35,4 %) приходилась на контролируемый пал — выжигание травы с участием и по предварительному согласованию с Государственной противопожарной службой (рис.2).

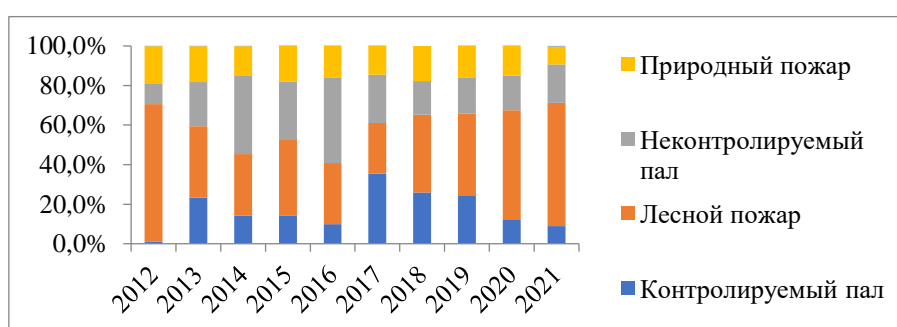


Рис.2. Распределение типов природных пожаров на территории России в 2012-21 гг.  
Составлено автором по [3]

Анализируя количественные показатели, можно отметить наметившуюся тенденцию на увеличение количества лесных пожаров. Их число выросло в 4 раза за период 2018-2021 гг. В 2021 г. количество возгораний

зафиксировано в 10 раз больше, чем в 2013 г. Необходимо отметить, что лесные пожары и прежде в отдельные годы количественно достигали 30-40 тыс. в год (1972г, 1996г, 2002г). Сотрудники МЧС отмечали определенную закономерность: «для лесной территории страны характерна повторяемость пожароопасных сезонов с экстремальными погодными условиями с периодичностью 2-3 раза в десятилетие» [1, с. 115]. Особенностью анализируемого периода является не только резкий рост числа возгораний (83 936 в 2021г.), но и сохранение высоких показателей на протяжении последних лет.

Как разновидность ландшафтного пожара данное опасное природное явление представляет неконтролируемый процесс горения, стихийно возникающий и распространяющийся по лесу [5]. Проблема лесных пожаров в России обусловлена объективными факторами: большая площадь лесов и преобладание хвойных пород, характеризующихся высокой пожарной опасностью, континентальный климат (малое количество осадков). Значимую роль играют и субъективные причины: несовершенство системы управления и организации охраны лесов, низкий уровень экологической культуры населения. Известно, что самовозгорание торфа или возгорание из-за удара молнии случается редко (7-14%). По данным Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций в 72 случаях из ста причиной возникновения пожара является человек. Четко прослеживается пространственная закономерность: частота возникновения пожаров зависит от интенсивности антропогенной активности и инфраструктурной освоенности.

Усиливает действие негативных факторов изменение климата. Возрастает риск пожаров вследствие грозových разрядов, увеличения количества дней с высокой горимостью. По мнению академика В. И. Осипова: «*В ряде регионов мира (особенно в Западной Европе) глобальное потепление спровоцировало ряд мощных тепловых волн, приведших к аномально высоким температурам. В России главным его проявлением стал рост числа лесных пожаров и площади пострадавших лесов*» [2, с. 10].

Опасность возникновения лесных пожаров возникает ранней весной и сохраняется до поздней осени. Согласно данным платформы ИНИД лесные пожары на территории России в 2012-21 гг. фиксировались во все месяца года. Так в 2019 году лесные пожары отмечались в течении 11 месяцев, в январе было зафиксировано 30 возгораний, а в 2020 г. лесные пожары случались даже в декабре (табл.1). Из весенних месяцев наиболее пожароопасным является май, в 2016 г. было зафиксировано 4633 случая возгораний в лесных массивах. Не мене опасен, как показывает статистика за 2014, 2015, 2017, 2018, 2020 гг., апрель.

Таблица 1

**Количество лесных пожаров на территории России за 2012-2021 гг.  
[сост. авт. по 3].**

Год	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2012	-	-	1	-	1468	4752	10217	1702	242	40	6	-
2013	-	-	-	389	1725	1616	2048	2875	27	38	4	-
2014	-	16	293	2880	2839	1748	6101	3042	727	684	7	-
2015	-	-	302	3028	2840	911	4679	5144	1088	196	32	1
2016	1	-	2	418	4633	3417	3789	1090	5012	161	19	-
2017	1	-	63	959	843	2553	2577	3233	32	385	145	-
2018	-	3	87	4317	3178	2338	6496	2661	75	51	8	2
2019	30	200	334	846	1195	2460	12625	13017	450	83	58	-
2020	-	1	184	1866	1229	14792	25182	25335	9727	719	24	6
2021	12	4	41	1029	3219	6902	34202	36564	1963	-	-	-
Итого	44	224	1307	15732	23169	41489	107911	94663	19342	2357	303	9

Абсолютным лидером пожароопасности является летний сезон (67,7% всех пожаров), более трети пожаров в лесных массивах фиксируются в июле. Этому благоприятствуют погодные условия — жаркая, сухая и ветреная погода, кратковременные дожди, сухие грозы. «Именно в это время созревает земляника, черника, клюква, брусника, другая ягода, грибы, за которыми люди в массовом порядке отправляются в лес [1, с. 116]. Иногда кульминация пожароопасного сезона смещается на осень, так в 2016 г. сентябрь стал самым тревожным месяцем, количество пожаров составило 5012. Но, как правило, в осенний сезон отмечается не более 10% возгораний от годовых значений. Сопоставим полученные результаты с данными за 2004 г. (табл.2).

Таблица 2

**Распределение лесных пожаров по месяцам в 2004, 2012-2021 гг., %  
[сост. авт. по [1, 3].**

Годы	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2004	-	-	10	31,8	16,9	18,9	14	6,6	1,4	-	-	-
2012-2021	0,014	0,073	5,51	7,6	13,5	35,2	30,9	6,3	0,9	0,003	-	-

Сравнение показывает, что в последнее десятилетие пик пожароопасности в течение года сместился на один месяц. Если ранее

максимальное количество возгораний приходилось на май-июнь-июль, то сейчас наиболее часто лесные пожары наблюдаются в июле-августе.

В ходе анализа данных платформы ИНИД была предпринята попытка пространственного анализа размещения очагов возгораний в лесных ландшафтах России. В частности, выявлено абсолютное численное преобладание лесных пожаров в азиатской части России. В европейской части, границы которой мы условно ограничили меридианом 60° в.д. количество лесных пожаров за период 2012-21 гг. составило около 1 % от общего числа. Примечательно, что, несмотря на малую долю, для лесных пожаров европейской части характерны выявленные особенности: общий рост количества пожаров, летний пик пожароопасности.

Таким образом, проведенный анализ данных платформы ИНИД показывает, что проблемы сохранения и рационального использования лесных ресурсов становятся все более актуальными и сложными.

Лесные пожары, являясь самым распространенным типом природных пожаров, в 2012-21 гг. стали настоящим стихийным бедствием. Количество очагов возгораний в лесных массивах исчисляется десятками тысяч в год, возгорание возможно в любой сезон года, в наиболее пожароопасные июль-август в 2021 г. отмечалось до 35 тысяч случаев. Особенно актуальна проблема лесных пожаров для азиатской части России. Увеличиваются последствия изменений климата, и все более очевидна корреляция между количеством лесных пожаров и аномальными температурами.

### Библиографические ссылки

1. Воробьев Ю. Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы / Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов; под общ. ред. Воробьева Ю. Л.; МЧС России. М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2014. 312 с.

2. Осипов В. И. Природные опасности и стратегические риски в мире и России. // Экология и жизнь. 2009. № 11-12. С. 5-15.

3. Пожары в России: данные о местах и типах природных пожаров за 2012–2021 гг. // МЧС; обработка: Новиков В. А., Тихонов С. В., Инфраструктура научно-исследовательских данных. АНО «ЦПУР», 2022. Доступ: Лицензия ССВУ-SA. Размещено: 31.03.2022. (Ссылка на набор данных: <http://data-in.ru/data-catalog/datasets/202/>) (дата обращения: 29 01.24)

4. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – Санкт-Петербург: Научно-технологии, 2022. 124 с.

5. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации в части совершенствования деятельности в области пожарной безопасности» от 22.12.2020 № 454-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_371759/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371759/) (дата обращения: 31 01.24)



УДК 502.335+504.054

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ В 2021 г.

Е. А. Жадановская<sup>1)</sup>, С. А. Громов<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup>*Институт глобального климата и экологии им. Ю. А. Израэля, ул. Глебовская, 20Б, 107258, г. Москва, Российская Федерация, [zhadanovskaya@gmail.com](mailto:zhadanovskaya@gmail.com)*

<sup>2)</sup>*Институт географии Российской академии наук, Старомонетный пер., 29(4), 119017, г. Москва, Российская Федерация, [gromov@igras.ru](mailto:gromov@igras.ru)*

На основе данных мониторинга атмосферного воздуха, поверхностных пресных вод и почвенного покрова представлен метод оценки уровня загрязненности окружающей среды урбанизированных территорий субъектов Российской Федерации, который позволяет ранжировать регионы и группировать их в зависимости от степени загрязненности. По результатам расчетов за 2021 г. были выявлены регионы с неблагоприятной экологической обстановкой, показано изменение загрязненности субъектов относительно оценок для 2013 г.

**Ключевые слова:** региональная оценка; загрязнение окружающей среды; данные мониторинга; Российская Федерация.

## REGIONAL ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL POLLUTION IN THE RUSSIAN FEDERATION IN 2021

E. A. Zhadanovskaya<sup>1)</sup>, S. A. Gromov<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup>*Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Glebovskaya str., 20B, 107258, Moscow, Russian Federation, [zhadanovskaya@gmail.com](mailto:zhadanovskaya@gmail.com)*

<sup>2)</sup>*Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Staromonetnyi lane, 29(4), 119017, Moscow, Russian Federation, [gromov@igras.ru](mailto:gromov@igras.ru)*

Based on monitoring data for air, surface water and soil, we present a method for assessing the environmental pollution level in urban areas within the constituent entities of the Russian Federation, which allows ranking regions and grouping them depending on pollution degree. By calculated results, regions with an adverse environmental situation were revealed for 2021 and the change relative to the 2013 assessments was shown.

**Keywords:** regional assessment; environmental pollution; monitoring data; Russian Federation

Оценка загрязненности окружающей среды (ОС) на региональном уровне является одной из важных проблем не только в России, но и во многих промышленно развитых странах. Загрязнение, вызванное

деятельностью человека, приводит к снижению качества ОС, особенно на урбанизированных территориях. Для интегральной сравнительной характеристики интенсивности таких процессов необходима разработка показателя загрязненности ОС, включающего результаты оценки загрязненности ее базовых компонент: атмосферного воздуха, поверхностных пресных вод и почвенного покрова.

Субъекты Российской Федерации различаются по размерам, уровню промышленного развития, плотности населения, климатическим условиям и другим факторам, влияющим на формирование и распространение загрязнения ОС и, как следствие, на ее состояние в регионе. Оценка загрязненности ОС в региональном масштабе сталкивается с проблемой нехватки данных. Очень часто используются статистические показатели, косвенно характеризующие факторы загрязнения ОС и находящиеся в свободном доступе на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики России. В качестве базовых составляющих для комплексных показателей качества/загрязненности ОС в основном используются объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы сточных вод в поверхностные водные объекты, количество незаконных свалок, захоронений твердых бытовых отходов и т. п. [1-5].

Данные мониторинга загрязнения природных сред редко используются при оценке и картировании экологической ситуации в Российской Федерации. Попытка определить уровень загрязненности ОС для каждого региона России по результатам государственного мониторинга была предпринята более 10 лет назад [6]. К сожалению, исследование не получило дальнейшего развития.

В настоящей работе применяется та же концепция, что и в [6]. В основе оценки загрязненности ОС регионов лежат результаты мониторинга Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Показатель загрязненности атмосферного воздуха региона определяется по формуле (1):

$$A^r = \frac{\sum_{i=1}^m \mu_i^r N_i^r}{N^r}, \quad (1)$$

где  $m$  – количество городов в субъекте  $r$ ;  $\mu_i^r$  – весовой коэффициент, величина которого зависит от уровня загрязнения воздуха в  $i$ -м городе субъекта  $r$  (табл. 1);  $N_i^r$  – численность населения города  $i$  в субъекте  $r$ ;  $N^r$  – численность городского населения в субъекте  $r$ .

## Значения весового коэффициента

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в городе $i$	$\mu_i$
Не определен/Нет наблюдений	0
Низкий	0,125
Повышенный	0,375
Высокий	0,625
Очень высокий	1

Государственная сеть мониторинга загрязнения атмосферного воздуха охватывает 22,5 % городов России в 77 субъектах. Пункты наблюдений расположены в жилых районах, в зоне влияния промышленных предприятий, а также вблизи крупных автомагистралей с интенсивным движением городского автотранспорта. Уровень загрязнения воздуха (см. первый столбец таблицы) оценивается с помощью набора параметров. Основным из них является комплексный индекс загрязнения атмосферы, рассчитываемый по значениям среднегодовых концентраций пяти приоритетных загрязнителей в городе. Он характеризует уровень хронического длительного загрязнения воздуха. Перечень городов, в которых проводятся регулярные наблюдения за состоянием атмосферного воздуха и определяется уровень его загрязнения, публикуется в [7] и доступен на сайте <http://voeikovmgo.ru/>. Как источник данных о численности городского населения мы использовали официальные статистические данные, опубликованные в [8].

Показатель загрязненности поверхностных пресных вод рассчитывается по формуле (2):

$$W^r = N_{\text{ЭВЗ}}^r + 0,2N_{\text{ВЗ}}^r, \quad (2)$$

где  $N_{\text{ЭВЗ}}^r$  – количество случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) поверхностных пресных вод в субъекте  $r$ ;  $N_{\text{ВЗ}}^r$  – количество случаев высокого загрязнения (ВЗ) поверхностных пресных вод в субъекте  $r$ .

Сеть мониторинга загрязнения поверхностных пресных вод состоит из более 1800 пунктов наблюдений, установленных более чем на 1100 водных объектах, и охватывает все регионы России. Пункты наблюдений расположены на участках, подверженных влиянию промышленных, хозяйственно-бытовых и сельскохозяйственных стоков и, в основном, обеспечивают контроль влияния антропогенного фактора на качество поверхностных пресных вод. ВЗ устанавливается, если концентрация загрязняющего вещества в пробе превышает предельно допустимую концентрацию в 3-5 раз для веществ 1-2-го класса опасности и в 10-50 раз — для 3-4-го класса

опасности. ЭВЗ означает, что значение концентрации превышает максимальный порог ВЗ. Информация о случаях ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод экспортируется из ежемесячно пополняемой базы данных, разработанной в Институте глобального климата и экологии им. Ю. А. Израэля, обрабатывается и публикуется на сайте Росгидромета в разделе «Об аварийном, экстремально высоком и высоком загрязнении окружающей среды на территории России».

В качестве показателя загрязненности почвенного покрова региона была выбрана площадь поверхности, подверженная хроническому кумулятивному промышленному и транспортному загрязнению в городах или промышленных центрах и вокруг них. Площади загрязнения рассчитывались на основе анализа спутниковых изображений в период снеготаяния, когда затенение снежного покрова вокруг населенных пунктов позволяет определить границы превышения фона в 2 раза [9-10].

Учитывая особенности исходных данных, здесь и далее в работе мы рассматривали только урбанизированные территории субъектов.

Для оценки уровня загрязненности ОС необходимо, чтобы все показатели, входящие в ее состав, имели единую размерность. Для этого диапазон варьирования каждого показателя был приведен к 5-балльной шкале (1 — самый низкий, 5 — самый высокий уровень загрязненности; 0 баллов означает отсутствие или недостаточно данных для оценки) методом кластеризации данных *k*-средних [11-12], а каждому субъекту России присвоен соответствующий балл в зависимости от принадлежности к группе (кластеру). Показатель загрязненности ОС рассчитывался как сумма нормированных показателей загрязненности атмосферного воздуха, поверхностных пресных вод и почвенного покрова. Очень высокий уровень загрязненности устанавливался при значении суммарного балла более 11, высокий – при 9-11, средний – при 7-8; умеренный – при 5-6; низкий – менее 5. Подробное описание концепции и алгоритма расчета представлено в [13].

Российские субъекты существенно отличаются по своим географическим размерам и численности населения, поэтому два крупнейших региона азиатской части России площадью 2,3 и 3 млн. кв. км (Красноярский край и Республика Саха (Якутия) соответственно) были разделены на части для отделения густонаселенных территорий от малонаселенных. Три города федерального значения (Москва, Санкт-Петербург, Севастополь) были объединены с соответствующими регионами, в пределах которых они расположены.

Пространственное распределение уровней загрязненности ОС в разрезе субъектов Российской Федерации в 2021 г. представлено на рисунке 1. Наибольшую нагрузку на ОС от антропогенной деятельности

испытывали высоко урбанизированные территории Свердловской, Московской (вместе с г. Москва), Челябинской, Мурманской и Ростовской областей, южной части Красноярского края. Для двух третей регионов страны уровень загрязненности ОС оценивался по комплексному показателю как умеренный или низкий (табл. 2). Тем не менее за 9-летний период наметилась тенденция ухудшения состояния ОС урбанизированных территорий субъектов: в 2021 г. уровень загрязненности повысился относительно оценок 2013 г. в 15 регионах и снизился в 10 (рис. 2).

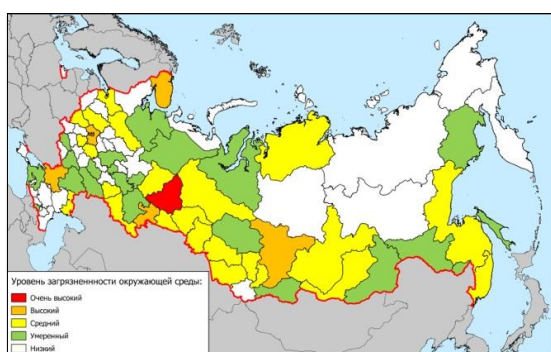


Рис. 1. Оценка загрязненности ОС урбанизированных территорий субъектов Российской Федерации в 2021 г.

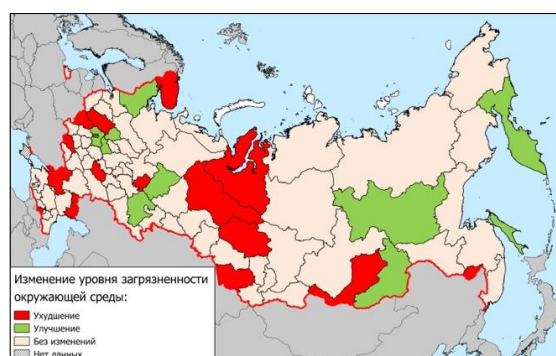


Рис. 2. Тенденция изменения уровня загрязненности ОС Российской Федерации за период 2013-2021 гг.

Таблица 2

**Распределение количества субъектов Российской Федерации по уровню загрязнения окружающей среды**

Уровень загрязненности	Количество регионов	
	2013	2021
Очень высокий	2	1
Высокий	3	5
Средний	21	23
Умеренный	23	22
Низкий	35	34

Таким образом, мы продемонстрировали, как данные мониторинга могут быть использованы для оценки регионального уровня загрязненности ОС. Такие оценки можно проводить регулярно, анализировать пространственно-временную динамику уровней загрязненности, а также эффективность выполнения природоохранных мероприятий и достижение целей государственных программ и проектов в области экологии и охраны ОС.

Исследование выполнено в рамках темы НИОКТР АААА-А20-120020490070-3 «Развитие и модернизация методов и технологий комплексного фоновоего мониторинга и комплексной оценки состояния и загрязнения окружающей среды РФ и ее динамики (по интегрированным результатам сетей мониторинга Росгидромета)». Обработка и картографирование сделано в работах по государственному заданию Института географии РАН FMWS-2024-0009 №1023032700199-9.

### Библиографические ссылки

1. Состояние окружающей среды [Электронный ресурс] // Национальный атлас России. Т. 2: Природа. Экология. Москва: ФГУП ПКО «Картография», 2007. С. 426-456. URL: <https://nationalatlas.ru/tom2/> (дата обращения: 12.11.2022).
2. Экологический атлас России / глав. ред. Н. С. Касимов. Москва: Феория, 2017.
3. Битюкова В. Р. Региональный анализ экологической ситуации в России в 1990–2012 гг. // Вопросы географии. Сб. 141: Проблемы регионального развития России. С. 275-295.
4. Petrov A. I., Petrova D. A. Atmospheric pollution of the Ural Federal District subjects (2016): regional features // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2018. 181 012025.
5. Тикунов В. С., Черешня О. Ю. Индекс загрязнения и индекс напряженности экологической ситуации в регионах Российской Федерации // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 34-38.
6. Черногаева Г. М., Зеленов А. С. Сравнение урбанизированных территорий субъектов РФ по степени напряженности экологической ситуации // Известия РАН. Сер. географ. 2009. № 4. С. 86-93.
7. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России : ежегодник. Санкт-Петербург: ФГБУ ГГО, Росгидромет, 2022.
8. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2022 г. [Электронный ресурс] // Росстат: официальный сайт. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Chisl\\_nasel\\_RF\\_MO\\_01-01-2022.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Chisl_nasel_RF_MO_01-01-2022.xlsx) (дата обращения 30.12.2022).
9. Прокачева В. Г., Усачев В. Ф. Загрязненные земли в регионах России. Гидрографический аспект : справочные данные. Санкт-Петербург : Недра, 2004.
10. Prokacheva V. G., Usachev V. F. Snow cover as an indicator of cumulative man-made pollution in the area of influence of cities and roads // Russ. Meteorol. Hydrol. 2013. Vol. 38. P. 206-215.
11. Berkhin P. A Survey of clustering data mining techniques. In: (J. Kogan, C. Nicholas and M. Tebouille , eds.) Grouping Multidimensional Data. Berlin, Heidelberg : Springer, 2006. P. 25-71.
12. Witten I. H., Frank E. Data mining: practical machine learning tools and techniques, 2nd ed. San Francisco : Morgan Kaufmann Publishers, 2005.
13. Черногаева Г. М., Жадановская Е. А., Журавлева Л. Р., Малеванов Ю. А. Загрязнение окружающей среды в регионах России в начале XXI века. Москва: Полиграф-Плюс, 2019.

УДК 581.55

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ МОНГОЛИИ

**М. А. Жарникова, Ж. Б. Алымбаева**

*Байкальский институт природопользования СО РАН, ул. Сахьяновой, 6,  
670047, г. Улан-Удэ, Россия, [zharnikova@binm.ru](mailto:zharnikova@binm.ru)*

В связи с изменением климата и интенсивной антропогенной нагрузкой степная растительность подвергается серьезным угрозам, что может привести к деградации, утрате биоразнообразия и необратимым изменениям в экосистемах. На основе данных о численности скота и полевых геоботанических исследований оценена степень антропогенной нарушенности степной растительности.

**Ключевые слова:** степные экосистемы; растительность; антропогенная нагрузка; пастбищная дигрессия; Монголия.

## ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC LOAD ON THE ECOLOGICAL STATE OF STEPPE ECOSYSTEMS OF MONGOLIA

**M. A. Zharnikova, Zh. B. Alymbaeva**

*Baikal Institute of Nature Management SB RAS, st. Sakhyanova, 6,  
670047, Ulan-Ude, Russia, [zharnikova@binm.ru](mailto:zharnikova@binm.ru)*

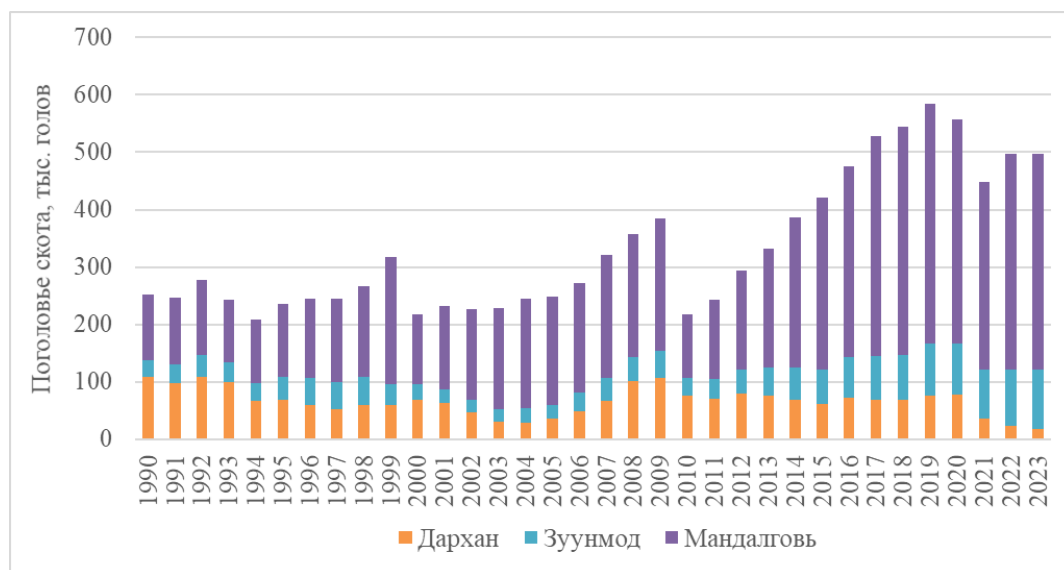
Due to climate change and intense anthropogenic pressure, steppe vegetation is exposed to serious threats, which can lead to degradation, loss of biodiversity and irreversible changes in ecosystems. Based on data on the number of livestock and field geobotanical studies, the degree of anthropogenic disturbance of steppe vegetation was assessed.

**Keywords:** steppe ecosystems; vegetation; anthropogenic load; pasture digression; Mongolia.

Степные экосистемы являются одними из самых уязвимых и быстро изменяющихся биомов. Интенсивное земледелие, животноводство и другие виды антропогенной деятельности могут привести к серьезным последствиям, выражающимся в деградации почвенно-растительного покрова, потере видового разнообразия, упрощению структуры фитоценозов. На фоне происходящих климатических изменений [1] степи Монголии наиболее подвержены таким изменениям из-за длительного периода антропогенного воздействия. Основной пресс на аридные экосистемы связан

прежде всего с использованием их в качестве пастбищ [2]. В последние три десятилетия в Монголии отмечен рост поголовья домашнего скота, приводящий к перевыпасу и деградации. В 1990 г. поголовье скота составляло 25856,9 тыс. голов и к 2023 г. увеличилось почти в 3 раза и составило 64681,9 тыс. голов (таблица) [3].

Для оценки влияния антропогенной нагрузки на экологическое состояние степных экосистем были выбраны 3 модельных полигона (Дархан, Зуунмод, Мандалговь), расположенных в семиаридной и аридной областях Монголии. Антропогенная нагрузка на исследуемых территориях, связанная с выпасом домашнего скота, оценена на основе информации о годовой численности поголовья скота. Несмотря на периодически повторяющиеся жесточайшие дзуды (1994-1995, 2000-2001, 2009-2010, 2020-2021 гг.) их количество неуклонно растет. При этом в структуре стада возросла доля участия коз — самых нежелательных для степей видов домашних животных, наносящих максимальный вред, поскольку они выедают траву с корнями, что требует большего времени для восстановления пастбищ (рисунок).



Поголовье скота на территориях исследования в 1990–2023 гг.

Для оценки состояния степной растительности были проведены полевые геоботанические исследования в 2015-2022 гг. Выявлено, что ценные кормовые виды замещаются плохо поедаемыми и не поедаемыми растениями, имеющими короткий жизненный цикл. Это приводит к снижению качества и количества кормовой базы. Кроме того, частички почвы под такими растениями слабо закреплены, что приводит к усилению ветровой и водной эрозии. На основе данных о видовом составе и



проективном покрытии согласно схеме рядов, антропогенной нарушенности [4] были определены стадии дигрессии степных сообществ территорий исследования. На современном этапе усиления пастбищных нагрузок среди растительных сообществ стали преобладать участки с выраженными стадиями дигрессии, которые могут быть идентифицированы как сильно и очень сильно нарушенные. В степях увеличивается доля кустарников и полукустарничков (*Caragana microphylla*, *Artemisia frigida*), уменьшается количество злаков (*Koeleria cristata*, *Agropyron cristatum*, *Stipa krylovii*); на их месте лидирующие позиции занимают дигрессионные виды (*Carex duriuscula*, *Artemisia frigida*, *Potentilla acaulis* и др.). Происходит разрастание *Cleistogenes squarrosa*, *Peganum nigelastrum*, *Carex duriuscula* и многочисленных видов-однолетников из семейства *Chenopodiaceae* [5]. На основе полученных данных были построены карты нарушенности растительности.

Характерной особенностью трансформации экосистем является, прежде всего, изменение экологических условий степной зоны, позволяющее поселиться видам, свойственным полупустынной или пустынной зонам. Таким образом, исследования степных сообществ позволяют понять степень антропогенного воздействия и климатических изменений на экосистемы, выявить уязвимые места и разработать меры по их сохранению и восстановлению.

### Библиографические ссылки

1. Гармаев Е. Ж., Пьянков С. В., Шихов А. Н., Аюржанаев А. А., Содномов Б. В., Абдуллин Р. К., Цыдыпов Б. З., Андреев С. Г., Черных В. Н. Картографирование современных изменений климата в бассейне реки Селенга // Метеорология и гидрология. 2022. № 2. С. 62-74.

2. Гунин П. Д., Востокова Е. А., Матюшкин Е. Н. Охрана экосистем Внутренней Азии // Тр.Российско-Монг. компл. биол. экспедиции РАН и АНМ. М.: Наука. 1998. Т. 40. 220 с.

3. Монгольская статистическая информационная служба [Электронный ресурс]. URL: <https://www.1212.mn> (дата обращения: 01.02.2024).

4. Данжалова Е. В. Пастбищная дигрессия растительных сообществ степных экосистем Центральной Монголии: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Данжалова Елена Владимировна; Москва, 2008. 203 с.

5. Жарникова М. А., Алымбаева Ж. Б. Оценка геоэкологического состояния степных экосистем в результате антропогенного воздействия (на примере модельного полигона «Мандалгови») // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: мат-лы IV Всероссийской конференции. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2021. С. 163-165.

УДК 551.577.13+ 504.3.054

## ПОТОКИ ПОСТУПЛЕНИЯ СЕРЫ И АЗОТА ИЗ АТМОСФЕРЫ ДЛЯ ДВУХ СТАНЦИЙ ЕАНЕТ В РФ ЗА 2019–2021 гг.

Е. С. Жигачева<sup>1)</sup>, С. А. Громов<sup>1), 2)</sup>

<sup>1)</sup>ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля», ул. Глебовская, д. 20Б, 107258, г. Москва, Россия, [kosjatko@gmail.com](mailto:kosjatko@gmail.com)

<sup>2)</sup>ФГБУН «Институт географии Российской академии наук», пер. Старомонетный, 29, 119017, г. Москва, Россия, [gromov@igras.ru](mailto:gromov@igras.ru)

Рассчитаны суммарные (общие) потоки атмосферных выпадений для двух станций ЕАНЕТ на территории России: Листвянка и Приморская. Суммарные выпадения принимались как сумма потоков влажных и сухих выпадений. Представлены месячные потоки выпадений серы и азота за 2019–2021 гг. Также произведена оценка вкладов сухих и влажных выпадений в суммарные потоки выпадений.

**Ключевые слова:** влажные выпадения; сухие выпадения; суммарные атмосферные выпадения; осадки; загрязнение атмосферы.

## SULFUR AND NITROGEN DEPOSITION FLUXES ESTIMATED FOR TWO EANET SITES IN RUSSIA FOR 2019–2021.

E. S. Zhigacheva<sup>1)</sup>, S. A. Gromov<sup>1), 2)</sup>

<sup>1)</sup>*Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Glebovskaya Str., 20B, 107258, Moscow, Russia, [kosjatko@gmail.com](mailto:kosjatko@gmail.com)*

<sup>2)</sup>*Institute of Geography RAS, Staromonetnyy lane, 29, 119017, Moscow, Russia, [gromov@igras.ru](mailto:gromov@igras.ru)*

The total atmospheric deposition fluxes were calculated for two EANET stations in Russia: Listvyanka and Primorskaya. Total deposition was considered as the sum of wet and dry deposition fluxes. Monthly fluxes of sulfur and nitrogen deposition for 2019–2021 are presented. The contributions of dry and wet deposition fluxes to the total deposition fluxes were also assessed.

**Keywords:** wet deposition; dry deposition; total atmospheric deposition; precipitation; air pollution.

Расчет суммарных или «общих» атмосферных выпадений (TAD – Total Atmospheric Deposition) в настоящее время является одной из основных задач в области обработки данных регионального и глобального мониторинга загрязнения атмосферы, решаемых в рамках Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО. Без этих сведений оценка воздействия атмосферных выпадений на естественные экосистемы не является полной.

На данном этапе наиболее удобной для применения технологией оценки ТАО являются расчеты его составляющих по данным станций сетей мониторинга, предоставляющих наиболее точную и проверенную информацию о содержании загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и осадках. Эти результаты в дальнейшем можно экстраполировать на близлежащие территории со сходными условиями.

В соответствии с данным подходом, суммарные потоки можно определить как сумму двух составляющих: потоков влажных выпадений и потоков сухих выпадений. Влажные выпадения представляют собой вещества, достигающие поверхности земли с атмосферными осадками: дождь, снег, иней, туман, роса и пр. Сухие выпадения (СВ) из атмосферы представляют собой свободное осаждение на подстилающую поверхность перемещающихся вместе с воздухом малых атмосферных примесей: газов и твердых частиц. Применяется два основных подхода для определения сухих выпадений: эмпирические (экспериментальные) и расчётные [1]. Часто при организации научных проектов по оценке потоков СВ используют комбинирование с расчетами, используя относительно сложные модели, реализующие теоретические разработки в области атмосферной диффузии газовых примесей в приземном слое атмосферы [2, 3].

Согласно методике, представленной в Техническом руководстве по оценке потоков сухих выпадений в Восточной Азии [4] сети ЕАНЕТ, поток СВ рассчитывается с использованием концентраций загрязняющих веществ в воздухе (в пробах, отобранных методом фильтр-паков за разные периоды накопления веществ на фильтрах) и сопутствующих отбору метеорологических условий.

Были проведены расчеты потоков сухих выпадений для двух станций ЕАНЕТ: Приморская (Приморский край) и Листвянка (Байкальская природная территория) за 2019–2021 гг.

Внутригодовой ход потоков обоих типов выпадений для Приморской (рисунок 1) показывает, что минимальное количество влажных выпадений наблюдается в зимний период. В некоторые зимние месяцы осадки почти полностью отсутствуют. Для сухих выпадений характерно небольшое увеличение величины потоков в теплый период, но в целом их значения варьируют меньше.

Влажные потоки выпадений значительно превышают потоки сухих выпадений как для серы, так и для азота. Хотя в зависимости от года, сухие выпадения азота могут составить существенные процент от общих выпадений, как это было в 2019 г.

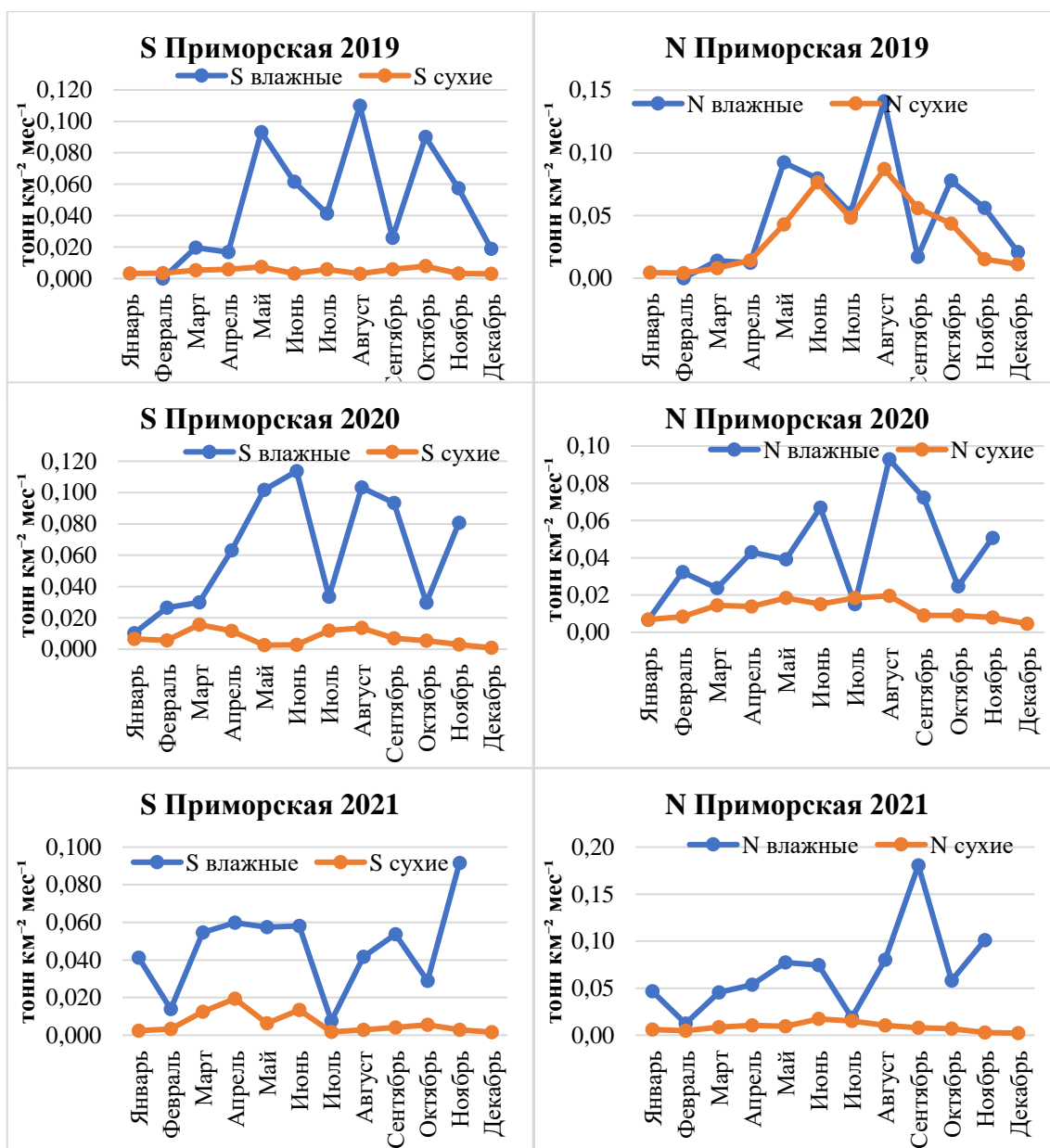


Рис. 1. Внутригодовой ход потоков выпадений серы и азота ( $\text{тонн км}^{-2} \text{мес}^{-1}$ ) на станции Приморская в 2019–2021 гг.

Внутригодовой ход потоков выпадений для Листвянки (рис. 2) показывает преобладание, в большинстве случаев, сухих потоков выпадений над влажными. При этом они в большей мере коррелируют между собой, чем это было для Приморской. Для потоков влажных выпадений на Листвянке также характерно увеличение величины в теплый период. Графики потоков сухих выпадений также часто имеют пики в летние месяцы.

Как показано на рисунке 3 (слева), в выпадениях серы на Листвянке преобладает доля сухих потоков выпадений. На Приморской преобладают

влажные выпадения как серы, так и азота (рис.3, справа). Потоки азота на Листвянке более сбалансированы и могут отклоняться как в одну, так и в другую стороны.

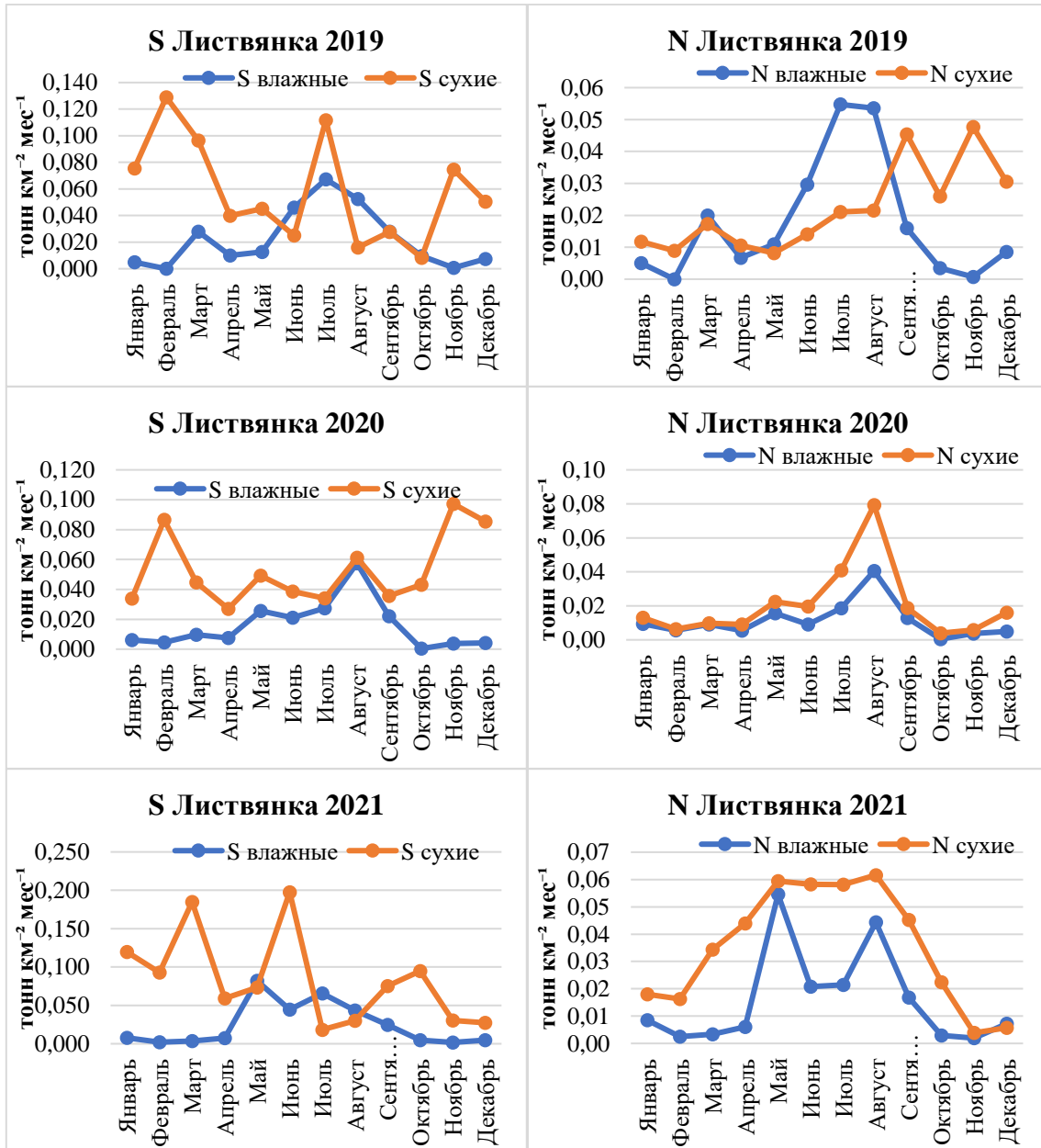


Рис. 2. Внутригодовой ход потоков выпадений серы и азота (тонн км<sup>-2</sup> мес<sup>-1</sup>) на станции Листвянка в 2019–2021 гг.

Для дальнейшего уточнения процентного вклада потоков сухих и влажных выпадений в общие потоки выпадений требуется расширение рядов данных. Также это позволит определить наличие межгодовой динамики вкладов.

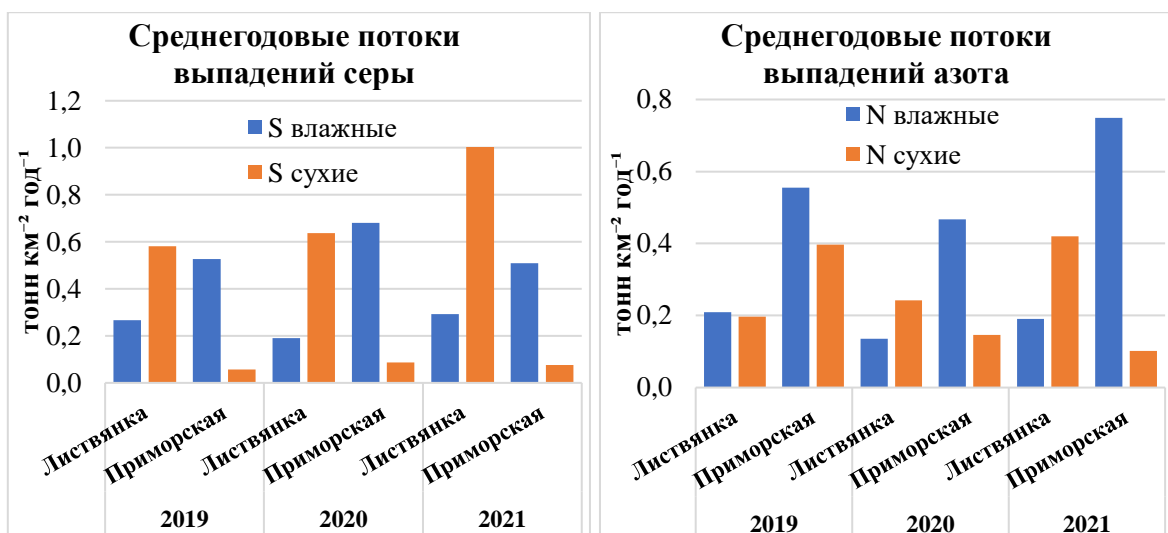


Рис. 3. Годовые потоки выпадений серы (слева) и азота (справа) на Листвянке и Приморской в 2019–2021 гг.

Исследование выполнено в рамках темы НИОКТР АААА-А20-120013190049-4 «Развитие методов и технологий мониторинга загрязнения природной среды вследствие трансграничного переноса загрязняющих веществ (ЕЭК ООН: ЕМЕП, МСП КМ) и кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ)». Оценка данных, сбор информации для расчетов и ее обработка сделаны в работах по государственному заданию Института географии РАН FMWS-2024-0009 №1023032700199-9.

### Библиографические ссылки

1. Wesely M. L., Hicks B. B. A review of the current status of knowledge on dry deposition. *Atmospheric Environment*. 2000. Vol. 34. № 12–14. P. 2261–2282.
2. Chanonmuang P., Khummongkol P., Matsuda K. (2015). «Dry Deposition of SO<sub>2</sub> Over Dry Dipterocarp Forest, Thailand.» *Sains Malaysiana*, v. 44: 317–323. (10.17576/jsm-2015-4403-02)
3. Matsuda K., Watanabe I., Mizukami K., Ban S., Takahashi A (2015). "Dry deposition of PM<sub>2.5</sub> sulfate above a hilly forest using relaxed eddy accumulation." *Atmospheric Environment*, v. 107. (10.1016/j.atmosenv.2015.02.050)
4. EANET. Technical Manual on Dry Deposition Flux Estimation in East Asia // Network Center for EANET, 2010. 45 p.

УДК 551.4+631.2

## ДОЛГОСРОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

**М. М. Иванов<sup>1),2)</sup>, Н. Н. Иванова<sup>1)</sup>, В. Н. Голосов<sup>1),2)</sup>**

<sup>1)</sup> *Географический факультет, МГУ им. М. В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, 119991, Москва, Россия, [ivanovm@geogr.msu.ru](mailto:ivanovm@geogr.msu.ru)*

<sup>2)</sup> *Лаборатория геоморфологии, Институт Географии РАН, Старомонетный пер., 29, стр. 4, 119017, Москва, Россия, [ivanovm@igras.ru](mailto:ivanovm@igras.ru)*

Рассмотрены пространственно-временные изменения чернобыльского загрязнения <sup>137</sup>Cs, вызванные процессами эрозии почвы, внутрибассейновым перераспределением загрязнённого материала и формированием стока наносов в бассейне р. Упы (Россия, Тульская обл.). Исследование трансформации загрязнения играет важную роль не только в рамках проблемы выявления вторичных радиоэкологических рисков, но также позволяет глубже понимать функционирование флювиальных геоморфологических систем в меняющихся ландшафтно-климатических условиях.

**Ключевые слова:** эрозия; сток наносов; радиоактивное загрязнение; Cs-137.

## LONG-TERM TRANSFORMATIONS OF CHERNOBYL CONTAMINATION ASSOCIATED WITH EROSION AND ACCUMULATION PROCESSES

**M. M. Ivanov<sup>1),2)</sup>, N. N. Ivanova<sup>1)</sup>, V. N. Golosov<sup>1),2)</sup>**

<sup>1)</sup> *Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory, 1, 119991, Moscow, Russia, [ivanovm@geogr.msu.ru](mailto:ivanovm@geogr.msu.ru)*

<sup>2)</sup> *Laboratory of Geomorphology, Institute of Geography RAS, Staromonetnyi per., 29, str. 8., 119017, Moscow, Russia, [ivanovm@igras.ru](mailto:ivanovm@igras.ru)*

The current state of research on spatial changes in radioactive Chernobyl pollution associated with soil erosion processes, redistribution of contaminated material inside river basins and formation of sediment yield are observed. The Upa River basin (Russia, Tula region) is considered. The study of contamination transformation plays an important role in the framework of the problem of secondary radioecological risk. As well, it allows for a deeper understanding of the functioning of fluvial geomorphological systems in changing landscape and climatic conditions.

**Keywords:** erosion; sediment yield; radioactive contamination; Cs-137.

Деятельность временных и постоянных водных потоков является основным агентом переноса вещества на поверхности Земли, включая

техногенные загрязнители. Долгосрочные прогнозы трансформации радиоактивного загрязнения требуют подробного изучения механизмов и путей латеральной миграции радионуклидов в составе стока наносов. На территориях Центральной России, подвергшихся интенсивному чернобыльскому загрязнению, наиболее детальные исследования перераспределения наносов и миграции, связанного с ними  $^{137}\text{Cs}$  на протяжении более 30-ти лет производятся в бассейне р. Упы [1,2]. Бассейн р. Упы площадью около 9500 км<sup>2</sup> расположен в северной части Среднерусской возвышенности в Тульской области. Почвенный покров в пределах междуречных пространств представлен черноземами выщелоченными и оподзоленными, а также тёмно-серыми лесными почвами. Почвообразующей породой являются карбонатные лессовидные суглинки. Большая по площади южная часть бассейна с высокой долей распахиваемых территорий в земельном фонде была сильно загрязнена после аварии на ЧАЭС в апреле 1986 г.

Обрабатываемые склоны междуречий являются основным источником формирования бассейновой составляющей стока наносов и  $^{137}\text{Cs}$ , сорбированного почвенными частицами. При наблюдаемой тенденции к сокращению талого стока [3] среднегодовые потери запасов  $^{137}\text{Cs}$  с обрабатываемых склонов в бассейне р. Плавы (левый приток Упы) результате эрозионного смыва, оценённого с помощью комбинированного использования эрозионного моделирования и радиоцезиевого метода, составили не более 0,2 % [4], что в целом мало меняет пространственную картину загрязнения на большей части площади.

Почти 40 лет, прошедшие после чернобыльской катастрофы, дают возможность изучать динамику изменений радиоактивного загрязнения путем повторных полевых обследований водосборных бассейнов, охваченных наблюдениями десятилетия назад. Перспективным направлением становится метод повторного интегрального пробоотбора (re-sampling) на обрабатываемых склонах по густой сети точек. Проведение таких исследований в пределах компактных пахотных водосборов может использоваться в качестве альтернативы гораздо более дорогостоящему и трудозатратному инструментальному мониторингу эрозионно-аккумулятивных процессов, который необходим в связи с климатическими изменениями и изменениями севооборотов. Высокий уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  в исследованном регионе выступает в качестве преимущества, поскольку снижает временные затраты для проведения аналитических работ и дает возможность получать высоко детальную пространственную картину трансформации загрязнения на основе использования низко инвазивных методик полевых измерений гамма-активности при помощи портативных детекторов. Система мониторинга с использованием метода повторного пробоотбора на территориях, затронутых интенсивными чернобыльскими



выпадениями, даёт возможность отслеживать трансформацию радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий и оценивать потенциальные радиоэкологические риски, связанные с латеральной миграцией техногенных радионуклидов.

Основные изменения запасов  $^{137}\text{Cs}$  происходят на участках локальной аккумуляции загрязнённых наносов в пределах долинно-балочной сети. Большая часть наносов, переносимых временными потоками с пахотных склонов, переоткладывается в днищах сухих долин (балок). Интенсивность переотложения наносов зависит главным образом от уклона днища. Согласно оценке, проведенной для бассейна Плавы (приток р. Упы) за период 1986-2009 гг., около 60 % отложений, смытых с пахотных склонов, остались в пределах водосборов 1–3 Хортон порядка [5]. Повторный послонный отбор проб в аккумулятивных толщах на ряде контрольных участков показал, что за период с 2010 г. имеет место высокая пространственно-временная неравномерность темпов осадконакопления. Наблюдается как рост, так и уменьшение темпов аккумуляции вплоть до повторной мобилизации материала. Доля наносов, выносимых за пределы водосборов долин 4-го Хортон порядка, как правило, не превышает 10 % [6, 7].

Исследования пойменных комплексов рек Локны и Плавы показали значительные различия в темпах аккумуляции на различных уровнях поймы. На низкой пойме за счёт накопления загрязнённых наносов суммарные запасы  $^{137}\text{Cs}$ , даже с учётом потерь от радиоактивного распада, не уменьшились. При этом интенсивное накопление все менее загрязнённого материала на низкой пойме привело к снижению мощности формируемой дозы [9,10]. На средней пойме в силу сокращения талого стока со склонов, и, как следствие, снижения случаев ее затопления, аккумуляция за постчернобыльский период незначительная [8].

В исследуемом регионе широко развита практика строительства искусственных водоемов, которые с высокой эффективностью улавливают сток наносов из отдельных сегментов речных бассейнов. Недостаток данных мониторинга загрязнения может быть частично компенсирован исследованиями вертикального распределения радионуклидов в таких водоемах. Постепенное сокращение концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в переносимых наносах [11] и высокие темпы аккумуляции приводят к изоляции наиболее грязных толщ от водной массы и гидробионтов, что в целом имеет позитивный радиоэкологический эффект. Вместе с этим интенсивная аккумуляция наносов приводит к постепенному сокращению ёмкости водоемов и к трудностям в их эксплуатации. Потенциальным риском является запланированный или произвольный спуск водоемов, который приведёт к повторному выбросу радионуклидов в речные системы [12].

Регулярный послойный отбор проб почвы с последующей транспортировкой и лабораторной обработкой образцов требует значительного времени. Это делает процесс получения окончательных оценок довольно длительным. Опыт работы в бассейне р. Упы показал, что между полевым исследованием и публикацией результатов проходит несколько лет. Высокий уровень радиоактивного загрязнения позволяет использовать портативные гамма-детекторы для быстрого определения относительного распределения  $^{137}\text{Cs}$  в отложениях и выделения "чернобыльского пика" [13]. Исследования в бассейне р. Упы показали, что полевая спектрометрия может значительно ускорить получение данных. Однако с ее помощью невозможно определить абсолютные значения удельной активности и концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в отложениях, что достижимо только путем исследования образцов с фиксированной геометрией. Точность определения вертикального распределения  $^{137}\text{Cs}$  также значительно выше в случае лабораторного анализа послойных проб. Таким образом, измерения *in situ* могут лишь дополнять существующие методы.

### Библиографические ссылки

1. Иванов М. М., Голосов В. Н., Иванова Н. Н. Баланс наносов и миграция  $^{137}\text{Cs}$  в зоне чернобыльского загрязнения: опыт и итоги исследований в бассейне р. Плавы, Тульская область // Геоморф. и палеогео., 2023, Т. 54, № 1. С. 55–73.
2. Golosov V., Ivanov M. Chapter 4. Quantitative assessment of lateral migration of the Chernobyl-derived  $^{137}\text{Cs}$  in contaminated territories of the East European plain. *In Behavior of Radionuclides in the Environment II Chernobyl*. Springer Singapore. P. 195–226.
3. Барабанов А. Т., Долгов С. В., Коронкевич Н. И., Панов В. И., Петелько А. И. Поверхностный сток и инфильтрация в почву талых вод на пашне в лесостепной и степной зонах Восточно-Европейской равнины // Почвовед. 2018. № 1. С. 62–69.
4. Ivanov M. M., Ivanova N., Golosov V. Sediment and particulate  $^{137}\text{Cs}$  budget studies in Ura River basin: History, results, and prospects // LAND, 2023, V. 12. № 1. 175 p.
5. Belyaev V. R., Shamshurina E. N., Markelov M. V., Golosov V. N., Ivanova N. N., Bondarev V. P., Paramonova T. A., Evrard O., Lio Soon Shun N., Otte C., Lefevre I., Bonte P. Quantification of river basin sediment budget based on reconstruction of the post-Chernobyl particle-bound  $^{137}\text{Cs}$  redistribution // IAHS Publ. 2012, V. 356. P. 394–403
6. Фридман Ш. Д., Квасникова Е. В., Глушко О. В., Голосов В. Н., Иванова Н. Н. Миграция цезия-137 в сопряжённых комплексах Среднерусской возвышенности // Метеор. и гидролог. 1997. № 5. С. 45–55.
7. Golosov V. N., Walling D. E., Konoplev A. V., Ivanov M. M., Sharifullin A. G. Application of bomb- and Chernobyl-derived radiocaesium for reconstructing changes in erosion rates and sediment fluxes from croplands in areas of European Russia with different levels of Chernobyl fallout. *J. Environ. Radiact.* 2018, V. 186. P. 78–89.
8. Мамихин С. В., Голосов В. Н., Парамонова Т. А., Шамшурина Е. Н., Иванов М. М. Вертикальное распределение  $^{137}\text{Cs}$  в аллювиальных почвах поймы р. Локна (Тульская область) в отдаленной после аварии на ЧАЭС и его моделирование // Почвовед. 2016. № 12. С. 1521–1533.

9. *Иванов М. М., Комиссарова О. Л., Кошовский Т. С., Цыплёнков А. С.* Применение полевой гамма-спектрометрии и дозиметрии для исследования осадконакопления на пойме малой равнинной реки в зоне радиоактивного загрязнения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2021. № 1. С. 120–127.

10. *Иванова Н. Н., Шамигурина Е. Н., Голосов В. Н., Беляев В. Р., Маркелов М. В., Парамонова Т. А., Эврал О.* Оценка перераспределения  $^{137}\text{Cs}$  экзогенными процессами в днище долины р. Плава (Тульская область) после аварии на Чернобыльской АЭС // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2014. № 1. С. 24–34

11. *Konoplev A. V., Ivanov M. M., Golosov V. N., Konstantinov E. A.* Reconstruction of long-term dynamics of Chernobyl-derived  $^{137}\text{Cs}$  in the Upa River using bottom sediments in the Scheckino reservoir and semi-empirical modelling // IAHS Publ. 2019. V. 381. P. 95–99.

12. *Ivanov M. M., Konoplev A. V., Walling D. E., Konstantinov E. A., Gurinov A. L., Ivanova N. N., Kuzmenkova N. V., Tsyplenkov A. S., Ivanov M. A., Golosov V. N.* Using reservoir sediment deposits to determine the longer-term fate of Chernobyl-derived  $^{137}\text{Cs}$  fallout in the fluvial system // Environ. Pollut. 2021. V. 274, 116588.

13. *Иванов М. М., Иванова Н. Н.* Экспресс-анализ вертикального распределения  $^{137}\text{Cs}$  в почве для оценки темпов эрозионно-аккумулятивных процессов в зоне интенсивного радиоактивного загрязнения // Почвоведение. 2023. № 4. С. 510–520.

УДК 582.475:630\*114.351:504.054(470.21)

**СОДЕРЖАНИЕ ПОЛЛЮТАНТОВ (NI, CU, S) В ОПАДЕ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СЕВЕРОТАЕЖНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСАХ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)**

**Е. А. Иванова<sup>1)</sup>, Н. В. Лукина<sup>2)</sup>, В. Э. Смирнов<sup>2)</sup>**

*<sup>1)</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН, ул. Академгородок, 14а, 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, Россия, [ea.ivanova@ksc.ru](mailto:ea.ivanova@ksc.ru); <sup>2)</sup>Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН ул. Профсоюзная, 84/32, стр. 14, 117997, г. Москва, Россия, [nvl07@yandex.ru](mailto:nvl07@yandex.ru)*

Исследовано влияние аэротехногенного загрязнения на химический состав хвойного опада. На основе статистического анализа данных 2014-2017 гг. показаны различия в содержании основных поллютантов в опаде хвойной сосны в северотаежных сосновых лесах в фоновых условиях и в зоне воздействия выбросов медно-никелевого комбината «Североникель». Наблюдаются особенности пространственной изменчивости состава опада с учетом структуры полога леса не только при загрязнении, но и в фоновом состоянии.

**Ключевые слова:** хвойный опад; тяжелые металлы; сосновые леса; аэротехногенное загрязнение; пространственная изменчивость.

**THE POLLUTANTS CONTENT (NI, CU, S) IN THE NEEDLE LITTER OF SCOTS PINE IN NORTHERN TAIGA PINE FORESTS UNDER AERIAL TECHNOGENIC POLLUTION (MURMANSK REGION, RUSSIA)**

**E. A. Ivanova<sup>1)</sup>, N. V. Lukina<sup>2)</sup>, V. E. Smirnov<sup>2)</sup>**

*<sup>1)</sup>Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Center RAS, Akademgorodok st., 14a, 184209, Apatity, Murmansk region, Russia, [ea.ivanova@ksc.ru](mailto:ea.ivanova@ksc.ru); <sup>2)</sup>Center for Forest Ecology and Productivity RAS, Profsoyuznaya st., 84/32, bldg. 14, 117997, Moscow, Russia, [nvl07@yandex.ru](mailto:nvl07@yandex.ru)*

The effect of aerotechnogenic pollution on the needle litter chemical composition has been studied. Based on the statistical analysis of 2014-2017 data differences in the content of the main pollutants in the pine needle litter in the northern taiga pine forests at background areas and in the zone of influence of the Severonikel copper-nickel combine emissions are shown. Features of spatial variability of the litter composition are observed taking into account the forest canopy structure not only under pollution, but also in the background areas.

**Keywords:** needle litter; heavy metals; pine forests; aerial technogenic pollution; spatial variability.

Древесный опад как источник органического вещества почв и элементов питания для биоты является одним из ключевых компонентов биогеохимических циклов в лесных биогеоценозах. Оценка элементного состава листового/хвойного опада деревьев представляет интерес для понимания закономерностей циклов элементов и почвообразования [1-3]. За счет особенностей химического состава листовой и хвойный опад способствует формированию фитогенных зон влияния деревьев, влияет на микробную активность и состав почв [4, 5].

Леса на территории Мурманской области испытывают влияние как природных факторов среды (короткий вегетационный период, низкие температуры), так и аэротехногенного загрязнения – в центральной части региона с 30-х гг. прошлого века функционирует медно-никелевый комбинат «Североникель» (г. Мончегорск, АО «Кольская ГМК»), в атмосферных выбросах которого преобладают сернистый газ и тяжелые металлы. По данным АО «Кольская ГМК» выбросы Ni, Cu и SO<sub>2</sub> в 2014 году составили 0,33, 0,63 и 33,5 тыс. т год<sup>-1</sup>, соответственно. Известно, что атмосферное загрязнение приводит к деградации лесов, усилению дефолиации деревьев, нарушению процессов ретранслокации элементов внутри деревьев [6-9]. Изучение влияния атмосферного загрязнения на химический состав хвойного опада, в том числе с учетом структуры полога древостоев, важно для оценки состояния и функционирования древостоев, оценки уровня загрязнения, динамики биогеохимических циклов элементов в лесах.

Цель данной работы: оценить влияние аэротехногенного загрязнения комбинатом «Североникель» на химический состав опада хвои сосны (*Pinus sylvestris* L.) с учетом пространственной изменчивости в сосновых лесах на северном пределе распространения.

Исследования проводились на постоянных мониторинговых площадках Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН в северотаежных сосняках кустарничково-лишайниковых на Кольском полуострове и материковой части Мурманской области (Россия). Площадки, в соответствии с уровнем загрязнения и состоянием растительности, характеризуют стадии дигрессионной сукцессии и расположены по градиенту загрязнения в юго-юго-западном направлении от медно-никелевого комбината «Североникель» (г. Мончегорск) на расстоянии 7-10 км в техногенных редколесьях, в 20-100 км в дефолирующих лесах и в 100-200 км – в лесах, формирующихся в фоновых автоморфных условиях [6]. По составу древостоя все объекты исследований — сосновые леса с примесью березы и ели, в прошлом подвергались действию пожаров.

Опад на площадках собирался в 2014-2017 гг. круглогодично в соответствии с рекомендациями международной программы ICP-Forests с применением воронкообразных опадоуловителей, установленных с учетом

мозаичности древесного яруса в межкروновых (по 7-8 шт. на площадку) и подкroновых пространствах (по 4-5 шт.). Отбор образцов проводился дважды в год: в начале октября перед залеганием снега и начале июня после снеготаяния. В лабораторных условиях из общей массы древесного опада выделялась фракция опада хвой сосны.

Анализ содержания элементов проводился в смешанных пробах для подкroновых и межкroновых пространств по-отдельности. Расчеты проводились на абсолютно сухой вес. Перед проведением химического анализа растительный материал подвергали мокрому озолению концентрированной  $\text{HNO}_3$ . Концентрации металлов (Cu, Ni) определяли методом атомно-абсорбционной спектromетрии на приборе Analyst 800. Общее содержание серы – турбидиметрическим методом [10].

Оценку степени влияния факторов воздушного загрязнения (через стадии дигрессии) и пространственной изменчивости на состав растительного материала оценивали по величине коэффициента детерминации  $R^2$ , показывающего вклад фактора в общую дисперсию рассматриваемого параметра. Статистические анализы проводили с применением V-критерия в среде R [11].

Результаты статистического анализа показали, что загрязнение оказывает существенное влияние на содержание в опаде хвой сосны обыкновенной Ni, Cu, S ( $R^2=0.5\div 0.7$ ). В сосновых лесах в фоновых условиях опад хвой сосны характеризуется относительно низким содержанием изучаемых поллютантов ( $p < 0.05$ ), при приближении к источнику загрязнения содержание Ni, Cu и S достоверно возрастает (таблица). Повышение содержания тяжелых металлов — основных компонентов выбросов комбината «Североникель» (Ni, Cu), наблюдалось также у живой хвой [12].

**Содержание тяжелых металлов и серы в опаде хвой сосны в сосновых лесах на разных стадиях дигрессии, мг/кг**

Параметр	Фон	Дефолирующие леса	Техногенные редколесья
Ni	3,9	69,2	386,7
	2,7	21,5	193,1
Cu	2,4	20,1	78,2
	1,7	6,0	43,4
S	207,0	411,2	596,5
	186,7	186,8	141,4

*Примечание:* в числителе – среднее, в знаменателе – стандартное отклонение.

Содержание поллютантов проявило также пространственную изменчивость: в фоновых условиях в межкroновых пространствах концентрации Ni и Cu в опаде хвой достоверно в 1,5-2 раза выше ( $R^2=0,2$ ;  $p < 0,05$ ),

чем под кронами деревьев, что может быть связано с фоновым аэротехногенным загрязнением, вызванным переносом поллютантов в аэрозолях, распространяющихся на значительные расстояния [13] и поступающих активнее в окна древостоев. В дефолирующих сосновых лесах опад хвои в подкروновых пространствах содержит в 1,4 раза больше S ( $p < 0,05$ ), чем между крон, что связано с ее поступлением с кислотными атмосферными осадками.

Таким образом, аэротехногенное загрязнение вызывает изменения химического состава хвойного опада в сосновых лесах северотаежной лесной зоны, способствует изменению пространственной изменчивости состава опада с учетом структуры полога леса. Увеличение содержания тяжелых металлов в хвойном опаде приводит к повышенному поступлению их в почву, что может оказывать непосредственное влияние на состояние лесных экосистем Севера и выполнение ими экосистемных функций.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИППЭС КНЦ РАН (Пер. № 122022400120-2).

### Библиографические ссылки

1. Решетникова Т. В. Лесные подстилки как депо биогенных элементов // Вестник КрасГАУ. 2011. № 12. С. 74–81.

2. Meier I. C., Leuschner Ch., Hertel D. Nutrient return with leaf litter fall in *Fagus sylvatica* forests across a soil fertility gradient // Plant Ecology. 2005. Vol. 177, iss. 1. P. 99–112.

3. Wood T. E., Lawrence D., Clark D. A. Determinants of leaf litter nutrient cycling in a tropical rain forest: soil fertility versus topography // Ecosystems. 2006. № 9. P. 700–710.

4. Уфимцев В. И., Егорова И. Н. Роль растительного опада в формировании фитогенных полей сосны обыкновенной на техногенных элювиях Кузбасса // Успехи современного естествознания. 2016. № 4. С. 116–120.

5. Aponte C., García L. V., Marañón T. Tree species effects on nutrient cycling and soil biota: A feedback mechanism favouring species coexistence // Forest Ecology and Management. 2013. Vol. 309. P. 36–46.

6. Лукина Н. В., Никонов В. В. Питательный режим лесов северной тайги: природные и техногенные аспекты. Апатиты: Изд. Кольского НЦ РАН, 1998.

7. Тарханов С. Н. Поврежденность хвойных древостоев устья и дельты Северной Двины в условиях атмосферного загрязнения // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. Т. 11, № 1-3. С. 394–399.

8. Черненко Т. В., Бочкарев Ю. Н., Фридрих М., Беттгер Т. Воздействие природно-антропогенных факторов на радиальный прирост деревьев Кольского Севера // Лесоведение. 2012. № 4. С. 3–15.

9. Vacek S., Vacek Z., Bílek L., Simon J., Remeš J., Hůnová I., Král J., Putalová T., Mikeska M. Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution // Silva Fennica. 2016. Vol. 50. № 4. Article id 1564. 21 p. [Electronic resource]. URL: <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1564>. (date of access: 13.02.2024).

10. *Воробьева Л. А.* Химический анализ почв: Учебник. М.: Изд. Московского гос. ун-та, 1998.
11. *Husson F., Le S., Pages J.* Exploratory multivariate analysis by example using R. 2nd ed. London: Chapman & Hall/CRC Press. 2017. 248 p.
12. *Сухарева Т. А.* Пространственно-временная динамика микроэлементного состава хвойных деревьев и почвы в условиях промышленного загрязнения // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2013. № 6 (336). С. 19–28.
13. *Ершов В. В., Лукина Н. В., Данилова М. А., Исаева Л. Г., Сухарева Т. А., Смирнов В. Э.* Оценка состава дождевых выпадений в хвойных лесах на северном пределе распространения при аэротехногенном загрязнении // Экология. 2020. № 4. С. 265–274.



УДК 631.4

## СОВРЕМЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОГЕОГРАФИИ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ БОЛЬШОГО КАВКАЗА НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА

**А. А. Исмаилова**

*Бакинский Государственный Университет, кафедра Физической географии.  
ул. З. Халилов АЗ1074, Баку, Азербайджан*

В статье отражены некоторые результаты масштабных природных ландшафтных исследований, проведенных на азербайджанской территории Большого Кавказа в 2020-2023 годах. Составление современных карт на основе экологической экспертизы, проводимой с целью изучения антропогенного воздействия, усилившегося в результате увеличения численности населения и развития туризма, является важным актуальным вопросом для географов. С этой точки зрения тематика статьи считается очень важной с точки зрения сохранения и восстановления природных ландшафтов и представляет собой наиболее современный, ценный материал для будущих исследований.

**Ключевые слова:** ландшафт; окружающая среда; экологическая оценка.

## MODERN STUDY OF THE ECO-GEOGRAPHY OF NATURAL LAND- SCAPES OF THE GREATER CAUCASUS ON THE TERRITORY OF AZERBAIJAN

**A. A. Ismayilova**

*Baku State University, Department of Physical Geography. st. Z. Khalilov  
AZ1074, Baku, Azerbaijan*

The article reflects some of the results of large-scale natural landscape studies conducted in the Azerbaijani territory of the Greater Caucasus in 2020-2023. The compilation of modern maps based on environmental assessments carried out to study the anthropogenic impact that has increased as a result of population growth and tourism development is an important current issue for geographers. From this point of view, the topic of the article is considered very important from the point of view of conservation and restoration of natural landscapes and represents the most modern, valuable material for future research.

**Keywords:** landscape; environment; ecological assessment.

Экосистемы горных районов, характеризующиеся крутыми топографическими, климатическими и биологическими градиентами в сочетании с резкими сезонными контрастами способствуют возникновению экстремальных геоморфических явлений, которые, в свою очередь, могут сильно

повлиять на экологическую и человеческую среду. Деятельность людей в горных районах как вид экономической деятельности вызывает глубокие изменения природных ландшафтов, приводящие к возникновению техногенных ландшафтов на месте природных, и зачастую является причиной создания техногенных геосистем, принципиально отличающихся от природных [1,7]. На территории преимущественно формируются лесостепные, дубово-грабовые, грабовые и буковые леса высоты 700–1500 м, высокогорные леса и лесолуга послелесного антропогенного происхождения на высоте 1200–2000 м, субальпийские и альпийские луга на высоте 2200–3000 м, субнивальные и нивальные комплексы образуются более высокие области. На северо-восточном склоне Большого Кавказа основное негативное воздействие на природные, особенно на почвенно-растительные комплексы, оказывает антропогенный фактор. В результате вырубки лесов и не правильного выпаса скота деградируют не только почвенно-растительные комплексы, но и сокращаются водные ресурсы, загрязняется окружающая среда. В связи с этим изменились верхняя и нижняя границы высокопродуктивных лесов и вместо них появились разреженные леса и менее продуктивные растительные формации. Вместо смешанных лесных образований развились эрозионные процессы с появлением материальных пород и образованием оврагов. Лесной покров играет незаменимую роль в формировании и охране растительного покрова территории. В благоприятных условиях растительного покрова почвообразовательный процесс протекает интенсивнее. В результате антропогенного воздействия, особенно лесного хозяйства и огромное количество выпаса скота вокруг населенных пунктов, образовались значительные территории, которые сейчас практически полностью лишены залежной растительности. Основными экологическими проблемами на территории являются неконтролируемая интенсивная вырубка лесов и животноводство. Данная деятельность человека привела к сокращению значительных площадей лесной растительности, усилению эрозии почв, нарушению водного режима территории. Поэтому для защиты природных комплексов, в том числе почвенного покрова, необходимо, запретить вырубку лесов, контролировать выпас скота и создать благоприятные условия для естественного возобновления лесов [4,5,6]. По оценкам, даже в некоторых развитых странах горнопромышленные комплексы и антропогенные ландшафты занимают от 1-2 % до 5-6 % территории. Благодаря большому разнообразию физико-геологических, литографических и геоморфологических условий на этой территории сформировался своеобразный ландшафт.

Горные геосистемы северо-восточного склона Большого Кавказа имеют сложный рельеф, что является причиной разнообразия структур географических условий [2,3]. Различна и степень освоенности различных

местностей на разных гипсометрических высотах, в зависимости от высоты возрастают неблагоприятные природно-географические условия. Разработанная карта уклонов (рис. 1,3) играет важную роль в выявлении экологически напряженных территорий. Активные гравитационные процессы, особенно лавинные, преобладают на участках с большим уклоном ( $45^\circ$ ). Смывается хрупкие и неустойчивые породы, поверхность почвы. Границы ландшафтных единиц нарушены. Устойчивые массивы лесов и лугов формируются за счет увеличения влагозапасаемости и влагоемкости на участках с уклоном  $15\text{--}20^\circ$  и менее. В то же время на участках с таким уклоном существует вероятность возникновения оползней. Сколько бы ни уменьшалась численность населения, площадь населенных пунктов, сфера влияния, возрастает опасность экстремальных и катастрофических процессов. Сопоставление геоморфологических с гипсометрическими данными показывает, что около 75 % пойм формируется в среднегорье, а остальная часть — в высокогорье. Подавляющее большинство оползней происходит в низинах (66 %) и среднегорьях (около 32 %).

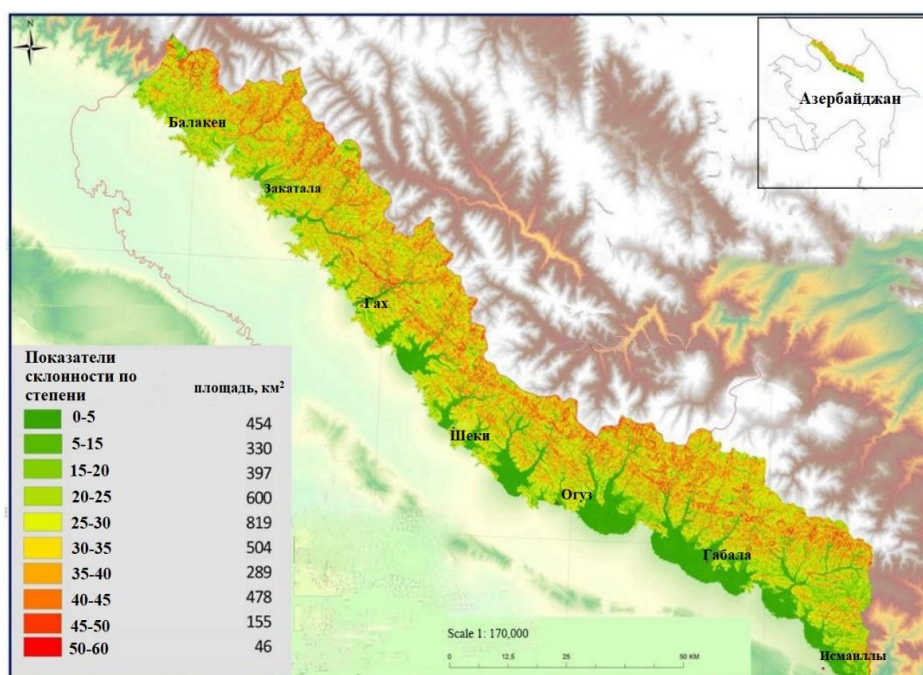


Рис. 1. Карта склонов южного склона Большого Кавказа.  
[Составлено автором]

Анализ ландшафтных изменений в разных типах горнолесных ландшафтов в зависимости от растительности показывает, что на небольшом пространстве, на одной и той же абсолютной высоте, возникает несколько локальных типов горнолесных ландшафтов. В

котловине Демирапаранчай на высоте 900–1000 м в экспозициях с азимутальными углами обзора 0°, 45° и 325° за счет скопления влаги формируется сплошной буковый лесной ландшафт; в экспозициях с азимутом 90°, 127° и 185° представлены буково-грабовые, частично грабовые и дубовые смешанные леса; а на склонах азимута 180° и 225° преимущественно дубовые и дубово-грабовые леса. Чрезмерное накопление влаги на обнаженных склонах севера (0°), северо-запада (325°) и северо-востока (49°) еще больше увеличивает опасность оползней.

В частности, в результате исследований в бассейне реки Гирдиманчай установлено, что около 75 % оползней приходится на северо-восточные склоны. Дерново горнолесные почвы в виде пятен встречаются среди типичных бурых горнолесных почв на высоте 1000-1550 м над уровнем моря. Площадь этих лесов составляет 11702,2 га, что составляет 2,4 % от общей площади этой территории. Эти почвы наиболее распространены в нижних частях горнолесного пояса, на сухих и разреженных степных лесных полянах и в разреженных частях рельефа.

В этих районах количество осадков составляет 750-950 мм в год. Количество гумуса в верхних горизонтах колеблется от 3,25 до 5,20 %, в нижних горизонтах резкое снижение. Серые горнолесные почвы формируются на высоте 950-1800 м над уровнем моря под буковыми и грабовыми лесами. Годовое количество осадков 650-1000 мм, среднегодовая температура воздуха 8-10 °С. Проницаемость колеблется в пределах 400-600 мм. Количество гумуса в верхних горизонтах этих почв составляет 2,54–4,37 %, а в нижних горизонтах 1,34–2,51. Среднегодовое количество осадков здесь составляет 350-640 мм, которые выпадают обычно весной и осенью. В верхних горизонтах этих почв количество гумуса составляет 3,12-2,68 %, постепенно уменьшаясь в средних и нижних горизонтах.

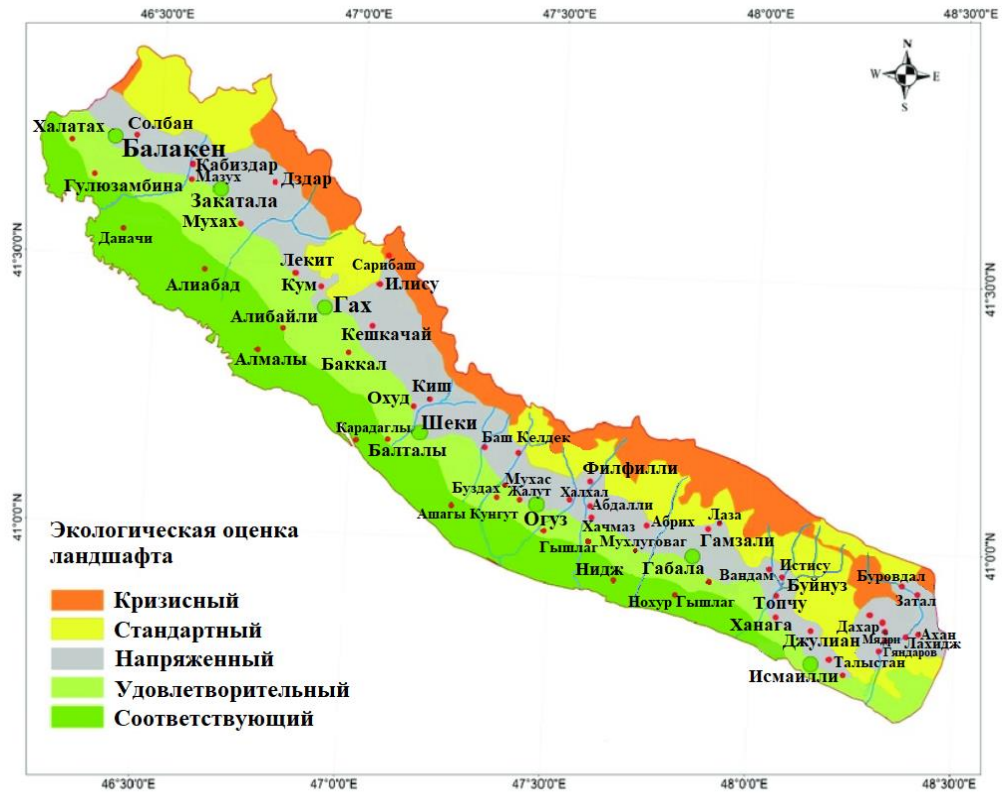


Рис. 2. Карта экологической оценки ландшафта южного склона Большого Кавказа.  
[Составлено автором в 2023 г.]

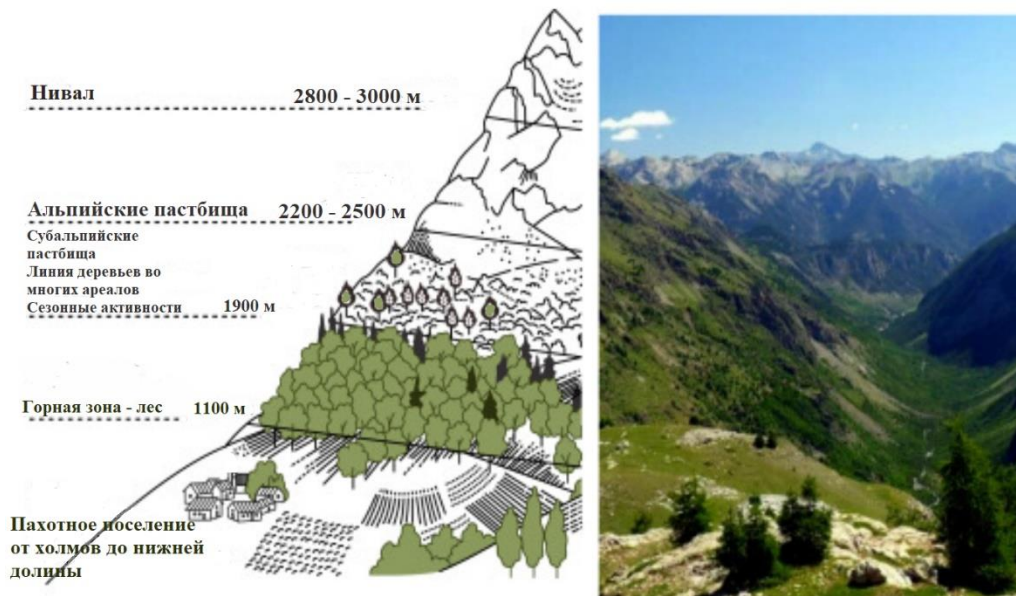


Рис. 3. Ландшафтная структура территории

## Библиографические ссылки

1. Материалы наблюдений Департамента Гидрометеорологии при Министерстве экологии и природных ресурсов. Азербайджан, Баку. 2006. 122 с.
2. *Бабаев М. П., Гасанов В. Х., Джафарова Ч. М., Гусейнова С. М.* Морфогенетическая диагностика, номенклатура и классификация почв Азербайджана. Баку. 2011. 452 с.
3. Всемирная справочная база ФАО по почвенным ресурсам 2014. Международная система классификации почв для наименования почв и создания легенд для почвенных карт. Обновление 2015. 192 с.
4. *Гасанова Т. А.* Пути восстановления плодородия и научные основы охраны почв Большого Кавказа. Кузбасский государственный унив. сборник статей международной научной конференции: Рекультивация выработанного пространства: проблемы и перспективы. Белого, Новосибирск, 2019, ст.4-6 <http://science.kuzstu.ru/wp>
5. *Гасанова Т. А.* Математические модели прогнозирования гидроэкологического состояния реки Киш. Инновационные тенденции в обеспечении регионального развития: реальные и современные вызовы. Материалы Республиканской Научной конференции. Азербайджан г. Мингячевир, 11-12 декабря 2020. С. 56-58 [https://mdu.edu.az/wp-content/uploads/2022/04/Konfrans\\_2020.pdf](https://mdu.edu.az/wp-content/uploads/2022/04/Konfrans_2020.pdf)
6. *Исмаилова А. А.* Диссертация на тему Территориальная дифференциация и антропогенная трансформация ландшафтно-экологических систем южного склона юго-восточной зоны Большого Кавказа. 2005. Азербайджан, Баку. 44 с.
7. *Мамедов Г. Ш., Халилов М. Ю.* Экология и охрана окружающей среды. Азербайджан, Баку. 2015. 879 с.

УДК 911.52

## ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ДОПУСТИМЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК В ЛАНДШАФТАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БРАСЛАВСКИЕ ОЗЕРА»

Е. В. Кардель<sup>1)</sup>, Н. В. Гагина<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Государственное природоохранное учреждение «Национальный парк «Браславские озера», ул. Дачная 1, 211970, г. Браслав, Беларусь, [kardelkay@gmail.com](mailto:kardelkay@gmail.com)

<sup>2)</sup> Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, [hahina@bsu.by](mailto:hahina@bsu.by)

Выполнены исследования распределения рекреационных нагрузок в Национальном парке «Браславские озера» с учетом ландшафтных особенностей территории. Впервые проведена комплексная оценка допустимых дисперсных рекреационных нагрузок на площадные участки и рекреационных нагрузок на экологические тропы. Уточнены количественные значения распределения участков рекреационной зоны в ландшафтах парка.

**Ключевые слова:** рекреационная нагрузка; ландшафтное строение; национальный парк; экологическая тропа; рекреационная зона.

## DIFFERENTIATION OF ALLOWABLE RECREATIONAL LOADS IN THE LANDSCAPES OF THE NATIONAL PARK «BRASLAVSKIE OZERA»

E. V. Kardel, N. V. Hahina

<sup>1)</sup> State Nature Protection Institution “National Park “Braslavskie Ozera”, st. Dachnaya 1, 211970, Braslav, Belarus, [kardelkay@gmail.com](mailto:kardelkay@gmail.com)

<sup>2)</sup> Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4, 220030, Minsk, Belarus, [hahina@bsu.by](mailto:hahina@bsu.by)

Research has been carried out on the distribution of recreational loads in the “National Park “Braslavskie Ozera”, taking into account the landscape features of the territory. For the first time, a comprehensive assessment of permissible dispersed recreational loads on area areas and recreational loads on ecological trails was carried out. The quantitative values of the distribution of recreational zone areas in the park landscapes have been clarified.

**Keywords:** recreational load; landscape structure; national park; ecological trail; recreational area.

В настоящее время вопросы, связанные с определением рекреационных нагрузок на различные природные территориальные комплексы, относятся к актуальным в области геоэкологических и географических

исследований и получили широкое освещение в научной литературе и практике природоохранной деятельности.

В последние десятилетия наблюдается устойчивый интерес населения к отдыху на объектах рекреационной инфраструктуры в границах особо охраняемых природных территорий. Национальный парк «Браславские озера» отличается значительными ежегодными потоками туристов и рекреантов.

Развитие рекреационной деятельности в Национальном парке регулируется природоохранным законодательством и локальными нормативными правовыми актами. Предельно допустимые дисперсные рекреационные нагрузки на природные комплексы рассчитываются по методике, утвержденной Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 28 декабря 2009 г. № 389-ОД.

Согласно этому нормативному документу среди различных видов рекреационной деятельности наибольшую опасность для природных ландшафтов и экосистем представляют «неконтролируемые дисперсные (рекреационные) нагрузки, связанные с использованием рекреационно-туристических ресурсов растительного и животного мира» [1, с 4]. При расчете их научно обоснованных норм приняты допущения, что такие нагрузки равномерны для посещаемой части территории ООПТ (в нашем исследовании — участки рекреационной зоны национального парка), максимальные рекреационные нагрузки имеют место в любой выходной день с благоприятными погодными условиями летнего комфортного периода. Дифференциация предельно допустимых дисперсных рекреационных нагрузок зависит от площади участков, различной устойчивости растительных сообществ к рекреационным нагрузкам, особенностям рельефа, категории ООПТ и функциональных зон (для национальных парков).

Расчетная посещаемая территория определяется на основании анализа картографических материалов (карты земель в масштабах 1:25 000 или 1:50 000, планов лесонасаждений в масштабе 1:25 000), натурных обследований. Из расчетной территории исключаются участки, в пределах которых зарегистрированы места обитания редких и находящихся под угрозой исчезновения животных и места произрастания редких и находящихся под угрозой исчезновения растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь.

Дополнительно к расчету предельно допустимых дисперсных нагрузок была определена максимальная рекреационная нагрузка для экологических троп национального парка, рассмотренных как линейные объекты рекреации. В основу расчетов положена адаптированная методика М. Сифуентеса [2, 3], суть которой заключается в определении максимального числа возможных посещений экологической тропы с



учетом ее физических характеристик (протяженности, ширины, типа покрытия), ряда дополнительных ограничивающих природных факторов (рельеф, деградация почвы) и социальных факторов (комфортное расстояние между группами, «личное» пространство посетителя).

Каждый участок рекреационной зоны национального парка анализировался с учетом его местоположения в разрезе ландшафтного строения территории с учетом родов природных ландшафтов. Анализ проводился по данным цифровой ландшафтной карты Национального парка «Браславские озера» масштаба 1: 100 000, методические подходы к составлению которой и ее описание приведены в научных публикациях [4].

Национальный парк «Браславские озера» организован в 1995 г. для целей сохранения природных комплексов Браславской озерной группы, генетического фонда растительного и животного мира Белорусского Поозерья, развития природоохранной, научной, просветительской, туристической, рекреационной, оздоровительной деятельности [5]. Площадь национального парка составляет 64216,33 га, из них на долю рекреационной зоны приходится 2974,8 га, что составляет 4,6 %.

Рекреационная зона представлена 36 отдельными участками, в границах которых расположены 4 базы отдыха, дом рыбака «Богино» и 52 туристические стоянки, 3 экологические тропы. Посещаемость стационарных объектов в 2022 г. составила 6100 человек, прямой статистический учет посетителей турстоянок не ведется, но ориентировочно количество составляет не менее 20 тыс. посетителей в год.

Показательной статистикой, характеризующей туристический поток, является количество посетителей смотровой вышки горы Маяк, которую в 2021 году посетило 29 300 человек, в 2022 г. — более 30 000 тысяч.

Исследования рекреационных нагрузок в Национальном парке «Браславские озера» были выполнены в 2012 г. [6], а в 2022 г. Е. В. Карделем проведен новый расчет дисперсных рекреационных нагрузок с учетом поправочных коэффициентов на категорию, статус, функциональное зонирование ООПТ и характер рельефа местности. Согласно этим расчетам, допустимая рекреационная нагрузка на природные комплексы Национального парка «Браславские озера» не должна превышать 4334 человек.

Ранее выполненные исследования ландшафтного строения национального парка показали, что наибольшее распространение получили озерно-ледниковые ландшафты (30,8 % площади), озерно-болотные (11,1 %), камово-моренные (8,6 %). На долю холмисто-моренно-озерных, моренно-озерных, водно-ледниковых ландшафтов, речных долин приходится менее 5 % площади для каждого рода ландшафта [4].

Рекреационные участки наиболее распространены в границах камово-моренных и водно-ледниковых ландшафтов, где на их долю

приходится, соответственно, 34,8 % и 32,9 % площади рекреационной зоны. В границах озерно-ледниковых ландшафтов расположено 10 участков суммарной площадью 16,5 %, в границах моренно-озерных – 7 участков суммарной площадью 12,4 %. В границах холмисто-моренно-озерных ландшафтов расположен один рекреационный участок (таблица).

**Распределение дисперсных рекреационных нагрузок в ландшафтах  
Национального парка «Браславские озера» в разрезе участков  
рекреационной зоны**

Природные ландшафты в ранге рода	Количество участков	Площадь участков в составе рекреационной зоны, %	Допустимая дисперсная рекреационная нагрузка, чел.
Холмисто-моренно-озерные с лесами на дерново-подзолистых почвах	1	3,4	135
Камово-моренные с лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных почвах	9	34,8	1244
Моренно-озерные ландшафты с лесами на дерново-подзолистых почвах	7	12,4	447
Водно-ледниковые с лесами на дерново-подзолистых почвах	9	32,9	1489
Озерно-ледниковые с лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных, почвах и болотами на торфяно-болотных почвах	10	16,5	1019

Допустимая дисперсная рекреационная нагрузка в целом растет с увеличением площади участков рекреационной зоны. Поэтому наибольшая нагрузка возможна в границах камово-моренных и водно-ледниковых ландшафтов, в наименьшая — в холмисто-моренно-озерных. В границах камово-моренных ландшафтов выделяется участок «Межозерный», допустимая нагрузка для которого составляет 692 человека, в границах водно-ледниковых ландшафтов — участок «Болто» с допустимой нагрузкой 750 человек, в границах озерно-ледниковых — участок «Янка 1» (559 человек).

Уникальность ландшафтов национального парка выражается в распространении редких урочищ камовых холмов и озовых гряд, которые рассматриваются как ценные природные объекты и объекты туризма. Разработанные экологические тропы — «Слободковская озовая гряда», протяженностью 4600 м, и «Гора Маяк», протяженностью 1700 м,

репрезентативно представляют эти природные территориальные комплексы. Фактическая допустимая рекреационная нагрузка на экологическую тропу «Слободковская озовая гряда» составляет 86 человек, а на экологическую тропу «гора Маяк» составляет 48 человек.

Проведя комплексный анализ допустимой рекреационной нагрузки для территории Национального парка «Браславские озера» можно сделать вывод, что предельно допустимая рекреационная нагрузка зависит от площади и ландшафтных особенностей каждого рекреационного участка.

Для трех участков рекреационной зоны, допустимый уровень рекреационной нагрузки составляет более 500 человек, поэтому такие участки требуют обязательного качественного инфраструктурного обустройства и организации мониторинговых наблюдений за состоянием природных комплексов.

Наименьшая допустимая фактическая рекреационная нагрузка среди линейных туристических объектов характерна для экологической тропы «Гора Маяк». По результатам полевых исследований деградационные процессы на всех экологических тропах национального парка не фиксировались.

### Библиографические ссылки

1. Методика по определению нормативов допустимой нагрузки на особо охраняемые природные территории: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 28.12.2009 г № 389-ОД.

2. *Cifuentes M.* Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas. – Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1992.

3. *Чавес Д. О., Николаева О. Н.* Расчёт туристской нагрузки на экологические тропы в ООПТ // Интерэкспо Гео-Сибирь. Строительство и архитектура. 2022. С. 272-280.

4. *Гагина Н. В., Курлович Д. М., Синач В. А.* // Цифровое ландшафтное картографирование как элемент геоинформационного обеспечения Национального парка «Браславские озера». Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2023. № 1. С. 19–32.

5. Положение о Национальном парке «Браславские озера». Указ Президента Республики Беларусь от 26 июля 2019 г. № 279 «О некоторых вопросах развития особо охраняемых природных территорий».

6. *Мицюн В. А.* Оценка воздействия и перспективы развития некоторых видов рекреационной деятельности на природные комплексы Национального парка «Браславские озера» // Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь: материалы Международной научно-практической конференции, п. Домжерицы. 2012. С. 313-316.

УДК 502.52:669.3.013(470.55).

## АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ХАЛЬКОФИЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В РАЙОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА

**А. Э. Козлов**

*Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, ул. Косыгина, д. 19., 119991, г. Москва, Российская Федерация, [aleksey31099@yandex.ru](mailto:aleksey31099@yandex.ru)*

Представлены результаты исследования негативного влияния медеплавильного завода на природные среды. Определены химические элементы, характеризующиеся аномальными концентрациями. Показано, что аномальное содержание халькофильных элементов приходится преимущественно на верхние слои почвенного покрова. Выдвинуты предположения о главенствующих источниках техногенного загрязнения.

**Ключевые слова:** почвенный покров; техногенное загрязнение; медеплавильный комбинат; геохимические ряды ассоциаций.

## ANTHROPOGENIC POLLUTION BY CHALCOPHILIC ELEMENTS IN THE AREA OF IMPACT OF COPPER SMELTING PLANT

**A. E. Kozlov**

*Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, RAS, Kosygina st, 19, 119334, Moscow, Russian Federation, [aleksey31099@yandex.ru](mailto:aleksey31099@yandex.ru)*

The results of the study of the negative impact of the smelter on the natural environment are presented. Chemical elements characterized by anomalous concentrations are determined. It is shown that the anomalous content of chalcophilic elements falls mainly on the upper layers of soil cover. The assumptions about the main sources of anthropogenic pollution are put forward.

**Keywords:** soil cover; technogenic pollution; copper smelter; geochemical series of associations.

Актуальность работы состоит в том, что Карабашская техногенная геохимическая аномалия, образованная в результате продолжительной промышленной деятельности крупного медеплавильного завода, является уникальным полигоном для геохимических исследований.

Цель работы заключается в исследовании геоэкологических проблем на территории воздействия Карабашского медеплавильного комбината (г. Карабаш, Челябинская область) на основе изучения концентраций загрязняющих веществ в природных средах (твердый осадок снега, почвенный покров), в которых происходит накопление элементов.

*Материалы и методы исследования.* Пробоотбор снегового покрова проводился в январе 2022 г., согласно [0].

Пробоотбор почвы производился на глубину до 30 см, образцы почвы массой не менее 0,5 кг каждый отбирались из нескольких мест в каждом из генетических горизонтов, и из поверхностного слоя.

Точки отбора проб почвенного покрова располагались с учетом главенствующего направления ветра (преимущественно З, ЮЗ сектор) от источника загрязнения атмосферы — как пыления (такими источниками являются шлакоотвал и шламохранилище), так и источника выброса — это промплощадка медеплавильного завода. Всего было отобрано 16 проб почвы, 1 проба шлака и 1 проба шлама (рис. 1).

Аналитическое обеспечение исследований проб твердого осадка снега, почвенного покрова, шлака и шлама включает в себя определение 28 элементов на Учебно-исследовательском атомном реакторе ИРТ-Т НИИ ядерной физики при НИ ТПУ, методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА). Содержание ртути измерялось в почве, шлаке и шламе атомно-абсорбционным методом на анализаторе ртути «РА-915» с твердофазной приставкой «ПИРО-915+». Минеральный состав некоторых (наиболее интересных) проб определялся при помощи растровой электронной микроскопии (электронный микроскоп Hitachi S-3400N с аналитической приставкой «Bruker XFlash 4010») и рентгеновской дифрактометрии – Дифрактометр «Bruker D2 Phaser», находящиеся на базе учебно-научной лаборатории ОГ ИШПР «НИ ТПУ». Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием ПО Statistica 13.5.0.

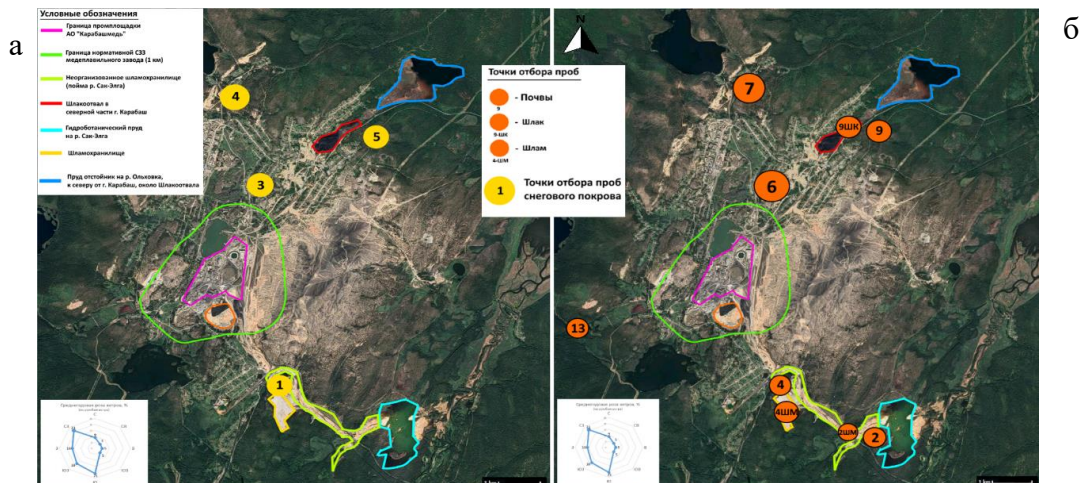


Рис. 1. Карта-схема отбора проб снегового покрова (а) и проб почвенного покрова, шлака и шлама (б) в районе негативного воздействия на окружающую среду Карабашского медеплавильного завода.

*Результаты и обсуждение.* По данным от ИНАА для 4 проб твердого осадка снега, рассчитаны кларки концентраций (*КК*) относительно кларка ноосферы (по Глазовским, 1982, 1988 [0, 0]). Затем построены геохимические ряды ассоциаций химических элементов (табл. 1). Аномальными (*КК*>100) являются: Sb, Au, Zn, As, Ba, три из которых являются халькофильными

Таблица 1

**Геохимический ряд проб твердой фазы снега в зоне влияния медеплавильного завода**

Среда отбора	Геохимический ряд
Твердая фаза снежного покрова	Sb <sub>664</sub> —Au <sub>427,7</sub> —Zn <sub>319,8</sub> —As <sub>238,5</sub> —Ba <sub>189,3</sub> —Fe <sub>10,1</sub> —Cr <sub>6,8</sub> —Ca <sub>3,1</sub> —Co <sub>3,1</sub> —Tb <sub>2,4</sub> —Sc <sub>1,8</sub> —U <sub>1,3</sub> —Yb <sub>1,3</sub> —Ag <sub>0,7</sub> —Ce <sub>0,6</sub> —Hf <sub>0,6</sub> —Nd <sub>0,6</sub> —Na <sub>0,4</sub> —Lu <sub>0,3</sub> —Th <sub>0,3</sub> —Rb <sub>0,1</sub> —Ta <sub>0,1</sub> —La <sub>0,1</sub>

Также построены геохимические ряды для проб почвы – относительно кларковых значений химических элементов в верхней части континентальной земной коры, (по Григорьеву Н. А., 2009 [0]). В почвах сильно выделяются следующие элементы: Au, Ag, Sb, As, Hg, Zn, Ba (табл. 2).

Таблица 2

**Геохимические ряды для почвы в зоне влияния медеплавильного завода – г. Карабаш и окрестности**

Среда отбора	Геохимические ряды
Почва	Au <sub>86,1</sub> — Ag <sub>57,2</sub> — Sb <sub>56,2</sub> — As <sub>43,9</sub> — Hg <sub>35,4</sub> — Zn <sub>23,2</sub> — Ba <sub>16,4</sub> — Cr <sub>4,7</sub> — Fe <sub>2,0</sub> — Co <sub>1,7</sub> — Sc <sub>1,2</sub> — Ca <sub>1,05</sub> — Eu <sub>0,72</sub> — Yb <sub>0,67</sub> — Lu <sub>0,63</sub> — Sr <sub>0,62</sub> — Hf <sub>0,55</sub> — Na <sub>0,52</sub> — U <sub>0,48</sub> — Sm <sub>0,46</sub> — Tb <sub>0,41</sub> — La <sub>0,38</sub> — Nd <sub>0,36</sub> — Ce <sub>0,35</sub> — Br <sub>0,3</sub> — Rb <sub>0,26</sub> — Th <sub>0,25</sub> — Ta <sub>0,23</sub> — Cs <sub>0,17</sub>

Из проведенной статистической обработки было выявлено, что распределение большинства элементов в почвах не соответствует нормальному закону распределения, наблюдается логнормальное распределение. Кластерный анализ для определения группировки химических элементов показал 2 группы наиболее значимых геохимических ассоциаций элементов: 1-я: Br-Fe-Zn-As; 2-я: Ba-Hg-Sb-Au, где большая часть элементов, имеют также и наиболее высокие *КК*, они также в основном халькофильные (по классификации В. М. Гольдшмидта, 1930) [0], что свидетельствует о вкладе источников загрязнения медеплавильного производства в аномальные концентрации на территории исследования.

Корреляционный анализ для образцов почв по коэффициенту *r*-Пирсона с построением по его результатам графов геохимических ассоциации

показал, что наиболее сильные зависимости (значения больше 0,7) присутствуют у халькофильных элементов.

Для непараметрических тестов Колмогорова-Смирнова и Манна-Уитни, обнаружены совпадающие элементы в обоих тестах для почв — это Ва и As.

На рентгенофазовом анализе исследовались наиболее показательные пробы с наибольшими содержаниями халькофильных элементов. Проба верхнего слоя почвы из частного сектора г. Карабаш в больших количествах содержит следующие минералы: магнизиальная роговая обманка (железосодержащая), железосодержащий клинохлор, альбит и кварц, эпидот, и в меньших – цинковудвардит (цинк, алюминий, сера), алюмосиликат меди и натрия, магнетит (железо), пирит (железо, сера, мышьяк), результаты представлены на рис. 2.

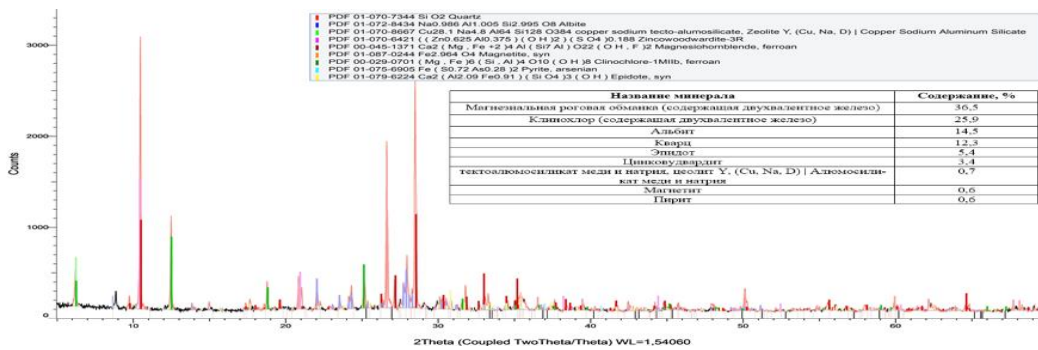


Рис. 2. Рентгенограмма с результатами анализа пробы почвы в частном секторе г. Карабаш

Электронная микроскопия показала, что данная проба состоит из множества различных частиц и вкраплений (рис. 3), наиболее интересные содержат свинец с различными примесями (в основном серы), такие частицы вероятнее всего, оказались в почве в результате атмосферного осаждения пыли, выброшенной в атмосферный воздух медеплавильным заводом.

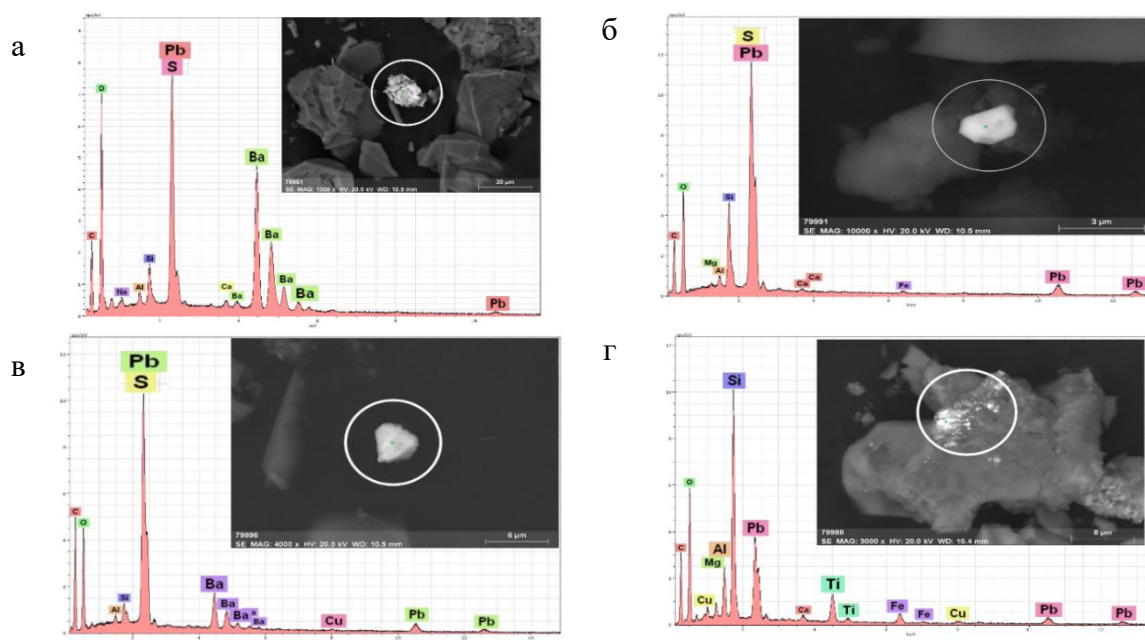


Рис. 3. Результаты электронной микроскопии почвы в частном секторе г. Карабаш – в зоне влияния медеплавильного завода, Ва-частица с примесью Pb-S? (а), Pb-частица (б), Pb-частица (в), Вкрапление Pb с примесями Ti-Al-Fe-Cu на частице алюмосиликата (г).

Распределения элементов в вертикальных колонках почв рассматривались в наиболее показательных точках пробоотбора, в непосредственной близости от крупных техногенных источников загрязнения: в пробах почвенного покрова около шламохранилища, в частном секторе города Карабаш (ближайшая точка к промплощадке медеплавильного завода), около шлакоотвала. Во всех перечисленных точках отмечается схожая картина: в верхних слоях почвы содержания халькофильных элементов многократно превышают как кларковые значения содержаний для верхней коры земли (по Н. А. Григорьеву, 2009 [0]), так и значения ПДК (для близких к нейтральным и нейтральным (суглинистым и глинистым) почвам) [0]. С увеличением глубины содержания этих элементов значительно уменьшаются, достигая минимальных значений (рис 4).



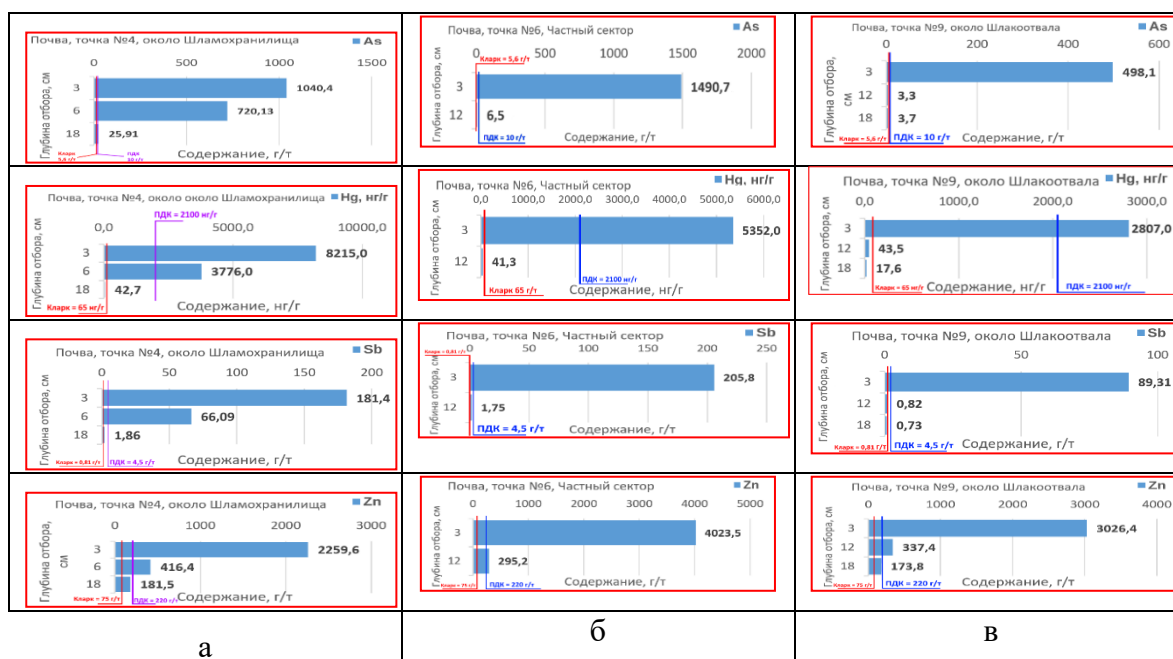


Рис. 4. Распределения химических элементов в вертикальной колонке почвы, в точке № 4 вблизи Шламохранилища (а), в частном секторе города Карабаш (б), к северо-востоку от г. Карабаш – в лесном массиве около шлакоотвала (в).

**Закключение.** Основным источником загрязнения атмосферного воздуха, ПЫЛЬ из которого осаждается на снеговой покров, является атмосферное осаждение выбросов с промплощадки медеплавильного завода и локальные открытые площадки хранения отходов производства ограниченным радиусом пылевого воздействия.

В твердом осадке снегового покрова выделяются элементы халькофильной группы (Zn, Sb, Au, As).

Наибольшие кларки концентрации в почвах района исследования наблюдаются для Au, Ag, Sb, As, Hg и Zn.

Результаты рентгенофазового анализа показали, что исследуемые пробы почвы представлены различными минералами. Многие из них имеют в своем составе различные халькофильные и другие, ассоциированные с медью химические элементы.

По данным электронной сканирующей микроскопии, в пробах почвы были обнаружены разнообразные частицы с высоким содержанием тяжелых металлов и халькофильных элементов.

Изучение вертикального распределения содержания элементов показало значительное снижение концентраций с увеличением глубины отбора.

## Библиографические ссылки

1. Щербатов А. Ф., Рапута В. Ф., Турбинский В. В., Ярославцева Т. В. Оценка загрязнения атмосферного воздуха пылью по данным снегосъёмки на основе реконструкции полей выпадений // Анализ риска здоровью. 2014. № 2. С. 42-47.
2. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высш. Шк., 1988. 328 с.
3. Глазовский Н. Ф. Техногенные потоки вещества в биосфере // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М., 1982. С. 86-95.
4. Григорьев Н. А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 382 с.
5. Goldschmidt V. M. Geochemische Verteilungsgesetze und kosmische Häufigkeit der Elemente. // Naturwissenschaften. 1930. Vol 18. P. 999-1013.
6. СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», 2021.

УДК 502.172(476.1-751.2+476.5-751.2)

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И КОНФЛИКТЫ  
ВВИДУ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
В НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКАХ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ**

**Е. А. Козлов, Э. А. Холод, А. А. Самаль**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4  
220030, г. Минск, [kozlovea@bsu.by](mailto:kozlovea@bsu.by)*

Рассмотрены подходы к выявлению связи природопользования в ООПТ с возникновением геоэкологических рисков и конфликтов. Предложена схема организации ГИС модели анализа геоэкологических рисков и конфликтов в озерных регионах. Показано место экологических троп среди видов природопользования на охраняемых территориях.

**Ключевые слова:** геоэкологический анализ; экологический риск; национальный парк; ГИС.

**GEOECOLOGICAL RISKS AND CONFLICTS  
DUE TO THE PECULIARITIES OF NATURE MANAGEMENT  
IN THE NATIONAL PARKS OF THE BELARUSIAN LAKELAND**

**Ya. A. Kazlou, E. A. Kholad, A. A. Samal**

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4  
220030, Minsk, [kozlovea@bsu.by](mailto:kozlovea@bsu.by)*

Approaches to identifying the connection between environmental management in protected areas and the emergence of geoeological risks and conflicts are considered. A scheme for organizing a GIS model for analyzing geoeological risks and conflicts in lakelands is proposed. The place of ecotouristic trails among the types of environmental management in protected areas is shown.

**Keywords:** landscape-ecological analysis; environmental risk; national park; GIS.

Природопользование в национальном парке осуществляется по следующим основным направлениям: производственное; коммунальное; пространственно-увязывающее; средоохранное [1]. Указанные направления соответствуют целям создания национальных парков — природоохранных; рекреационных; социальных (просветительские, научные и культурные). Объем реализации целей создания природоохранных учреждений — национальных парков, — находится в прямой зависимости от способов реализации и оптимизации типов природопользования на их территории, а

также на прилегающих к границам парка угодьях. Поскольку природопользование оценивают в экологическом, социальном и экономическом аспектах свою роль играют фактическая структура земель в функциональных зонах парка и естественная устойчивость (защищенность) природной основы — разнообразие, аттрактивность, доступность.

Ядра национальных парков сформированы молодыми ландшафтами со множеством озер, следовательно, формальный *административный подход* к сохранению природного разнообразия и качества природной среды не в состоянии обеспечить целостное представление об оптимальных типах природопользования, выраженных в структуре земель функциональных зон ООПТ. *Прикладная оценка* может фиксировать множественные геоэкологические риски и геоэкологические конфликты. В случае, когда целостность геосистемы, ее внешний облик, аттрактивность, репрезентативность (титульность) и рекреационная востребованность определяются молодостью рельефа и наличием чистых озер, рационально использовать *бассейновый подход* к анализу геоэкологических рисков.

Мозаичный тип угодий ООПТ, определяющий разнообразие их внутренних условий, сочетание аграрного и лесохозяйственного освоения [2], интенсификация транспортного и туристского потоков приводит к *геоэкологическим конфликтам* – типичным ситуациям, возникающим в результате присвоения одному и тому же пространству различных взаимоисключающих социально значимых функций [3].

*Системный анализ* состояния геосистем на основе представления о риске, а также геоэкологических конфликтов природопользования на основе сопоставления функций территории (акватории), структуры земель (угодий) проще осуществлять современными методами с формированием географических информационных систем и аппаратно-программных средств. Сопоставление показывает, что частота реализации рисков растет на границах населенных пунктов, побережьях, множественных сочленений лесов и полей, вдоль путей сообщения (дорог, проездов) и экологических троп (маршрутов). Сочетание разнородных рисков вокруг экологических троп приводит к формированию вдоль них геоэкологических конфликтов, а их острота приобретает выраженную сезонность ввиду реализации рекреационной деятельности.

Построение *ГИС-модели данных* формирования рисков для озер в ядрах национальных парков рассматриваемых территорий требует следующего. На первом этапе — формирование базы данных о параметрах территории, содержащей пространственно-сопоставленные выделы: \*угодья, \*функциональные зоны, \*нормативы и ограничения пользования, \*водосборы (бассейны), \*точечные источники (по категориям), \*линейные источники (по категориям). Они позволят определенным образом

сопоставить структуру водосборов для последующей оценки их реакции на вменяемые факторы воздействия. На втором этапе структура водосборов отражает посредством анализа полуавтоматического распознавания по данным дистанционного зондирования через участки-ключи интерпретацию визуально-графической информации в числовой матрице с геопространственной привязкой. На третьем этапе в ГИС-модель включена размерность шкалы рисков по индикаторам, которые посредством расчетных коэффициентов (критерии-параметры) внесены для ранжирования величин (сито) (рис.).



Модуль «Ранжирование риска» ГИС-модели территории водосбора

Схема работы с модулем предполагает внесение данных по категориям природное состояние (природа), развитие местных сообществ и их благосостояние (общество), персональное восприятие (личность); обработку данных; ранжирование оценочных шкал (табл. 1); суммирование и интеграцию рисков.

Таблица 1

**Ранжирование оценочных шкал (для озер в ядрах национальных парков)**

Вероятность возникновения, реализации, возможности					
уровень вероятности	очень высокая	высокая	умеренная	низкая	очень низкая
частота фиксации	1 раз в год	1 раз в 1-2 года	1 раз в 2-3 года	1 раз в 3-4 года	1 раз в 5 лет

Выраженность и тяжесть последствий					
тяжесть последствий	Опасная	тяжелая	сильная	слабая	ничтожная
выраженность последствий	Критичная	серьезная	явная	четкая	незначительная
Допустимость и возможность риска					
уровень допустимости	Неприемлемый	ощутимый	существенный	приемлемый	несущественный
Действия	мероприятия по снижению	мероприятия по контролю	реализация возможности снижения	формирование контура управления	не требуется

На четвертом этапе на основании цифровых моделей местности и стока определяется естественная защищенность (буферность) аквальной системы и транзит рисков. Это позволяет сопоставить интегральный риск с параметром аттрактивности и с параметром геоэкологическое состояние.

В результате оценки для национального парка «Нарочанский» показано, что наиболее сбалансированные риски свойственны озерной группе, включающей оз. Б. Швакшты ввиду разнородности водоохранной зоны и основной части водосбора. Основная часть водосбора озера имеет повышенную естественную защищенность и среднюю антропогенную трансформацию природной основы среднехолмисто-грядовых ландшафтов. Водоохранная зона наследует пониженную естественную защищенность и сохраняет низкую антропогенную трансформацию волнистых ландшафтов. Последнее выявлено по методике, предлагаемой [4].

Однако из всех озерных групп национального парка «Нарочанский» группа озер, включающая Б. Швакшты, наименее предпочтительна и аттрактивна для рекреации с позиции доступности, уровня инфраструктуры и плотности (густоты) транспортных коммуникаций, вероятным путем использования ее ресурсов будет служить развития различных видов туристической деятельности. Как видно (табл. 2) наиболее перспективным и рациональным выглядит децентрализация туристического потока путем создания экологической тропы. Это может существенным образом перестроить транзит рисков внутри природоохранной территории, создавая новые существенные зоны напряженного геоэкологического состояния.

Таблица 2

## Степень рациональности отдельных видов деятельности

Категория использования	Функциональная зона		
	заповедная	регулируемого использования	рекреационная
Лесопосадки	++++		
лесозащитные работы		+++++	+++++
Лесоразведение			+
рыболовно-мелиоративные мероприятия		+++++	
спортивное рыболовство		+++	++++
создание экологических троп	++	+++++	+++++

*Примечание.* нерациональная степень: крайне нерационально (+); нерационально (++); относительно нерационально (+++); рациональная степень: умеренно рационально (++++); преимущественно рационально (+++++).

Методические подходы для оценки таких изменений складываются исходя из экономической, социальной и экологической составляющей, сбалансированно и органично сочетающихся в рамках геоэкологического (*ландшатно-экологического*) подхода.

При распределении видов деятельности по степени рациональности может опираться на свойства природной среды, трансформированные этой деятельностью, на основании последствий для устойчивости или нарушения природных компонентов (табл. 2).

*Экологический (устойчивый, зеленый) туризм* является наиболее успешной формой эксплуатации ресурсов национальных парков [5], и в то же время наиболее конфликтогенной. Формой его регулируемой организации может служить *экологическая тропа*. С ним помимо объективно позитивной стороны, выраженной в развитии социально-экономической базы местных сообществ [5], связан ряд геоэкологических конфликтов: гомогенизация композиционных свойств ландшафта; минимизация характерных черт мозаичности пространства; гиперконцентрация посещений в точках аттрактивности и доступности по суше, жесткие инструменты регулирования качества природной среды, контрастность естественных *сенсорных свойств территории* и акватории (аудиальных, деодоральных, визуальных).

Локациями реализации некомпенсированных геоэкологических конфликтов в национальном парке «Браславские озера» служат участок экологической тропы «Гора Маяк» у туристической стоянки Перетяг, экологической тропы «Слободковский оз» у базы отдыха «Слободка», базы отдыха «Леошки» до стоянки «Лазурная», от д. Струсто – до о. Чайчин, от д. Ратюны – до д. Шавры, от оз. Ильменек – до урочища Чертова Яма, от д. Масковичи – до д. Боханы и др.

## Библиографические ссылки

1. *Зворыкин К. В.* Географическая концепция природопользования / К. В. Зворыкин // Вестник Московск. ун-та, Серия 5. География. 1993. №3. С. 3–16.
2. *Рунова Т. Г.* Территориальная организация природопользования / Т. Г. Рунова, И. Н. Волкова, Т. Г. Нефедова; Рос. АН., Ин-т географии. Москва : Наука, 1993. 207 с.
3. *Лычак А. И.* Геоэкологическая ситуация и проблема формирования экологической сети в Крыму / А. И. Лычак, Т. В. Бобра // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2009. Т. 5. Вып. 1. С. 63–69.
4. *Абрамова Л. А.* Эколого-хозяйственный баланс территории и ее естественная защищенность / Л. А. Абрамова, М. В. Юшков, М. М. Кузьмина // Вестник Томск. ун-та. 2011. Т. 16. Вып. 2. С. 575–576.
5. *Тарасенок А. И.* Экологический туризм и рекреационное природопользование в Беларуси : [Учеб.–метод. пособие] / А. И. Тарасенок; Европ. гуманит. ун-т. Минск : ЕГУ, 2003. 119 с.



УДК 911.375:528.85(476)

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА  
НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ В ОСНОВНЫХ  
ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ КРУПНЫХ  
ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ**

**Л. А. Кравчук, А. А. Яновский, Н. М. Баженова**

*Институт природопользования НАН Беларуси, ул.Скорины 10, г.Минск, Беларусь,  
[kravchu-k@yandex.by](mailto:kravchu-k@yandex.by), [yanouski@yandex.by](mailto:yanouski@yandex.by)*

С использованием сопряженного анализа данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и дифференцированных ГИС-проектов основных геотехнических систем крупных городов Беларуси (Минска, Витебска и Могилева) оценена связь между температурой поверхности (LST), средними индексами растительности (NDVI, LAI, CCC) и степенью озелененности.

**Ключевые слова:** город; геотехнические системы; озелененные территории; дистанционное зондирование; температура поверхности; Минск; Витебск; Могилев.

**ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF VEGETATION COVER ON  
THE LAND SURFACE TEMPERATURE IN MAIN GEOTECHNICAL  
SYSTEMS OF THE LARGE CITIES OF BELARUS**

**L. A. Kravchuk, A. A. Yanovskiy, N. M. Bazhenova**

*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences  
of Belarus, Skaryna st., 10, Minsk, Belarus, [kravchu-k@yandex.by](mailto:kravchu-k@yandex.by), [yanouski@yandex.by](mailto:yanouski@yandex.by)*

Using a coupled analysis of Earth remote sensing (ERS) data and differentiated GIS projects of the main geotechnical systems of large cities of Belarus (Minsk, Vitebsk and Mogilev) a relationship was established between land surface temperature (LST), average vegetation indices (NDVI, LAI, CCC) and the degree of greenery.

**Keywords:** city; geotechnical system; vegetation cover; remote sensing; land surface temperature; Minsk; Vitebsk; Mogilev.

При современных темпах урбанизации сохранение и оптимизация системы озелененных территорий для целей экологически обоснованного и социально ориентированного градостроительного планирования является актуальной задачей в связи с ростом численности городского населения, интенсификацией застройки городов, техногенных нагрузок и изменением климата. Необходимость дифференцированной оценки зеленой инфраструктуры в городах обусловлена важностью принятия адресных решений

по оптимизации городских насаждений. Развитие дистанционных исследований городов позволяет детально оценивать структуру городских территорий и состояние растительного покрова в них [1, 2]. Для этих целей в крупных городах Беларуси (Минске, Витебске и Могилеве) использовался сопряженный анализ данных ДЗЗ и ГИС-проектов городов, дифференцированных в разрезе функционально-планировочных выделов по типам и видам ГТС [3-5]. Этапы исследований включали: подготовку ГИС-проекта городской территории, дифференцированного в разрезе ГТС; подбор и радиометрическую коррекцию спутниковых снимков (геометрическую коррекцию спутниковых снимков для оценки LST); фильтрацию облаков и поврежденных пикселей; коррегистрацию данных ДЗЗ и данных ГИС; расчет вегетационных индексов с фильтрацией по диапазону валидных значений; извлечение значений в пределах выделов ГТС в ГИС-проекте; обработку и анализ данных; формирование тематических карт.

В застроенной части городов ГТС дифференцировались по видам и типам, среди последних выделялись: жилая многоквартирная, включая исторический центр (ЖМ, ИЦ), жилая усадебная (ЖУ), общественная (О), производственная (ПП), коммунально-складская (КС), специализированная (СП), дорожно-транспортная (ТР), saniрующая (САН), участки незавершенного строительства (УЗ). Среди незастроенных территорий природного комплекса в городах идентифицировались: леса, лесопарки (ЛП), лугопарки (ЛГ), парки, малые ландшафтные формы (МЛФ), а также резервные озелененные территории (РОТ). В последних выделялись сельскохозяйственные земли, древесно-кустарниковая растительность, защитные насаждения. Каждый выдел в ГИС-проекте индексировался, что позволило провести сопряженную обработку ДЗЗ и ГИС, а также дифференцированный анализ данных.

Использовались одномоментные снимки в период наиболее активной вегетации растений. Основным критерием выбора даты, помимо соответствия времени формирования ГИС-проектов, являлась минимальная облачность. Для идентификации растительности в составе ГТС городов по данным ДЗЗ использовались снимки Sentinel-2 по которым рассчитывались: нормализованный разностный индекс растительности (NDVI), индекс листовой поверхности (Leaf Area Index – LAI), содержание в пологе хлорофилла (Canopy chlorophyll content – CCC). Для оценки степени озелененности использовалось отношение числа пикселей со значениями NDVI, соответствующих растительности ( $>0,4$ ), к общему числу пикселей в картографируемых выделах. Определение температуры подстилающей поверхности (Land Surface Temperature – LST) проводилось по снимкам спектрорадиометров ASTER (Минск, Могилев) и Landsat 8 (Витебск). Подробности расчетов приведены в [3-5]. Средние значения вегетационных индексов для озелененных территорий и LST в разрезе типов ГТС Минска, Витебска и Могилева приведены на рис. 1.

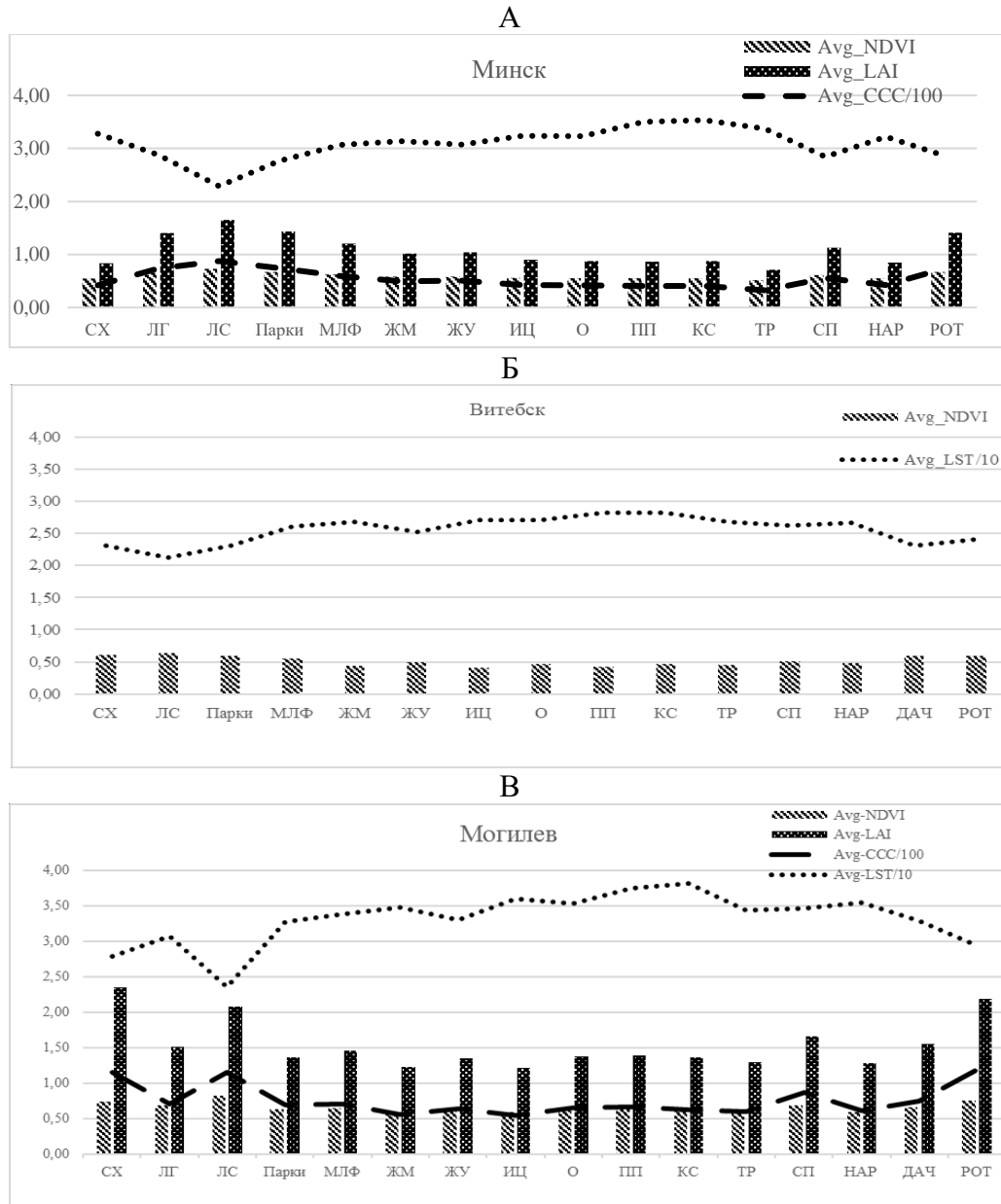


Рис. 1. Средние значения вегетационных индексов и температуры поверхности для озелененных территорий в различных ГТС Минска (А), Витебска (Б) и Могилева (В)

На примере Минска и Могилева в летний период установлена наиболее высокая отрицательная корреляционная связь между средними показателями LST и LAI, а также степенью озелененности всех типов ГТС города (коэффициент корреляции варьирует в пределах  $-0,7$ ,  $-0,6$ ). Для Витебска коэффициент корреляции LST со степенью озелененности выделов летом оценивался в  $-0,78$ . Связь средних значений LST со степенью озелененности всех ГТС в анализируемых городах отражена на рис. 2.

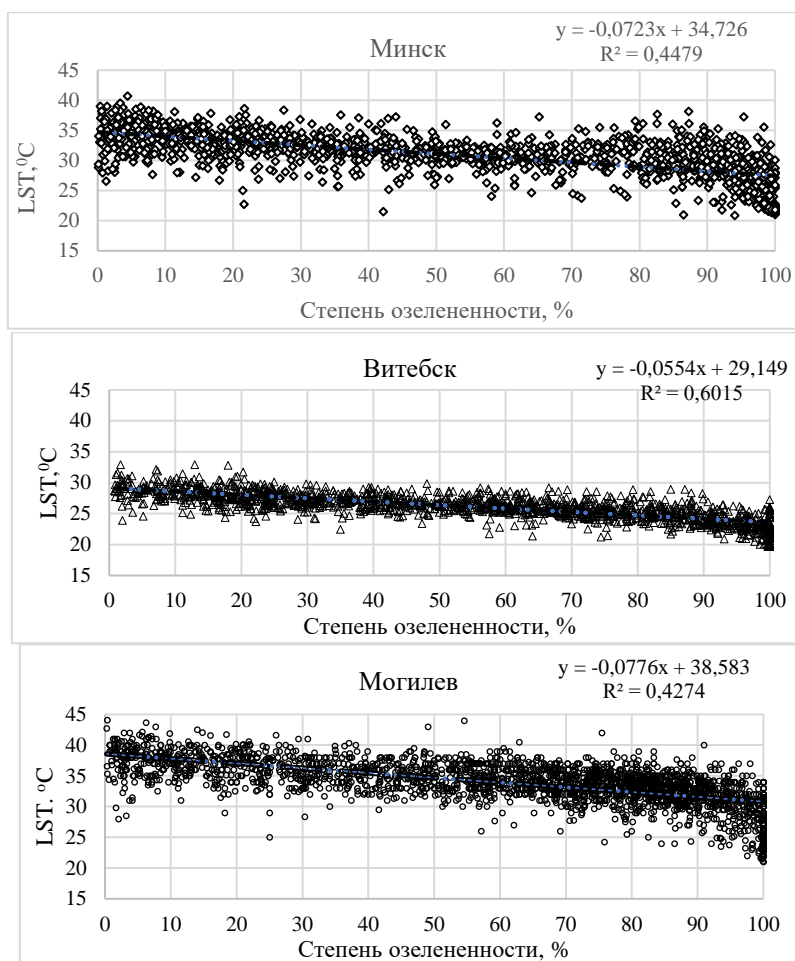


Рис. 2. Связь средних значений LST во всех типах ГТС Минска, Витебска и Могилева со степенью озелененности выделов (в летний период)

Среди основных типов городских ГТС наиболее высокая отрицательная зависимость проявляется в составе резервных озелененных территорий, представленных преимущественно древесно-кустарниковой растительностью в долинах рек, сельскохозяйственными угодьями (рис. 3).

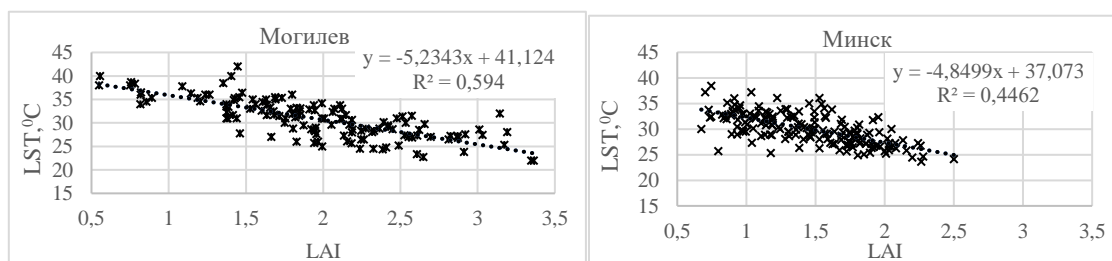


Рис. 3. Связь средних значений LST с LAI для резервных озелененных территорий в Минске и Могилеве (в летний период)

Связь ослабевает в жилой многоквартирной застройке, где высоко затенение территорий многоэтажными домами, а также в производственно-коммунальной, где высоко участие производственной инфраструктуры (зданий, площадок), эмиссий от технологических процессов (рис. 4).

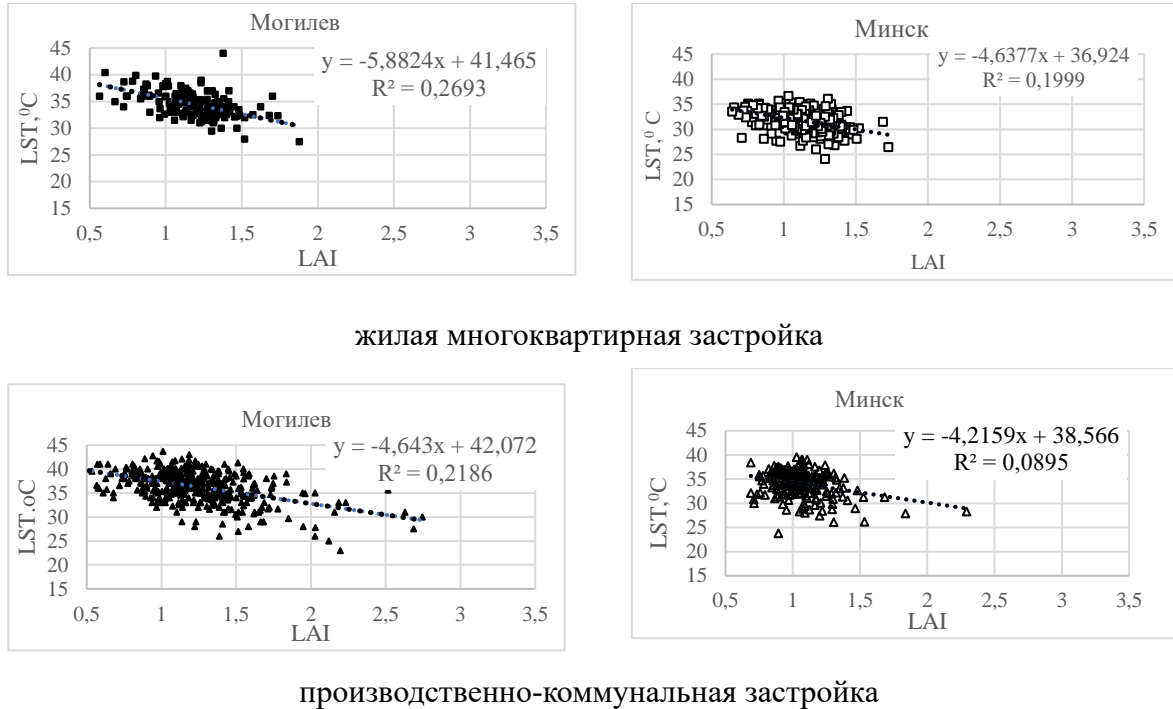


Рис. 4. Связь средних значений LST со средними значениями LAI в ГТС жилой многоквартирной и производственно-коммунальной застройке Минска и Могилева

### Библиографические ссылки

1. Remote sensing of urban and suburban areas; eds. T. Rashed, C. Jürgens, Springer, Dordrecht, 2010. 352 p. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4385-7>.
2. Кавеленова Л. М. К перспективам интеграции данных наземного мониторинга, ДЗЗ и ГИС в оценке состояния компонентов природных и антропогенно преобразованных ландшафтов // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф. Н. Милькова, Воронеж, 14-17 мая, 2018 г.: в 2 т. / ред.: В. Б. Михно [и др.]. Воронеж: ИСТОКИ, 2018. Т.1. С. 204-206.
3. Кравчук Л. А., Баженова Н. М., Гайшун А. Н. Средоформирующие функции зеленой инфраструктуры г. Витебска // Природопользование. 2021. № 1. С. 127-137.
4. Кравчук Л. А., Яновский А. А., Баженова Н. М. Дистанционная оценка влияния растительного покрова на температуру подстилающей поверхности основных геотехнических систем крупного города (на примере Минска) // Природопользование. 2022. № 1. С. 71-82.
5. Кравчук Л. А., Яновский А. А., Баженова Н. М. Оценка влияния растительного покрова на температуру подстилающей поверхности в различных геотехнических системах г. Могилева // Природопользование. 2023. № . С. 13-23.

УДК 504.055

## АНТРОПОГЕННЫЕ ТРИГГЕРЫ РИТМИКИ ЛАНДШАФТОВ

**Т. М. Красовская, Л. Е. Лукьянов**

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,  
Ленинские горы, 1, 119991, г. Москва, Россия, [krasovsktex@yandex.ru](mailto:krasovsktex@yandex.ru)*

Впервые рассматривается проблема влияния светового загрязнения на изменение ритмики внутриландшафтных процессов. На основании полевых наблюдений, использования данных местной метеообсерватории рассчитаны триггерные значения добавленной антропогенной энергии светового загрязнения на изменение суточных и сезонных ритмов природного заказника «Воробьевы горы» (г. Москва).

**Ключевые слова:** ритмика ландшафта; световое загрязнение; антропогенные энергетические потоки.

## ANTHROPOGENIC TRIGGERS OF LANDSCAPE RHYTHMS

**T. M. Krasovskaya, L. E. Lukianov**

*Lomonosov Moscow State University, Leninskiye Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, [krasovsktex@yandex.ru](mailto:krasovsktex@yandex.ru)*

For the first time, the problem of light pollution effect on rhythm changes of intra-landscape processes was considered. Trigger values of the added light pollution anthropogenic energy stimulating changes in the daily and seasonal rhythms of the Vorobyovy Gory Nature Reserve (Moscow) were assessed, based on field observations and data from the local meteorological observatory.

**Keywords:** landscape rhythms; light pollution; anthropogenic energy fluxes.

Ритмика ландшафтов характеризует определенное соотношение параметров их структуры и функций в определенный промежуток времени. Наиболее выражены сезонные и суточные ритмы функционирования ландшафтов, которые связаны с планетарно-астрономическими процессами. Основными источниками энергии, стимулирующей проявление ритмики ландшафтов, является лучистая энергия Солнца. Современные антропогенные энергетические потоки, к счастью, по объему пока не сопоставимы с природными, однако на локальном уровне уже хорошо известны «тепловой эффект» города, отепляющее влияние энергетических потерь ТЭС, разложения ТКО, энергетический эффект выпадения аэротехногенных поллютантов и др., объединяемые в понятие «загрязнение» природной среды, выраженное в энергетических единицах. Эти единицы

являются универсальными и позволяют проводить необходимые сопоставления природных и антропогенных потоков, включая их составляющие. В последние годы все чаще появляются сведения о световом загрязнении природной среды, которое растет с каждым годом [1]. Наиболее характерно световое загрязнение для урбанизированных территорий. На настоящий момент идет активное изучение влияния светового загрязнения на человека и животный мир (птиц, насекомых, земноводных) [2, 3]. Однако оценка этого влияния на ландшафты в целом практически не проводилась. Одним из проявлений такого влияния может быть изменение ритмики ландшафтов. Целью настоящего исследования является выявление антропогенных триггеров изменения ритмики ландшафтов природного заказника «Воробьевы горы», расположенного в центральной части г. Москвы, связанных со световым загрязнением.

**Территория, материалы и методы исследования.** Природный заказник «Воробьевы горы» находится на правом берегу р. Москвы и тянется от устья р. Сетунь до Андреевского моста. Площадь территории составляет 1,375 км<sup>2</sup>. В ландшафтной структуре природного заказника преобладают дубово-кленово-липовые разнотравные леса на крутых склонах и в эрозионно-оползневых ложбинах. Заказник отличается высоким видовым разнообразием травянистых растений и птиц, большая часть из которых (более 40 видов из 70) внесена в Красную книгу Москвы [4, 5].

В исследовании были использованы инструментальные измерения освещенности (люксметр СЕМ ДТ-1301) на высоте 1,5 м тестовой площадки, анализировались показатели климатических баз данных (сезонных и суточных) и тематические публикации по влиянию избыточного искусственного освещения на биоту.

**Результаты и обсуждение.** *Источники светового загрязнения и его интенсивность.* На территории Воробьевых гор на площади в 24 га на протяжении 4 км вдоль набережной расположены 3–5 рядов опор ландшафтного освещения высотой около 3,75 м. Всего на территории ООПТ располагается 1000 опор по 12 прожекторов на каждой. Прожектора направлены вверх, в кроны деревьев, под углом 45–60°. Общая площадь освещенной территории на Воробьевых горах составляет 0,4 км<sup>2</sup>. Ландшафтное освещение включается через 15 минут после захода Солнца и работает до полуночи, что при различной продолжительности светового дня и определяет продолжительность поступления добавленной энергии. Каждый прожектор мощностью 163 Вт оснащен трехваттными светодиодами со средним КПД 8 %. Следовательно, светодиод изучает 0,24 Вт в виде света и 2,76 Вт в виде тепла.

Измерения уровня освещенности в заказнике выявили разброс значений от 0,2 лк на фоновых участках до 135–140 лк [5]. Фоновое значение

освещенности для безоблачной и облачной погоды в зависимости от сезона года различается в 5 раз (от 0,2 лк летом в безоблачную погоду до 1,0 лк зимой в облачную погоду).

*Добавленная антропогенная энергия светового потока.* При исходной мощности и КПД прожектора лишь 13 Вт расходуется на оптическое излучение. За один час ( $13 \text{ Вт} * 3600 \text{ с}$ ) 46,8 кДж световой энергии поступает от одного прожектора в окружающую среду, В пересчете на 1 м<sup>2</sup> кроны это составит 23 Дж/мин. На основании известного времени включения и продолжительности работы освещения в минутах было рассчитано количество добавленной световой энергии для каждого дня в году. Оно составляет от 3,38 кДж/м<sup>2</sup> в период летнего солнцестояния, когда ландшафтное освещение работает меньше всего, до 10,79 кДж/м<sup>2</sup> в период зимнего солнцестояния.

*Триггерные значения добавленной энергии в сезонной ритмике.* Основным аккумулятором и преобразователем поступающих в ландшафты энергии является растительный покров. Коэффициент поглощения фотосинтетически активной радиации (ФАР) с учетом его среднего КПД для данного типа растительности составляет 1,15 % [6–8]. Основное поглощение света происходит в верхних ярусах растительного покрова. Энергия поглощенного света влияет на сезонную ритмику ландшафтных процессов: изменяется период листопада, распускания почек, плодоношения и другое [9, 10].

Известно, что длительность фотопериода и температурный режим оказывают прямое влияние на фенофазы развития древесных пород [11]. Энергия, влияющая на изменение фотопериода, связанного с дополнительным освещением для заказчика, рассчитана нами для весеннего и осеннего периодов. Установлено, что конце апреля (распускание почек) добавленная энергия светового потока с наступлением темноты составляет 20,7 кДж/м<sup>2</sup>, в начале октября (листопад) – 31,1 кДж/м<sup>2</sup>. В конце апреля энергия естественного светового потока, определенного по данным метеостанции, вместе с добавленной энергией возрастает до 342,59 кДж/м<sup>2</sup>, т.е. добавленная энергия дает прирост 6,4 %. В начале октября сумма ФАР равна 91,9 кДж/м<sup>2</sup>, а суммарная энергия составляет 123 кДж/м<sup>2</sup>, т.е. добавленная энергия дает прирост 33,8 %. Можно предположить, что вычисленные значения притока добавленной энергии являются триггерными для ускорения «запуска» рассматриваемых фенологических процессов. Вывод о стимулирующем сезонные фенофазы потоке добавленной энергии подтверждается экспериментальными наблюдениями [9, 11].

*Триггерные значения добавленной энергии в суточной ритмике.* Для определения аналогичных показателей суточного ритма в качестве примера рассмотрим время вечерних сумерек в конце апреля и начале октября.



Длительность вечерних сумерек в рассматриваемый весенний период составляет 27–28 мин., в осенний — 21–22 мин. В этот «перестроечный» период наиболее выражены изменения ритмов живой природы, которые зависят от освещенности и температуры воздуха, влияющих на метаболизм в клетках живых организмов, поведенческие циклы животных. Необходимо отметить, что суточная ритмичность определяет также процессы перемещения грунта на склонах, микроциркуляция воздуха и т.д. Нами установлено, что добавленная энергия светового потока увеличивает его на 26 % в весенний период и на 68 % в осенний период, что, вероятно, является толчком для запуска циркадных ритмов биоты. Для изучаемой территории сумеречная, сумеречно-ночная и ночная активизация известна для насекомых (поденки, бражники и др.), птиц (ушастая сова, серая неясыть), земноводных (травяная лягушка), млекопитающих (рукокрылые, мышевидные грызуны).

**Заключение.** Проведенное исследование носит оценочный характер и впервые проводится для городских ООПТ. Хотя оно затрагивает в основном отклик биоты на изменение поступления добавленной энергии искусственного освещения на ее суточные и сезонные ритмы в вегетационный период, полученные данные раскрывают общий механизм воздействия светового загрязнения и на другие внутриландшафтные процессы ландшафтов. Проведенные оценки являются основой для разработки механизмов регулирования светового загрязнения в целях сохранения ООПТ.

### Библиографические ссылки

1. Guetté A., Godet L., Juigner M., Robin M. Worldwide increase in artificial light at night around protected areas and within biodiversity hotspots // *Biological Conservation*, 2018. Volume 223. P. 97–103.
2. Longcore T., Rich C. Ecological Light Pollution // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2004, 2(4). P. 191–198.
3. Ríos-Chelén A. A., Phillips J. N., Patricelli G. L., Dominoni D. M. Editorial: Effects of Artificial Light at Night on Organisms: From Mechanisms to Function. *Front. Ecol. Evol.* 2022, 10:896460.
4. ООПТ Москвы: справочник-путеводитель (по заказу Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы). М.: Ториус77, 2013. 178 с.
5. Лукьянов Л. Е., Красовская Т. М. Влияние светового загрязнения на местообитания птиц на территории природного заказника «Воробьевы горы» (г. Москва). *Проблемы региональной экологии*, 2022. № 1. С. 101–107.
6. Бурцев Д. С. Моделирование динамики продукции энергии в лесных культурах ели // *Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства*. 2013. №1. С. 6–10.
7. Осипов А. Ф. Биологическая продуктивность сосняков чернично-сфагновых средней тайги // *Лесной журнал*. 2013. №1. С. 43–51.

8. Дьяконов К. Н., Байбар А. С., Харитонова Т. И. Внутривековая динамика эффективности использования лесами Мещеры фотосинтетически активной радиации // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2017. №5. С. 12–22.
9. Skvarenina J., Tuharska M., Skvarenina J., Babalova D., Slobodnikova L., Slobodnik B., Stredova H., Mindas J. Effects of light pollution on tree phenology in the urban environment // Moravian Geographic Reports, 2017, 25(4). P. 282–290.
10. Bennie J., Davies T., Cruse D., Gaston K. Ecological effects of artificial light at night on wild plants // Journal of Ecology, 2016, 104. P. 611–620.
11. Basler D., Körner C. Photoperiod and temperature responses of bud swelling and bud burst in four temperate forest trees // Tree Physiology, 2014. 34(4). P. 377–388.

УДК 504.3.313:33(476)

## ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ОТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДАХ БЕЛАРУСИ

О. Ю. Круковская, С. В. Какарека

*Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Ф.Скорины, 10.  
220114, г. Минск, Беларусь, [o-krukowskaya@tut.by](mailto:o-krukowskaya@tut.by)*

Впервые для Беларуси получена оценка выбросов от автомобильного транспорта неметановых летучих органических соединений на уровне отдельных городов. Сопоставлены показатели выбросов и численности населения, выполнен анализ плотности выбросов. Показан уровень неточности использования средних удельных показателей в расчете на численность населения для оценки выбросов от автомобильного транспорта.

**Ключевые слова:** выбросы загрязняющих веществ; загрязнение воздуха; мобильные источники выбросов; неметановые летучие органические соединения.

## ASSESSMENT OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS FROM ROAD TRANSPORT IN CITIES IN BELARUS

O. Yu. Krukowskaya, S. V. Kakareka

*Institute for Nature Management of NAS of Belarus, F. Skoriny str. 10, 220114, Minsk, Belarus, [o-krukowskaya@tut.by](mailto:o-krukowskaya@tut.by)*

The first estimation of emissions from non-methane volatile organic compounds from automotive transport at the level of individual cities has been obtained for Belarus. The indicators of emissions and population size have been compared, and an analysis of emission density has been performed. The level of inaccuracy in using average specific indicators in calculating the population size to assess emissions from vehicular transport is shown.

**Keywords:** emissions of pollutants; air pollution; mobile emission sources; non-methane volatile organic compounds.

Во многих регионах на урбанизированных территориях выбросы от автомобильного транспорта являются причиной значительной части содержащихся в локальной атмосфере загрязняющих веществ [1], [2].

При этом перечень поллютантов, выбрасываемых автомобильным транспортом, широк и охватывает основные загрязняющие вещества, твердые частицы, тяжелые металлы, летучие органические соединения. Помимо первичного воздействия, в атмосфере компоненты выбросов

участвуют в физико-химических процессах и являются важными предшественниками образования вторичных органических аэрозолей [3].

Несмотря на высокую значимость этих соединений для формирования качества воздуха, исследования источников их поступления на территории Беларуси носят ограниченный характер. Статистический учет охватывает лишь выбросы от крупных организованных источников. Наиболее полная оценка их поступления в атмосферный воздух выполняется в рамках национальной инвентаризации выбросов связанной с отчетностью Программе ЕМЕП Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Согласно [4], в Беларуси в результате работы автомобильного транспорта в атмосферный воздух ежегодное поступление неметановых летучих органических соединений (НМЛОС) в последние годы находится в диапазоне 12,9–16,4 тыс. т.

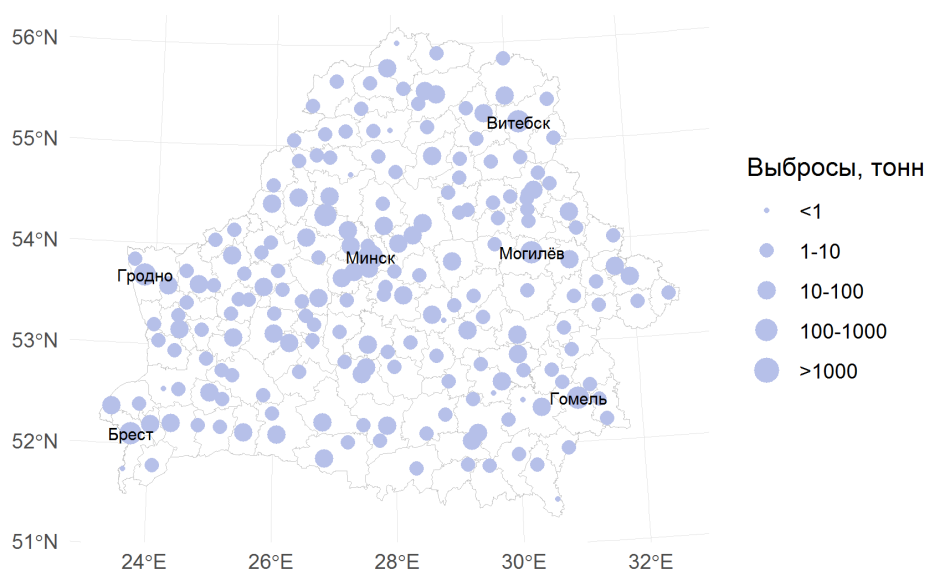
Периодическая оценка пространственной структуры выбросов с разрешением  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  также выполняется в рамках национальной инвентаризации выбросов. В работе [5] для автомобильного транспорта получены оценки выбросов с разрешением 1 км, а также отдельно для урбанизированных территорий. Обобщения поступления НМЛОС от передвижных источников на уровне городов Беларуси до настоящего момента не выполнялись.

В данной работе представлены первые результаты оценки выбросов НМЛОС от автомобильного транспорта для всех городов Беларуси. Оценка выполнена по состоянию на 2018 г. Выбросы от автомобильного транспорта рассчитаны с учетом по методологии, учитывающей потребления топлива, структуру улично-дорожной сети, интенсивность движения транспорта [5] для анализируемого года. Переход от регулярной сетки до уровня городов выполнен посредством отсечения ячеек регулярной сетки по полигонам населенных пунктов, с пересчетом выбросов для ячеек сетки находящихся как в пределах населенных пунктов, так и вне их пропорционально отсекаемой площади.

Оценка выполнена для городов и поселков городского типа, исследование охватывает 200 городских населенных пунктов. Далее по тексту используется термин города для всех городских населенных пунктов. На основании численности населения по состоянию на 2020 г. по крупности исследуемые города разделены в соответствии с (Государственная схема) на малые (до 20 тыс. человек, 162 населенных пунктов), средние (20–100 тыс. человек, 24 населенных пункта), крупные (100–500 тыс. человек, 12 населенных пунктов) и крупнейшие (более 500 тыс. человек, 2 населенных пункта, г. Минск и г. Гомель).

Согласно выполненной оценке, от рассматриваемых категорий источников в городах Беларуси выброшено суммарно 6,507 тыс. т НМЛОС, что

соответствует 45,5 % их годовых выбросов от автомобильного транспорта [4]. Сопоставление с оценками, полученными для более ранних лет [5] свидетельствует об увеличении выбросов НМЛОС на урбанизированных территориях как в абсолютном значении, так и увеличивающейся концентрации выбросов в городах. Для большей части (125) городских населенных пунктов выбросы НМЛОС от автомобильного транспорта находятся в диапазоне 1–10 т, число городов с выбросами НМЛОС 10–100 т составляет 56, более 100 т НМЛОС от автомобильного транспорта выбрасывается лишь в 7 городах страны, максимум ожидаемо в столице (рисунок).



Выбросы НМЛОС от автомобильного транспорта в городах Беларуси

В малых городах выбросы находятся в диапазоне от 0,1 до 55,8 т, в средних — от 9,1 до 121,8 т, в крупных и крупнейших — от 22,6 до 3482,1 т.

Сопоставление выбросов и численности населения в пределах отдельных населенных пунктов показывает статистически достоверную линейно аппроксимируемую ( $p$ -value:  $<2,2e-16$ ) экспоненциального вида связь. Увеличение численности населения на 1000 человек сопряжено с ростом выбросов НМЛОС в среднем на 1,47 т. Вариабельность выбросов от автомобильного транспорта на более чем 90 % объясняется вариабельностью численности населения ( $R$ -squared: 0,8787). Между численностью населения и выбросами НМЛОС от автомобильного транспорта отмечается высокая степень корреляции (0,94).

При среднем значении приведенных выбросов на численность население в городах страны в размере 0,893 т/1000 человек, для отдельных населенных пунктов этот показатель находится в диапазоне от 0,083 до

7,474 т/1000 человек, медианное значение — 0,714 т. Ошибка использования средних удельных показателей в расчете на численность населения для оценки выбросов НМЛОС от автомобильного транспорта в отдельных городах составляет сотни процентов, особенно для малых городских населенных пунктов.

Приведенные выбросы свыше 4 т/1000 человек наблюдаются в следующих населенных пунктах: рп. Речица, гп. Мачулищи, гп. Городище и гп. Козловщина. В крупных и крупнейших городах страны приведенные выбросы от автомобильного транспорта находятся в диапазоне от 0,207 т/1000 человек в Орше до 1,735 т/1000 человек в Минске. В малых городах приведенные выбросы находятся в диапазоне от 0,083 до 7,474 т/1000 человек, в средних — от 0,324 до 1,954 т/1000 человек.

Средняя плотность выбросов НМЛОС от автомобильного транспорта на урбанизированных территориях в Беларуси составляет согласно полученной оценке 2,018 т/км<sup>2</sup>, медианное значение — составляет 0,742 т/км<sup>2</sup>. В малых городах плотность выбросов находится в диапазоне 0,051–6,154 т/км<sup>2</sup>, в средних — 0,427–4,048 т/км<sup>2</sup>, крупных и крупнейших – 0,585–9,948 т/км<sup>2</sup>. Полученные оценки плотности выбросов НМЛОС сопоставимы с результатами для урбанизированных территорий других стран [1]. Наибольшая плотность выбросов характерна для г. Минска. Вместе с тем связь между крупностью города по численности населения и плотностью выбросов выражена слабо. Вторым по наибольшей плотности выбросов от автотранспорта населенным пунктом в стране является г. Фаниполь, с численностью населения 16,8 тыс. человек, высокая плотность выбросов наблюдается также в других городских населенных пунктах вблизи столицы.

### Библиографические ссылки

1. *Maes A. de S., Hoinaski L., Meirelles T. B., Carlson R. C.* A methodology for high resolution vehicular emissions inventories in metropolitan areas: automotive technologies improvement // *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, 2019. Vol. 77. P. 303–319.
2. A comparative analysis of two highly spatially resolved European atmospheric emission inventories / J. Ferreira [et al.]// *Atmos. Environ.*, vol. 75. P. 43–57, 2013.
3. Seasonal and diurnal variations of BTEX compounds in the semi-urban environment of Orleans, France / Jiang Z. [et al.] // *Sci. Total Environ.*, vol. 574. P. 1659–1664, 2017.
4. Belarusian emission inventory data informative inventory report to CLRTAP/EMEP 2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2020-submissions> (дата обращения: 20.04.2023).
5. *Круковская О. Ю., Какарека С. В.* Моделирование выбросов загрязняющих веществ автомобильного транспорта с высоким пространственным разрешением // *Природопользование*, 2023. № 2, Вып. 33. С. 24–38.

УДК 504.4.054+528.94(571.1)

## КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД БЕССТОЧНОЙ ОБЛАСТИ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

**Н. Ю. Курепина, И. Д. Рыбкина**

*ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН, ул. Молодежная, 1, 656038, г. Барнаул, Россия, [nyukurepina@mail.ru](mailto:nyukurepina@mail.ru)*

Водные объекты бессточной области Обь-Иртышского междуречья вследствие активной хозяйственной деятельности испытывают прямую и косвенную антропогенную нагрузку. При отсутствии открытых региональных баз данных потенциальных источников загрязнения вод актуально создание в ГИС картографической базы данных на исследуемую территорию для оценки пространственного размещения источников загрязнения, анализа антропогенной нагрузки и их визуализации.

**Ключевые слова:** бессточная территория Обь-Иртышского междуречья; потенциальные источники загрязнения вод; картографическая база данных; геоинформационные модели.

## CARTOGRAPHIC DATABASE OF POTENTIAL SOURCES OF WATER POLLUTION IN THE DRAINLESS AREA OF THE OB-IRTYSH INTERFLUVE

**N. Yu. Kurepina, I. D. Rybkina**

*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1, Molodezhnaya St., 656038, Barnaul, Russia, [nyukurepina@mail.ru](mailto:nyukurepina@mail.ru)*

Water bodies of the drainless area of the Ob-Irtysh interfluve undergo direct and indirect anthropogenic loads due to intensive economic activities. In the absence of open regional databases of potential sources of water pollution, it is important to create a GIS cartographic database for the study area in order to assess the spatial distribution of pollution sources and to make their visualization, as well as to analyze the anthropogenic load.

**Keywords:** drainless area of the Ob-Irtysh interfluve; potential sources of water pollution; cartographic database; geographic information models.

Социально-экономическое развитие территории сопровождается антропогенным воздействием на водные объекты, и чем активнее ведется хозяйственная деятельность, тем выше уровень антропогенной нагрузки. В качестве источников антропогенной нагрузки выступают предприятия промышленности, сельского хозяйства, транспорта, строительства и т. д.

Исследуемая бессточная область Обь-Иртышского междуречья расположена на юге Западной Сибири, занимая западную часть территории Алтайского края и Новосибирской области. Это регионы с многоотраслевой экономикой, с большим количеством разнообразных предприятий.

В связи с отсутствием централизованного информационного ресурса, содержащего региональные базы данных потенциальных источников загрязнения вод (ПИЗВ), возникает необходимость создания картографической базы данных (КБД). Используя определение КБД, предложенное И. К. Лурье [1, с. 273], для нашего случая — это совокупность взаимосвязанных картографических данных — ПИЗВ, представленная в цифровой форме при соблюдении общих правил описания, хранения и управления ими. Создание КБД успешно реализуется в геоинформационной среде, где существует широкий спектр возможностей, позволяющих наглядно представить пространственное размещение основных ПИЗВ на исследуемой территории; проанализировать уровень прямой и косвенной антропогенной нагрузки и визуализировать ее оценочные показатели [2, с. 264-279].

Проектирование тематической КБД на бессточную область Обь-Иртышского междуречья осуществлялось в 3 уровня: концептуальный; логический и физический. При этом были учтены основные требования, предъявляемые к БД: согласованность по времени и актуальность количественных и качественных данных; полнота и подробность данных для осуществления анализа и математико-картографического моделирования; позиционная точность и совместимость с другими данными, которые могут добавляться; достоверность с четко определенными атрибутами данных; своевременная актуализация и доступность для любых пользователей.

Концептуальный уровень проектирования КБД включал:

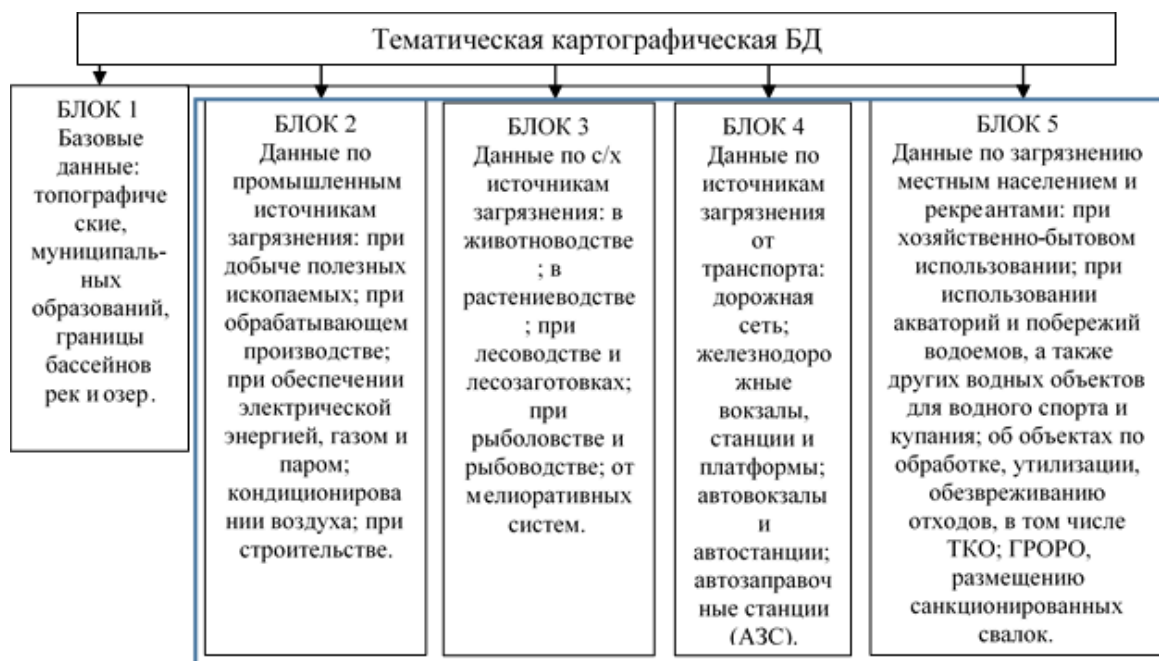
- определение, сбор и систематизацию исследуемых объектов – потенциальных источников загрязнения вод. В результате на этом уровне разработаны концептуальная схема и структура тематической КБД (рисунок);

- установление способа представления географических объектов в базе данных — векторное, поскольку в дальнейшем в ГИС необходимо выполнять картометрические измерения и моделирование;

- выбор базовых типов пространственных объектов — в нашем случае для инвентаризации ПИЗВ на территории бессточной области Обь-Иртышского междуречья достаточно базового масштаба картографирования 1:1000000. При этом ПИЗВ, как и населенные пункты, отображаются точками; дорожная сеть и реки — линиями; муниципальные образования, бассейны рек и озер и крупные озера — полигонами;



– определение необходимых источников данных, требований к их качеству – это открытые БД интернет-ресурсов [3-5], в которых фрагментарно содержится информация о предприятиях, их основному виду деятельности по Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности (ОКВЭД) [6], фактический адрес местоположения.



Концептуальная схема тематической КБД

На логическом уровне определялось содержание БД (пространственное, атрибутивное), разрабатывалась логическая структура элементов БД в соответствии с требованиями к хранению и управлению информацией со стороны системы управления базами данных, используемой в программном обеспечении ГИС.

Интернет-ресурс «List-Org. Сервис проверки контрагентов» [3] в сравнении с другими ресурсами, предоставляет обширную информацию о предприятиях, часть которой можно скачивать в excel-формате. Этот формат при наличии координат (X, Y) достаточно легко конвертируется в ГИС. Вручную из данного интернет-ресурса дополнялись такие характеристики об объекте, как «Код ОКВЭД» и его расшифровка «Основной вид деятельности». Кроме того, ряд организаций содержал адресную информацию о фактическом месте осуществления деятельности и координаты. В большинстве своем данные этого веб-ресурса требовали проверки и доработки по другим ресурсам [4, 5].

Физический уровень связан с программными средствами. На этом уровне проектировалась физическая структура БД, ее блоки, компоненты и их размещение; формы метаданных, названия пространственных

объектов и полей атрибутивной таблицы, типы записи данных (целый, вещественный, текст).

Создание ГИС-проектов и геоинформационное моделирование осуществлялось на платформе ArcGIS (компания ESRI), в качестве базовой топографической основы частично использовались открытые геоданные с сайта «Недра России. Национальный ресурс» Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского [5] и цифровые данные ИВЭП СО РАН. Составленная на предыдущем этапе проектирования КБД excel-таблица добавлялась в ArcGIS.

Созданная КБД бессточной области Обь-Иртышского междуречья, площадь которой составляет 122,8 тыс. км<sup>2</sup>, содержит более 2,1 тыс. данных по ПИЗВ. В границах Алтайского края расположено 2 города краевого значения (Славгород и Яровое), 1 поселок городского типа (Благовещенка) и 440 сельских населенных пунктов; в границах Новосибирской области размещается 1 город (Карасук) и 487 сел и поселков.

Анализируя данные по ПИЗВ, следует отметить, что в регионах приоритетной деятельностью предприятий является сельское хозяйство, это 809 источников загрязнения. Прежде всего, эти источники связаны с растениеводством (631 источник), а именно – с выращиванием зерновых (кроме риса), зернобобовых культур и семян масличных культур, с животноводством (95), смешанным сельским хозяйством (54) и прочей сельскохозяйственной деятельностью.

На исследуемой территории зарегистрирован 261 промышленный ПИЗВ, из них 151 источник принадлежит обрабатывающей промышленности. Преимущество по количеству в данной отрасли имеют предприятия, занимающиеся производством пищевых продуктов и напитков (90 объектов), обработкой древесины и производством изделий из дерева, кроме мебели (14). Отдельные организации производят одежду, кожу и изделия из нее (12), химические вещества и химические продукты, лекарственные средства и материалы, применяемые в медицинских целях, резиновые и пластмассовые изделия, неметаллическую минеральную продукцию (12).

В КБД вошли данные по ПИЗВ от производства электроэнергии, газом и паром (13 источников), обработки металлических отходов и лома (5) и др. Отдельно стоит отметить 5 источников загрязнения, расположенных на территории Алтайского края, относящихся к добыче полезных ископаемых.

Блок КБД по источникам загрязнения от транспорта составили векторные данные: транспортная сеть; железнодорожные вокзалы, станции и платформы; автовокзалы и автостанции; АЗС. Общая протяженность железной дороги на исследуемой территории — около 1500 км, а автомобильных дорог с покрытием — более 28 тыс. км, из них более 439 км — автодороги федерального значения.

В последний блок КБД вошли населенные пункты, как источники антропогенного воздействия, а также туристско-рекреационные и лечебно-оздоровительные организации, которых здесь зарегистрировано 87 объектов.

В дальнейшем на основе КБД были сформированы ГИС-проекты, выполнены картометрические расчеты и составлена серия инвентаризационных и аналитических карт для расчета антропогенной нагрузки в пределах бессточной области Обь-Иртышского междуречья.

Выводы. 1. Сбор, анализ и систематизация информации по потенциальным источникам загрязнения вод, полученной с открытых интернет-ресурсов, позволили разработать концептуальную схему и структуру КБД, соответствующую всем требованиям, предъявляемым к БД.

2. На основе позиционных данных КБД на платформе ArcGIS созданы ГИС-проекты, позволившие визуализировать пространственное размещение и сосредоточение антропогенных источников загрязнения вод.

3. Сформированная КБД с широким спектром программно-технических возможностей геоинформационной среды создала условия для дальнейшего анализа, оценки антропогенной нагрузки на водные объекты бассейнов рек и озер бессточной области и иллюстрации полученных результатов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ №21-55-75002 «Разработка рекомендаций в целях устойчивого совместного использования почв и грунтовых (подземных) вод: принятие решений при поддержке и участии заинтересованных сторон» и в рамках бюджетного проекта ИВЭП СО РАН №0306-2021-0002.

### Библиографические ссылки

1. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: учебник. М.: КДУ,

2. Рыбкина И. Д., Стояцева Н. В., Курепина Н. Ю., Головин А. В., Седова Е. Ю., Машкина О. В. Оценка антропогенной нагрузки на водные объекты бессточной области Обь-Иртышского междуречья // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2023. Т. 87. № 2. С. 264-279.

3. Сервис проверки контрагентов [Electronic resource]. URL: <https://www.list-org.com> (date of access: 05.01.2024).

4. 2 ГИС [Electronic resource]. URL: <https://2gis.ru> (date of access: 12.02.2024).

5. Недра России. Национальный ресурс. [Electronic resource]. URL: <https://vsegei.ru/ru/gisatlas/> (date of access: 12.02.2024).

6. ОКВЭД-2 - Коды ОКВЭД 2023 с расшифровкой. [Electronic resource]. URL: <http://оквэд-2.рф> (date of access: 07.02.2024).

УДК 504.05

## ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ЭКОСИСТЕМЫ

**Н. А. Ларионова**

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова.  
Ленинские горы, 1. 119991, Москва, Россия. [nin.larionowa@yandex.ru](mailto:nin.larionowa@yandex.ru)*

В статье рассмотрена проблема воздействия предприятий алюминиевой промышленности на загрязнение экосистем. Приведены новые показатели состава и объемов промышленных отходов, определяющих интенсивность их негативного воздействия на окружающую среду. Отмечены проведенные мероприятия, способствующие снижению загрязнения почв и подземных вод.

**Ключевые слова:** промышленные отходы; загрязнение почв и подземных вод.

## TECHNOGENIC IMPACT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES ON ECOSYSTEMS

**N. A. Larionova**

Moscow State University named after M. V. Lomonosov. Leninsky mountains, 1.  
119991, Moscow, Russia. [nin.larionowa@yandex.ru](mailto:nin.larionowa@yandex.ru)

The article examines the problem of the impact of aluminum industry enterprises on the pollution of ecosystems. New indicators of the composition and volume of industrial waste are presented, which determine the intensity of their negative impact on the environment. The measures taken to help reduce soil and groundwater pollution were noted.

**Keywords:** industrial waste; soil and groundwater pollution.

Проблеме влияния промышленных предприятий на загрязнение экосистем уделяется большое внимание, тем не менее, в настоящее время она остается достаточно острой и актуальной для многих государств. Цветная металлургия как одна из отраслей промышленности вносит существенный вклад в проблему загрязнения окружающей среды. Предприятия алюминиевой промышленности на современном уровне технологии переработки сырья и производства металла остаются крупными источниками негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

На примере двух ведущих предприятий этой отрасли в России (АО «РУСАЛ Красноярск» и АО «РУСАЛ Ачинск») рассмотрено влияние производства алюминия и глинозема на загрязнение окружающей среды г. Красноярск и г. Ачинск. Основное влияние на загрязнение всех

компонентов окружающей среды оказывают выделяющиеся газопылевые выбросы и твердые промышленные отходы, объемы которых зависят от мощности предприятия, вида и качества обрабатываемого сырья, технологии обработки сырья и используемого оборудования. На протяжении 5 лет отмечается определенная тенденция к снижению объемов газопылевых выбросов в атмосферу (табл. 1).

Таблица 1

**Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в 2017-2021 гг. [1]**

Наименование предприятия	Объемы выбросов, тыс. т				
	2017	2018	2019	2020	2021
АО «РУСАЛ Красноярск»	56,8	55,1	56,8	54,5	54,0
АО «РУСАЛ Ачинск»	35,5	33,2	31,8	37,0	34,8
в том числе:					
твердые вещества	15,18	14,25	13,22	15,82	14,68
диоксид серы	3,82	3,79	2,96	3,98	3,74
оксид углерода	3,25	3,07	3,12	3,39	3,19
оксиды азота	8,63	7,64	8,02	8,99	8,46

Вклад в отраслевой объем выбросов в 2020-2021 гг. составил для АО «РУСАЛ Красноярск» 2,7-3,1 %, а для АО «РУСАЛ Ачинск» — 1,9-2,0 %. За 20-летний период эти показатели несколько увеличились: для АО «РУСАЛ Красноярск» на 1,1-1,5 %, а для АО «РУСАЛ Ачинск» на 0,5-0,6 %, что обусловлено увеличением объемов производства [1]. Металлосодержащая пыль содержит примеси тяжелых металлов (до 20,0 %): Cu, V, Ni, Co, Pb, Sn, Cd, Bi, Sb, Hg. Специфика и высокая токсичность газопылевых выбросов определяется наличием в их составе фтористых соединений, бенз(а)пирена и формальдегида. При производстве 1,0 т алюминия содержание фтористых соединений может достигать 25,0-40,0 кг и 30,0 кг сернистого ангидрида. Среднегодовые концентрации взвешенных веществ, формальдегида и бенз(а)пирена в атмосферном воздухе в гг. Ачинск и Красноярск в 2021 г. увеличились от 1,78 до 1,92 ПДК<sub>с.с.</sub> [1]. Уровень загрязнения атмосферы в г. Ачинске характеризуется как «высокий».

Радиус действия повышенных концентраций бенз(а)пирена может составлять около 15,0 км, для фтористого водорода — 7,0 км, твердых фторидов — 2,5 км и смолистых веществ — 1,5 км. Загрязняющие вещества при воздействии атмосферных осадков осаждаются и поступают на поверхность, что приводит к загрязнению растительности, почв, поверхностных вод. Особенно губительному воздействию подвержены хвойные породы. Концентрация большинства тяжелых металлов в древесной растительности превышает их фоновое содержание в 2,0-4,0 раза.

Поверхностные воды загрязняются в результате сбрасывания предприятиями сточных вод. В 2021 г. только АО «РУСАЛ Ачинск» сброшено в поверхностные водоемы 3,2 млн. м<sup>3</sup>, из которых 1,5 млн. м<sup>3</sup> не подвергались очистке. В составе сточных вод содержание загрязняющих веществ составляло: взвешенные вещества – 16,7 т, Fe – 0,2 т, F – 0,22 т, Mn – 0,08 т, Cu – 0,04 т, нефтепродукты – 0,14 т [1]. В 2021 г в р. Чулым отмечено повышенное содержание загрязняющих веществ антропогенного происхождения: нефтепродукты, фенолы в концентрациях, превышающих нормативы в 4,5-10 раз. В створах выше и ниже г. Ачинска, отмечено ухудшение качества воды по значению УКИЗВ с переходом из 3 класса, разряд «б» (очень загрязнённая) в 4 класс, разряд «а» (грязная). В составе воды отмечены максимальные концентрации Mn 14,0 ПДК, Cu 46,9 ПДК, Fe<sub>общ.</sub> 13,5 ПДК. Уровень загрязненности воды р. Чулым по кратности превышения ПДК<sub>рх</sub> по соединениям Cu, Mn, Zn, Fe и Al определялся как «средний» [1].

Почвенный покров территории г. Ачинска представлен оподзоленными черноземами и серыми лесными почвами разной степени нарушенности и почвами антропогенного происхождения (урбаноземами). В период 2017-2018 гг. в почвах отмечались превышения ОДК по валовому содержанию Mn (2,01-10,29 ПДК), Ni (1,28-1,60 ПДК), а присутствие нефтепродуктов варьирует в пределах <50,0-132,0 мг/кг [2].

Источником загрязнения являются и накопители промышленных отходов — шламохранилища. На предприятиях образуется порядка 99,8% от общей массы производственных отходов города. В последние годы объемы твердых промышленных отходов увеличились, и к 2021 г. их рост составил для АО «РУСАЛ Красноярск» — 5,61 тыс. т, а на АО «РУСАЛ Ачинск» – 1043,717 тыс. т (табл. 2). За все годы функционирования АО «РУСАЛ Ачинск» общий объем отхода — нефелинового шлама, складированного в шламохранилище, достигает 220 млн. т.

Таблица 2

**Объемы отходов предприятий, млн. т [1]**

Наименование организации	Год		
	2019	2020	2021
АО «РУСАЛ Красноярск»	0,114	0,138	0,144
АО «РУСАЛ Ачинск»	н/д	12,637	13,681

Общая площадь шламохранилища АО «РУСАЛ Ачинск» составляет 451,0 га и включает 3 карты. Карта № 1 (190,0 га) эксплуатировалась с 1970 г. и создавалась без устройства противофильтрационного экрана. Это определяло неизбежные фильтрационные потери и негативное влияние на

подземную гидросферу и поверхностные воды. Подшламовые стоки отличаются высокой щелочностью ( $pH=12,0$ ), минерализацией (23,89 г/л), окисляемостью и карбонатной жесткостью (2120,0 мг-экв/л) [3]. Поступающие в подземные воды стоки способствуют изменению их состава: повышению щелочности ( $pH=9,5-10,0$ ), минерализации, увеличению жесткости. В подземных водах выявлены превышения ПДК по Fe (0,5-0,8 мг/дм<sup>3</sup>), Mn, Al и нефтепродуктам, отмечено присутствие тяжелых металлов [2].

За счет инфильтрации подшламовых стоков поднимается уровень грунтовых вод, что приводит к заболачиванию прилегающих площадей. Территория между шламохранилищем и р. Чулым отличается значительным обводнением. В результате поступления загрязняющих веществ со стоками происходит изменение состава и структуры почв, утрачивается агрохимическая способность, происходит их деградация. Ранее проведенными исследованиями определено присутствие в почвах тяжелых металлов в повышенных концентрациях: Mn, P, Cr ( $K_c=1,5-2,0$ ); Ni, Cu, Co, Mo, Pb, Zn, V ( $K_c$  до 1,5); Mn (2,0 ПДК) [4]. С удалением от шламохранилища концентрации загрязняющих веществ снижаются. В пределах до 1,0 км содержание водорастворимого фтора в почвах составляет 138,2-152,6 мг/кг ( $>$  ПДК в 14-16 раз), уменьшаясь до 35,9-48,3 мг/кг ( $>$  ПДК в 4-5 раз) на расстоянии 2,0-10,0 км, а на расстоянии 20,0 км – до 16,5 мг/кг ( $>$  1,5-2 раза). В более ранних исследованиях территория, загрязненная фтором, достигала 30,0-40,0 км [5]. Высокая концентрация фтористых соединений в выбросах предприятий может косвенно влиять на увеличение подвижных форм металлов в почве за счет изменения pH, в процессе чего повышается миграция Cu, Co, Ni и Mn, попавших в почву различными путями и в разное время.

Особую опасность представляют возникающие аварийные ситуации, когда шламовая масса в больших объемах поступает на значительные территории, подвергая почвы негативному воздействию.

Предприятия принимают участие в работе программ по охране окружающей среды. Кроме инвестиций в реализацию программ, проводятся технические мероприятия по снижению уровня загрязнения компонентов окружающей среды. Внедряются новые методы получения необходимой продукции, привлекается современное оборудование, введена водооборотная система, обеспечивающая снижение забора чистой воды из поверхностных источников и уменьшение объемов сброса сточных вод.

В настоящее время шламовые карты № 1 и № 2 выведены из эксплуатации, проводится их консервация и рекультивация шламовой поверхности. Отходы производства АО «РУСАЛ Ачинск» складировать на карте № 3, в основании которой устроен противофильтрационный экран с использованием полимерной пленки. Укладка полимерной пленки на ложе шламовой карты № 3 и строительство системы искусственного понижения

уровня воды привели к минимизации техногенного вмешательства и создали благоприятные условия для обеспечения некоторой стабильности экологической системы на территории, прилегающей к шламохранилищу. Завершено строительство системы перехвата фильтрационных вод шламохранилища — так называемого обводного канала, что позволило уменьшить расстояния их распространения на прилегающей территории и, соответственно, на загрязнение почв и подземных вод. Реализация экологических мероприятий способствовало уменьшению зоны негативного воздействия шламохранилища до 150,0-200,0 м от контура шламовой карты. Проводится рекультивация нарушенных земельных участков площадью более 30,0 га [3].

Таким образом, проведенные технические мероприятия несколько снизили негативное воздействие предприятия на загрязнение окружающей среды. Но уровень ее загрязнения в г. Ачинск остается высоким. Увеличивающиеся объемы отходов требуют выделение новых площадей для их складирования, что может осложнять экономическую и социальную проблемы. Необходимы дополнительные мероприятия по снижению уровня загрязнения атмосферы, почв, поверхностных и подземных вод. Наряду с эти целесообразны разработки по активному использованию промышленного отхода для производства строительных материалов.

### Библиографические ссылки

1. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2021 году». Красноярск, 2022. 321 с.
2. Оценка воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности АО «РУСАЛ АЧИНСК». Книга 4. Резюме нетехнического характера. ООО «ИНЭКА-КОНСАЛТИНГ» Новокузнецк, 2020. <http://www.ineca.ru> (дата обращения 15.01.2024).
3. *Шепелев И. И., Еськова Е. Н., Пиляева О. В. и др.* Сохранение экологической стабильности управляемой природно-технической системы под влиянием антропогенных факторов. Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n> (дата обращения 15.01.2024).
4. *Дворецкая Ю. Б.* Геоэкологическая оценка влияния глиноземного производства на окружающую среду на примере г. Ачинска/Томск. Автореф. дисс. канд. геол.-минер. наук. 2007. 24 с.
5. *Васильева, Т. В.* О влиянии выбросов алюминиевого завода на содержание фторидов в почве с учетом некоторых климатических факторов // Молодой ученый № 16 (150). 2017. С. 213-217. URL: <https://moluch.ru/archive/150/42419/> (дата обращения: 17.01.2024).



УДК 574 (075.8)

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ПРИРОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ И МЕТОДЫ ИХ ЛОКАЛИЗАЦИИ

Ю. А. Мажайский,<sup>1)</sup> Ю. А. Блохова<sup>2)</sup>, А. Г. Карпухов<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, ул. Мещерская, 1А, поселок Солотча, Рязань, [director@mntc.pro](mailto:director@mntc.pro) <sup>2)</sup>Академия ФСИН России, ул. Сенная, д.1, Рязань, [yuliblok@gmail.com](mailto:yuliblok@gmail.com) <sup>3)</sup>ФГБОУ ВО РГТУ имени П. А. Костычева, ул. Костычева, д.1, Рязань, [karpuhov.ag@yandex.ru](mailto:karpuhov.ag@yandex.ru)

Статья посвящена анализу влияния антропогенных факторов на природные ландшафты и методы их локализации в Рязанской области. Любая экосистема, приспосабливаясь к факторам внешней среды, находится в состоянии динамики. Эта динамика может касаться как отдельных звеньев экосистем (организмов, популяций, трофических групп), так и всей системы в целом. При этом динамика может быть связана, с одной стороны, с адаптациями к факторам, которые являются внешними по отношению к системе, а с другой — к факторам, которые создаёт и изменяет сама экосистема.

Почвенный покров является важнейшей составной частью биосферы, изменение которого непосредственным образом отражается на состоянии ее других компонентов, включая растительный и животный мир. Активная эксплуатация земельного фонда Рязанской области, построенная на игнорировании значения природных факторов в современных почвообразовательных процессах более чем за полувековой период привела к формированию современных ландшафтов, в которых состояние почвенного покрова резко ухудшилось вследствие развития деградиционных процессов.

**Ключевые слова:** антропогенные факторы; почвенный покров; экосистема; ландшафт; антропогенные преобразования.

## ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON NATURAL LANDSCAPES AND METHODS OF THEIR LOCALIZATION

Yu. A. Mazhayskiy <sup>1)</sup>, Yu. A. Blokhova <sup>2)</sup>, A. G. Karpukhov <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Meshchersk branch of the A. N. Kostyakov VNIIGiM Federal State Budgetary Institution, 1A Meshcherskaya str., Solotcha settlement, Ryazan, [director@mntc.pro](mailto:director@mntc.pro) <sup>2)</sup>Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Sennaya str., 1, Ryazan, [yuliblok@gmail.com](mailto:yuliblok@gmail.com) <sup>3)</sup>P. A. Kostychev Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Kostycheva str., 1, Ryazan, [karpuhov.ag@yandex.ru](mailto:karpuhov.ag@yandex.ru)

The article is devoted to the analysis of the influence of anthropogenic factors on natural landscapes and methods of their localization in the Ryazan region. Any ecosystem, adapting to environmental factors, is in a state of dynamics. This dynamics can concern both individual links of ecosystems (organisms, populations, trophic groups) and the entire system as a whole. At the same time, dynamics can be associated, on the one hand, with adaptations to

factors that are external to the system, and on the other - to factors that the ecosystem itself creates and changes.

The soil cover is the most important component of the biosphere, the change of which directly affects the state of its other components, including flora and fauna. The active exploitation of the land fund of the Ryazan region, based on ignoring the importance of natural factors in modern soil formation processes for more than half a century, has led to the formation of modern landscapes in which the state of the soil cover has deteriorated sharply due to the development of degradation processes.

**Keywords:** anthropogenic factors; soil cover; ecosystem; landscape; anthropogenic transformations.

Ландшафт — это определенный природно-территориальный комплекс, для которого характерно однотипное сочетание климатических условий, рельефа, почв, животного и растительного мира. Ландшафты делят на две категории: природные и антропогенные. В свою очередь ландшафт подразделяется на природный и антропогенный. Природные ландшафты подразумевают территории земной поверхности, которые сформировались без участия человека под воздействием природных процессов, которые в свою очередь делятся на климатические (изменение температуры, выветривание) и геологические (землетрясение, вулканическая деятельность) [3].

К антропогенным ландшафтам относят в свою очередь природные комплексы, сформированные в результате целенаправленной и осознанной деятельности человека для решения социально-экономических вопросов. Для этого вида ландшафта характерны изменения биологических, климатических, геологических, почвенных процессов [1].

Наряду с негативным воздействием на биоту хозяйственная деятельность человека может носить конструктивный характер. Природные системы, в которых проводятся мелиоративные мероприятия, направленные на повышение их продуктивности: лесо-, луго-, охотохозяйственные и другие работы, - переводятся в категорию полуприродных. Наконец, создаются антропогенные экологические комплексы: сельскохозяйственные, садово-парковые, водохозяйственные [2].

Антропогенные преобразования ведут к трансформации растительного покрова, снижению экологического потенциала ландшафтов в целом. Уничтожение естественной растительности, замена ее на производные сообщества или техногенный покров являются одним из главных показателей экологической дестабилизации. Однако, если антропогенное воздействие прекращается, вступают в действие механизмы естественного восстановления экологического потенциала. Происходят восстановительные процессы растительного покрова [5].

Изучение состояния почвенного покрова на основе ландшафтного подхода позволяет повысить качество ландшафтно-географической информации для проектных и планирующих органов, а также пользователей землями сельскохозяйственного назначения. Усовершенствование процесса мониторинга в целях получения более качественной информации о состоянии почвенного покрова в современных ландшафтах края имеет большое значение при разработке комплекса мероприятий, направленных на повышение плодородия почв Рязанской области.

Природные условия связаны с категорией агроландшафта (агроэкологической группой земель) и характеризуют природные предпосылки развития земледелия (размещение угодий, культур, технологии возделывания и т. д.).

Разработка систем земледелия начинается с уточнения типологии ландшафта конкретного землепользования и выделения элементарных ландшафтов с учетом агроэкологической и агроэкономической оценки. На начальном этапе проектирования необходимо выявить причины низкой продуктивности системы земледелия, факторы, ограничивающие повышение эффективности производства продукции растениеводства, степень интенсификации земледелия различных элементов агроландшафта, наличие их экологической несбалансированности.

После анализа природно-климатических условий необходимо дать оценку пригодности различных агроландшафтов для возделывания и сельскохозяйственных культур с учетом экологических ограничений по следующим показателям: соответствие уровня плодородия почвы потребностям растений с целью оптимального удовлетворения их потребностей в элементах минерального питания, реакции почвенной среды, водно-воздушном и тепловом режимах; соответствие крутизны, формы и экспозиции склона, а также принятые технологии возделывания культур; обеспечивающее сохранение почвенного покрова и предотвращение эрозионных процессов; соответствие ландшафтных условий по гранулометрическому составу, каменистости почв и расположению земельных участков, энергосберегающим технологиям и экономической эффективности производства продукции; учет показателей, взаимосвязанных с флорой и фауной (видовое обитание растений, энтомофауны и различных форм микроорганизмов) всего ландшафта и сопряженных территорий.

Практическое конструирование агроландшафтов должно основываться на нормативно-технологических показателях плодородия почв: биологических - содержание гумуса и его запасы, активность почвенной биоты, фитосанитарное состояние; агрофизических — плотность, структура и мощность пахотного слоя почвы; агрохимических - реакция почвенной среды, содержание азота, фосфора, калия и микроэлементов;

допустимых балансах воды, биофильных элементов и гумуса; твердом стоке и дефляции почвы в конкретных регионах; загрязнении ландшафта пестицидами и тяжелыми металлами; фитосанитарном состоянии ландшафта. Все эти показатели находятся в прямой зависимости с урожаем возделываемых культур севооборота.

Применение системного метода в проектировании агроландшафтных систем земледелия оказывает положительное влияние на рациональное использование почвенных и агроклиматических ресурсов сельскохозяйственных предприятий и обеспечивает высокую экономическую эффективность производства. В основе современной ландшафтно-экологической системы земледелия остаются два очень важных признака: способы использования земли и способы восстановления плодородия почвы.

В условиях нарастающей экологической угрозы на эти основополагающие признаки и элементы или звенья, их отражающие, накладываются способы предупреждения или защиты почвы от эрозии и охраны окружающей среды. Кроме того, на сущность и содержание современной ландшафтно-экологической системы земледелия большое влияние оказывают наличие, состояние и уровень продуктивности естественных кормовых угодий. Они приобретают особое производственное и экологическое значение. Таким образом, основой создания агроландшафта и освоения ландшафтно-экологической системы земледелия являются формирование и рациональное сочетание агро- и биопедоценозов.

С точки зрения экологии особое внимание в рассматриваемой системе земледелия уделяют состоянию гидрологии и водного хозяйства, садоводства, лесного хозяйства и другим элементам структуры землепользования. Адаптивно-ландшафтное земледелие на ландшафтно-экологической основе состоит в создании сбалансированных высокопродуктивных ландшафтно-экологических систем, максимально адаптированных к местным природно-климатическим и социально-экономическим условиям.

Основными лимитирующими факторами условий произрастания растений при формировании ландшафтно-экологических систем в аридной зоне выступают почвенная и воздушная засуха, водная и ветровая эрозия почвы, засоление земель.

В гумидной зоне основные ограничения земледелию и получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур создают переувлажнение и заболачивание земель, повышенная кислотность, зарастание древесно-кустарниковой растительностью, низкое плодородие почв и др.

Адаптивно-ландшафтное земледелие призвано посредством воздействия на исходные (природные) свойства ландшафта обеспечить более полное соответствие ландшафтных условий землепользования

агробиологическим требованиям культурных растений к среде произрастания, а также технологическим требованиям их возделывания.

В условиях ландшафтного земледелия учитываются особенности каждого ландшафтного выдела, которые должны способствовать улучшению использования земель в соответствии с природным назначением. Комплекс мероприятий для каждой ландшафтной единицы должен диктоваться, прежде всего, требованиями адаптивной системы земледелия по приведению в соответствие ландшафтных условий. Так, например, в рамках одного поля могут изменяться параметры плодородия почвы (N, P, K, рН, гумус и др.) Поэтому дифференцированный подход с учетом дефицита веществ позволит бороться с пестротой плодородия почвы, повысить эффективность производства, снижая при этом опасность загрязнения окружающей среды. Учет плодородия отдельных участков поля при выполнении сельскохозяйственных операций способствует: увеличению производства сельскохозяйственной продукции, оптимальному использованию ограниченных ресурсов и в первую очередь удобрений, снижению загрязнения окружающей среды, более рациональному использованию современной техники, улучшению управления сельскохозяйственным производством. Переход от технологий, базирующихся на усредненных показателях параметров плодородия и других характеристик состояния поля и посевов к дифференцированному воздействию на систему «почва-растение» обеспечивает адаптивно-ландшафтная система земледелия. Однако для успешного применения этой системы требуется использование новых машин и оборудования, отвечающих новым тенденциям в развитии технологии. Основными отличительными особенностями адаптивно-ландшафтного земледелия являются: комплексность (для каждого участка или пол существуют оптимальные наборы мероприятий); экологичность (учет их; ресурсосбережение, снижение энерго- и материалоемкости, трудовых затрат и пр.).

Адаптивная роль ландшафтного земледелия на мелиорируемых землях, представляет собой сочетание земельной, водной, биологической, химической и др. мелиораций, применяемых на одном поле в целях создания и сохранения высокой и устойчивой продуктивности сельскохозяйственных угодий при получении экологически безопасной продукции, повышения плодородия земель с учетом природных условий конкретного агроландшафтного выдела.

Состав и объем необходимых мероприятий определяется природно-климатическими условиями района их проведения и требованиями ландшафтных систем земледелия в части рационального использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов, повышения их продуктивности, устойчивости и экологической безопасности.

При создании агромелиоративных ландшафтов приоритетными являются методы и способы борьбы с засухой. В этих условиях основой комплексных мелиораций, придающих устойчивость и стабильность функционирования агроэкосистем, является орошение, сочетающееся с агролесомелиоративными мероприятиями, биологическими, химическими мелиорациями и др.

В гумидной зоне к числу приоритетных относятся: осушение заболоченных и переувлажненных земель, обеспечивающее нормированное понижение уровня грунтовых вод в корнеобитаемом слое почвы и поддержание в нем необходимого водно-воздушного режима, культуртехнические, химические (известкование кислых почв) мелиорации, а также так называемые почвоулучшающие мелиорации, включающие внесение органических и минеральных удобрений и биопрепаратов.

Ландшафтно-экологический анализ территории позволяет установить оптимальные соотношения сельскохозяйственных и несельскохозяйственных угодий с учетом неоднородности и устойчивости конкретного ландшафта, геохимических и биофизических процессов в нем, увязать систему земледелия, агротехнику, мелиорацию и специализацию хозяйства.

Применение систем адаптивно-ландшафтного земледелия позволяет рационально использовать и обеспечивать прогрессирующий рост почвенного плодородия, повысить урожайность сельскохозяйственных культур и улучшить окружающую среду.

### **Библиографические ссылки**

1. *Блэк К. А.* Растение и почва. М.: Колос, 1973. 497 с.
2. *Арманд Д. Л.* Наука о ландшафте. М.: Наука, 1975. 279 с.
3. *Герасимов И. П., Глазовская М.А.* Основы почвоведения и география почв. М.: Мысль, 1960. 485 с.
4. *Берг Л. С.* Климат и Жизнь М. 1947. 349 с.
5. *Воейков А. И.* Воздействие человека на природу. М.: Изд-во АН СССР 1963, 261 с.
6. *Митина Н. Н.* Экология: учебник и практикум для вузов/Н. Н. Митина, Б. М. Малашенков: под редакцией В. И. Данилова-Данильяна. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2024. 448 с.

УДК 550.4

## ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ГИДРОСФЕРЫ УГЛЕВОДОРОДАМИ

Н. Г. Максимович<sup>1)</sup>, В. Т. Хмурчик<sup>1)</sup>, А. Д. Деменев<sup>1)</sup>,  
О. Ю. Мещерякова<sup>1)</sup>, О. А. Березина<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букерева, 15, 614990, г. Пермь, Россия, [nmax54@gmail.com](mailto:nmax54@gmail.com)

<sup>2)</sup>ООО «МИП «Геоинновация плюс», ул. Букерева, 15, 614990, г. Пермь, Россия, [berezina.olga16@gmail.com](mailto:berezina.olga16@gmail.com)

Рассматривается проблема загрязнения природной среды углеводородами и сопутствующими загрязнителями, которая является актуальной экологической проблемой во многих регионах мира. Загрязнение носит комплексный характер и оказывает интенсивное воздействие на различные компоненты геологической среды. Приводятся примеры применения геохимических барьеров для борьбы с углеводородным загрязнением. В том числе использование биопрепарата на основе культуры нитратредуцирующих микроорганизмов для очистки подземных вод и пород от загрязнения газоконденсатом. Рассмотрено использование биостимуляции природного углеводородоксилирующего сообщества микроорганизмов для борьбы с водорастворенными нефтепродуктами в подземных водах, а также применение отходов производства активированного угля в качестве сорбентов для удаления нефтепродуктов из загрязненного грунта.

**Ключевые слова:** гидросфера; углеводороды; геохимические барьеры; водные объекты; подземные воды.

## GEOCHEMICAL BARRIERS EXPERIENCE OF CREATING FOR TREATMENT OF HYDROSPHERIC FROM HYDROCARBON POLLUTION

N. G. Maksimovich<sup>1)</sup>, V. T. Khmurchik<sup>1)</sup>, A. D. Demenev<sup>1)</sup>,  
O. Yu. Meshcheriakova<sup>1)</sup>, O. A. Berezina<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Perm State National Research University, st. Bukereva, 15, 614990, Perm, Russia, [nmax54@gmail.com](mailto:nmax54@gmail.com); <sup>2)</sup>LLC "MIP "Geoinnovation Plus", st. Bukereva, 15, 614990, Perm, Russia, [berezina.olga16@gmail.com](mailto:berezina.olga16@gmail.com)

The problem of pollution of the natural environment with hydrocarbons and associated pollutants, which is a pressing environmental problem in many regions of the world, is considered. Pollution is complex in nature and has an intense impact on various components of the geological environment. The article provides examples of the use of geochemical barriers to combat hydrocarbon pollution. Including the use of a biological product based on a culture of nitrate-reducing microorganisms to purify groundwater and rocks from contamination with gas condensate. The use of biostimulation of the natural hydrocarbon-oxidizing community of microorganisms to combat water-dissolved petroleum products in groundwater, as well as

the use of activated carbon production waste as sorbents for removing petroleum products from contaminated soil, is considered.

**Keywords:** hydrosphere; hydrocarbons; geochemical barriers; water bodies; groundwater.

Одной из актуальных экологических проблем во многих регионах мира является загрязнение природной среды углеводородами и сопутствующими загрязнителями. Эта проблема имеет комплексный характер и оказывает значительное влияние на различные компоненты геологической среды, такие как атмосфера, подземные и поверхностные воды, горные породы, почвы и другие. Углеводородное загрязнение носит устойчивый характер, что привело к развитию и совершенствованию методов борьбы с ним. Все многообразие методов можно разделить на следующие большие группы: механические, физико-химические и биологические. Рассмотрим опыт применения геохимических барьеров для борьбы с углеводородным загрязнением на реальных примерах.

В результате разгерметизации криминальной врезки произошла утечка из конденсатопровода «Оренбург-Салават-Уфа» (Россия, Республика Башкортостан). Газоконденсат распространился по дну оврага, выходящего к населенному пункту, а также за счет инфильтрации попал в грунтовые воды. Значительная часть поверхностного загрязнения была удалена эксплуатирующей организацией в ходе оперативных мероприятий по ликвидации загрязнения, однако загрязнение поверхностной гидросферы сохранилось. По поручению эксплуатирующей организации были разработаны рекомендации по восстановлению окружающей среды биотехнологическим методом очистки подземных вод с использованием аборигенных микроорганизмов-деструкторов газового конденсата. Проведены микробиологические исследования подземных вод и пород, загрязненных газоконденсатом, в результате чего были получены культуры анаэробных микроорганизмов, способных к деструкции газоконденсата за счет следующих процессов: нитратредукции, железоредукции, сульфатредукции и метаногенеза. Культура нитратредуцирующих микроорганизмов была выбрана как самая технологически и экологически приемлемая для использования ее в процессе очистки подземных вод и пород от загрязнения газоконденсатом, была определена ее деструктирующая способность и оптимальные параметры среды для функционирования. На основе данной культуры был разработан биопрепарат, который был передан эксплуатирующей организации для создания биогеохимического барьера, препятствующего дальнейшему распространению загрязнителя в подземном пространстве, а также для очистки уже загрязненных грунтов и подземных вод [1].



Ликвидации загрязнения объектов окружающей среды углеводородами при помощи биологического разрушения является перспективным направлением. Все вещества биологического происхождения, а к ним относятся нефть и нефтепродукты, могут быть окислены, и в природе всегда найдутся микроорганизмы, способные их разложить полностью или частично. То есть перспективным является создание кислородных барьеров. Таким примером являются исследования научного коллектива по очистке подземных водоносных горизонтов с помощью биологических методов, использующих как биостимуляцию природного углеводородокисляющего сообщества микроорганизмов [2], так и биодополнение его активной биомассой автохтонных углеводородокисляющих бактерий [3, 4]. Для реализации природоохранных мероприятий коллективом разработан многоканальный скважинный иньектор (рис. 1) предназначенный для очистки нефтезагрязненных подземных вод путем дозированной подачи кислорода и осуществления сопутствующих операций, а именно: подачи в обрабатываемые воды биодополняющих и биостимулирующих добавок, отбора контрольных проб воды, контроля за параметрами подземных вод.



*Рис. 1.* Опытный образец многоканального скважинного иньектора

По результатам проведенных исследований [2] степень очистки подземных вод от растворенных нефтепродуктов составляла до 95-99 %. Предложенный метод может быть использован как самостоятельное решения для очистки подземных вод, так и в дополнение к проводимым природоохранным мероприятиям на конкретном объекте.

Еще одним примером применения геохимических барьеров являлись опытные работы по разработке технологий на основе использования в качестве сорбентов активных углей приводились в связи с аварией на участке нефтепровода Сургут-Полоцк (Пермский край). Здесь зимой вылилось около 100 м<sup>3</sup> нефти на площади 0,6 га. Место аварии расположено на левом берегу р. Койвы. Остатки нефти были срезаны с поверхностным слоем грунта, складированы в котлован, расположенный в естественном понижении недалеко от нефтепровода, и обвалованы. Для ликвидации разлива нефти была изучена возможность использования отходов производства активированного угля [5]. При разработке методов удаления нефтепродуктов были проведены эксперименты в лабораторных условиях с сорбентами, изготовленными из отходов, образующихся при производстве активированного угля на одном из предприятий г. Перми. Для исследований был использован образец воды, отобранный на месте аварии, с максимальным содержанием нефтепродуктов, проведенные лабораторные испытания показали, что при применении многокомпонентного сорбента обеспечивается разрушение водно-нефтяной эмульсии и удаление нефти как в объеме, так и с поверхности воды. На рисунке приведена одна из возможных принципиальных схем создания сорбционного барьера.

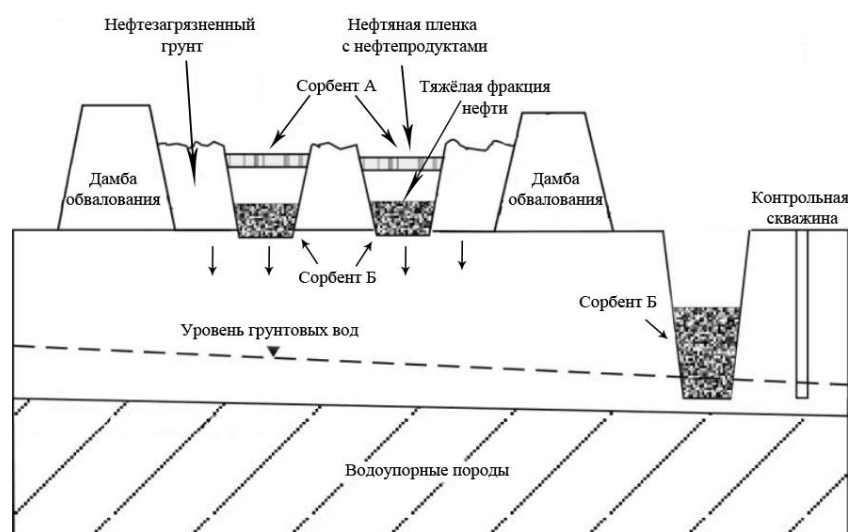


Рис. 2. Схема создания сорбционного барьера для ликвидации последствий разлива нефтепродуктов

В загрязненном грунте выкапываются траншеи и заполняются сорбентом. Глубина траншей определяется фильтрационными и физико-механическими свойствами грунтов, условиями залегания грунтовых вод в районе аварии. Траншеи с течением времени заполняются нефтепродуктами, водой (атмосферные осадки, таяние снега, верховодка).

В траншеи засыпается многокомпонентный сорбент. Загрязненная вода, дренированная траншеями, очищается сорбентом Б. Часть сорбента после осаждения образует сорбирующий слой на дне, который при фильтрации воды в грунт будет работать по принципу намывного фильтра. Нефтяная пленка удаляется плавающим сорбентом А. Метод сравнительно прост в применении и экономичен, поскольку для его реализации используются отходы производства активированного угля, он может применяться для локализации аварийных разливов нефти.

Таким образом создание геохимических барьеров является перспективным для борьбы с загрязнением гидросферы углеводородами.

### Библиографические ссылки

1. *Maksimovich N. G., Khmurchik V. T., Demenev A. D., Meshcheryakova O. Yu.* Assessment of the anaerobic microbial potential for the bioremediation of gas condensate-contaminated groundwater // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 834 (1). Article 012046. DOI: 10.1088/1755-1315/834/1/012046.

2. *Demenev A., Maksimovich N., Khmurchik V., Rogovskiy G., Rogovskiy A., Baryshnikov A.* Field test of in situ groundwater treatment applying oxygen diffusion and bioaugmentation methods in an area with sustained total petroleum hydrocarbon (TPH) contaminant flow // Water. 2022. Vol. 14, article 192.

3. *Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т.* Консорциум штаммов углеводородокисляющих бактерий *Pseudomonas aeruginosa* нд кз-1 и *Pseudomonas fluorescens* нд кз-2 в качестве деструктора нефтепродуктов и способ очистки нефтезагрязненных подземных вод. Патент РФ № 2312719; заявл. 15.02.2006; опубл. 20.12.2007, Бюл. № 35.

4. *Maksimovich N. G., Khmurchik V. T.* Remediation of oil-polluted groundwater aquifers at karst region // In: "Engineering geology for society and territory", Vol. 3 "River basins, reservoir sedimentation and water resources" (Lollino G. et al., Eds.) Springer, 2015 P. 417-419

5. *Алексеев В. А., Алексеев Л. П.* Геохимические барьеры: Учеб. пособие. М.: Логос, 2003. 144 с.

УДК 332.1(479)

**ВЛИЯНИЕ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА  
АКТИВИЗАЦИЮ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ  
В АЗЕРБАЙДЖАНЕ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО  
СКЛОНА МАЛОГО КАВКАЗА)**

**С. А. Мамиева**

*Институт Географии им. ак. Г. А. Алиева Министерства Образования и Науки  
Азербайджана, Баку, AZ 1143; просп. Г. Джавида, 115, [kuliyevaseva18@gmail.com](mailto:kuliyevaseva18@gmail.com)*

На исследуемом участке современные антропогенные формы рельефа в местах выработки полезных ископаемых представлены терриконами и многочисленными высокими отвалами. Антропогенный фактор, который способствует формированию материала, готового для сноса селями при первой возможности и (пустого грунта) нарушающего равновесие склона являются одними из важных причин формирования селей и схода оползней на исследуемой территории. И как следствие повышение селеопасности и оползнеопасности территории.

**Ключевые слова:** антропогенное влияние; полезные ископаемые; опасные процессы.

**INFLUENCE OF MINERAL MINING ON THE ACTIVATION OF  
EXOGENOUS PROCESSES IN AZERBAIJAN (ON THE EXAMPLE  
OF THE NORTHEASTERN SLOPE OF THE MINOR CAUCASUS)**

**S.A. Mamiyeva**

*Institute of Geography named after acad. H. Aliyev, of Ministry of Education and Science  
Az. 1143 H. Javid ave, 115 Baku, senior researcher, candidate of geographical sciences  
[kuliyevaseva18@gmail.com](mailto:kuliyevaseva18@gmail.com)*

In the study area, modern anthropogenic landforms in places of mineral production are represented by waste heaps and numerous high dumps. The anthropogenic factor, which contributes to the formation of material ready for demolition by mudflows at the first opportunity and (empty soil) disturbing the balance of the slope, are one of the important reasons for the formation of mudflows and landslides in the study area. And as a consequence, an increase in the risk of mudflows and landslides in the territory.

**Keywords:** anthropogenic influence; minerals; hazardous processes.

Функция рельефа проявляется разнообразием различных форм эндогенных и экзогенных процессов и явлений, изменяющих географический облик земли. Как известно возникновение, развитие и формирование экзогенных процессов, связанное как с эндогенными, так и

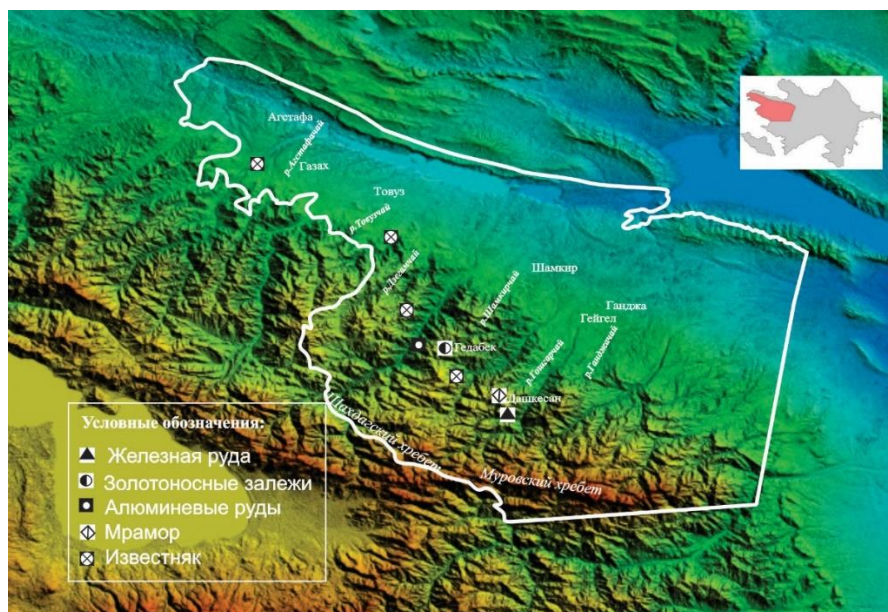
антропогенными процессами. Геоморфологические исследования участков, где производится открытая добыча полезных ископаемых, констатирует факт экзогенного рельефообразования, который продолжается до современного времени (на примере северо-восточного склона Малого Кавказа, где выработка проводится с 1858г) [1]. Высокая энергетическая активность (сейсмичность до 8-9 баллов) и интенсивно расчлененный рельеф северо-восточного склона Малого Кавказа характеризуется развитием опасных рельефообразующих процессов флювиогляциальных, гравитационных, эрозионных и др., в возрастание экстремальности которых большая роль принадлежит антропогенному фактору. Роль тектоники неотъемлема при формировании современной густой сети линейных нарушений разного порядка и наглядно выражается во внешнем облике современного рельефа [2].

Исследуемый нами регион является вторым по уровню развития горнодобывающей промышленности и важнейшим центром рудной промышленности Азербайджана. В районе вырабатывается 12-13% промышленной продукции страны. Минералы этого региона включают — сернистый пирит, кобальт, барит, железную руду, алунит, строительный камень, мрамор, гипс, цеолит, бентонит, цементное сырье, золото, медь, известняк и т. д. В городах Гянджа, Дашкесан, Газах и Тауз наравне с предприятиями мелкого предпринимательства, легкой промышленности, и сферы обслуживания, действуют предприятия цветной и черной металлургии (рис.).

В настоящее время в стране разведанные запасы железной руды составляют более 300 млн. тонн. С 1954 г. ведется добыча руды в исследуемом районе. Одни из важных горнорудных предприятий республики расположены на северных склонах Муровдагского и Шахдагского хребтов в бассейне реки Гошгарчай, на высоте 1600-1800 м над уровнем моря [3]. В результате горнопромышленных работ запускаются новые и активизируются уже существующие процессы, которые были результатом эндогенных факторов. Образованные антропогенным вмешательством положительные формы рельефа на исследуемом участке представлены терриконами, многочисленными высокими отвалами, возникшими в результате накопления пустой земельной породы. С годами территории скопления отработанной породы значительно увеличилась, возросло и вертикальное расчленение. На их поверхности возникают оползни, процессы линейной эрозии, а также распространены осыпные и эрозионные процессы. Пустопорожные породы конусообразной формы площадью 80-100 га скопились на склонах реки Гошгарчай [3].

Расположенный на территории Шахдагского хребта, Башкент-Дагстафюрской котловины и Шамкирского горного массива Гедабегский район богат золотом, ураном, медью и другими цветными металлами,

также залежи черного и белого мрамора. Братьями Сименс в 1858 г. было открыто месторождение золота. В настоящее время в этом районе действует завод по выработке золота, на котором работают около 2000 человек. Эксплуатация в Дашкасанском районе месторождения золота «Човдар», началась в 2012 г. Золотые прииски Човдар и Гедабегского района наносят, значительный вред долине и загрязняют непосредственно саму воду рек Гянджачай, Дзегамчай и Шамкирчай, тем самым влияя и осложняя экологическую ситуацию.



Расположение полезных ископаемых (золотоносных, железо-рудных, мраморных рудников) на северо-восточном склоне Малого Кавказа.

В Гейгельском районе, с 1966 г. на руднике Чирагдере было начато производство мрамора. Производственная мощность предприятия составляет 3000м<sup>3</sup> в год. Выработка и производство мрамора загрязняют реку Гянджачай мелкие частицы мрамора, смешиваясь с водой, меняют ее цвет. Изменения экосистемы северо-восточного склона Малого Кавказа с высотой оказывает влияние и на характер антропогенной трансформации. После открытой добычи, сильнее всего влияющей на антропогенную трансформацию оказывают — орошаемое земледелие, садоводство, животноводство, многочисленные гышлагы, яйлагы, дорожно-коммуникационные системы. На эко-состояние в предгорных зонах и наклонных равнинах богарного земледелия, влияют отгонное животноводство, дорожно-коммуникационные системы и рекреация. [3,4].

На северо-восточном склоне Малого Кавказа от 1700-1800 м до 3000-3200 м, распространены яйлагы (для летнего выпаса скота). В последнее

десятилетие на эти территории резко увеличилась антропогенная нагрузка. Территории используют для выращивания картофеля, табака и др. культур. На землях, где пасутся крупно и мелкорогатый скот, нарушается травяной покров, вытаптывается почва, усиливаются процессы эрозии и деградации природных комплексов. Немаловажное значение имеет то, что яйлаги Кялбяджара, Лачина, Зянгилана, Шуши и др. долгие годы были оккупированы и нещадно эксплуатировались. В результате исследований выявлено, что на северо-восточном склоне Малого Кавказа, из-за чрезмерного выпаса скота, «коровьи тропы» увеличили процессы эрозии-оврагообразования. На высоте 2500 м на горно-луговых ландшафтах Шамкира и Гейгеля развиты молодые овраги. Многочисленные «коровьи тропы» образованы на высоте 2600 м в Хошбулаге, Гялингае, Кюракчае. Непригодными стали субальпийские луга Гедабейского, Дашкесанского районов. Леса на северо-восточном склоне Малого Кавказа двух типов: горные леса и равнинные леса, которые издревле подвергались вырубке. Площадь лесов в бассейне реки Агстафачай составляет 0,35 км<sup>2</sup>, в бассейне реки Гянджа — 101 км<sup>2</sup>, в бассейне реки Товуз — 78 км<sup>2</sup>. Исследования показали, что образование оползней в данном районе связано большей частью с деятельностью населения, а не природными факторами [3,4].

Формирование селей в исследуемом районе обусловлено сочетанием геологических, климатических и геоморфологических условий. Полноводные реки на северо-восточном склоне Малого Кавказа Гянджа-Газахской наклонной равнины Гянджачай, Гошкарчай, Шамкирчай, Тавузчай и др. делятся на многочисленные рукава и снабжают водой всю зону. Высокие терриконы также увеличивают интенсивность выветривания, что также служит обильному питанию селей твердыми материалами [6]. На исследуемой территории возникновение селевых процессов обуславливается сложностью орографии, гидрографии, выпадением атмосферных осадков и геологического строения территории. Увлажнение пород на склонах увеличивает массу и соответственно гравитационную силу, что приводит к изменению до пластичности грунтов. При ливневых осадках лишь незначительная часть влаги инфильтруется, а большая часть стекает со склона, не впитавшись в грунт. Все это требует прогнозов и оценок последствий тех или иных опасных разрушительных процессов.

В заключение можно отметить, что промышленные предприятия, оказывают серьезное влияние как на формирование развитие современных антропогенных форм рельефа до качества воды этих рек. Основными источниками загрязнения поверхностных вод на северо-восточном склоне Малого Кавказа являются неочищенные сточные воды крупных городов и небольших населенных пунктов, они влияют на качество воды. В ходе исследований отмечено, что неконтролируемый сброс твердых отходов в

реки приводит к частичному захламлению самого русла, созданию многочисленных неконтролируемых свалок расположенных на берегах рек, а также приводит к серьезному ухудшению качества воды. Мелкие предприятия пищевой промышленности, расположенные в городах Товуз и Газах, также отрицательно влияют на морфологию и воды рек Товузчай и Агстафачай. То же самое можно сказать и о предприятиях легкой промышленности, расположенных в Шамкирчайском бассейне. 8 июля 2022 г. утвержден генеральный план развития города Дашкесана до 2038 г. [7].

### Библиографические ссылки

1. *Лихачева Э. А., Тимофеев Д. А.* Общие теоретические представления // Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология). М.: Медиа-Пресс. 2002. С. 12–82.
2. *Ализаде Э. К., Мамиева С. А.* Морфотектоническая раздробленность рельефа – как индикатор морфотектонической напряженности (на примере северо-восточного склона Малого Кавказа). // Иркутск. 2007. ВС.165-166
3. *Мамиева С. А.* Оценка экогеоморфосистем северо-восточного склона Малого Кавказа (на основе материалов дешифрирования КС) Дис. 165 с. Баку 2014.
4. *Tarikhazer S. A.* Assessment of ecological strength and risk of geosystems of the north-eastern slope of the Great Caucasus (within Azerbaijan) // Вестник Хар.Нац.Ун-та им. В. Н.Каразина. Серия «Геология. География. Экология», 2022, вып. 56. С. 266-276 <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-20>.
5. *Мамедов С. Г., Тарихазер С. А.* - Применение количественных методов для оценки оползневой восприимчивости бассейна реки Гирдыманчай // Известия Тульского ГУ, вып. 1, 2023. С. 38-66.
6. *Алекперова С. О., Мамиева С. А.* Влияние селей на территориальную организацию хозяйств в населенных пунктах бассейнов горных рек (на примере междуречья Дзегамчай – Гянджачай в азербайджанской части Малого Кавказа) // Научный журнал «Вопросы географии и геоэкологии», № 1, Алматы, Казахстан. 2022. С. 37-46, DOI: 10.55764/2957-9856/2022-1-37-45.05, ISSN 2957-9856.
7. Постановление Кабмина, утвержден «Генеральный план города Дашкесан» по развитию города Дашкесан на период до 2038 года.



УДК 378.147.31+378.147.88

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ И ИННОВАЦИОННЫХ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ  
ДИСЦИПЛИНЫ «АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
В ГЕОЭКОЛОГИИ»**

**Е. Е. Минченко, Л. В. Тарасова**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [minchenokee@bsu.by](mailto:minchenokee@bsu.by)*

В работе дана краткая характеристика традиционных и инновационных образовательных технологий. Показаны преимущества традиционного подхода в изложении, как теоретического материала (лекций), так и лабораторного занятий. Приведены предварительные результаты использования ряда инновационных технологий при изучении дисциплины «Аналитические методы в геоэкологии». Показано, что использование современных технологий в образовательном процессе повышает уровень усвоения профессиональных компетенций обучающимися.

**Ключевые слова:** образовательная технология; традиционное обучение; инновационный подход; профессиональные компетенции.

**USE OF TRADITIONAL AND INNOVATIVE EDUCATIONAL  
TECHNOLOGIES IN STUDYING THE DISCIPLINE  
«ANALYTICAL METHODS IN GEOECOLOGY»**

**E. E. Minchenok, L. V. Tarasova**

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4,  
220030, Minsk, Belarus, [minchenokee@bsu.by](mailto:minchenokee@bsu.by)*

The paper gives a brief description of traditional and innovative imaginative technologies. The advantages of the traditional approach in the presentation both theoretical material (lectures) and laboratory studies are shown. These are preliminary results of using a number of innovative technologies in the study of the discipline "Analytical methods in geoecology". It has been shown that the use of modern technologies in the educational process increases the awareness of professional competencies of students.

**Keywords:** educational technology; traditional training; innovative approach; professional competencies.

Учебный процесс в высшей школе с учетом требований современного общества подвергается изменениям: появляются новые технологии, методы и приемы. В настоящее время разработан обширный спектр

современных образовательных технологий, которые успешно применяются в образовательном процессе [1, 2].

Согласно учебному плану специальности 1-33 01 02 Геоэкология дисциплина «Аналитические методы в геоэкологии» относится к циклу специальных дисциплин государственного компонента. Главной целью дисциплины является формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в области организации геоэкологических исследований с использованием аналитических методов для оценки качества окружающей среды и решения задач прикладной геоэкологии.

Дисциплина «Аналитические методы в геоэкологии» состоит из теоретического блока (курса лекций) и практической компоненты (лабораторного практикума). Теоретическая часть дисциплины включает обзор методов качественного, количественного анализа, а также изучение инструментальных методов анализа и контроля окружающей среды. Лабораторные занятия направлены на практическое освоение профессиональных компетенций в данной области. Лабораторные работы в рамках дисциплины «Аналитические методы в геоэкологии» способствуют развитию практических умений по обращению с приборами, развивают наблюдательность и способность логически рассуждать и проводить анализ (оценку) результатов, повышают интерес к исследовательской работе.

Процесс преподавания дисциплины «Аналитические методы в геоэкологии» осуществляется как с использованием традиционных, так и инновационных образовательных технологий.

Каково содержание понятия «образовательные технологии» в современной педагогике? Образовательные технологии — это система деятельности преподавателя и обучающегося (студента) в образовательном процессе, построенная на конкретной идее. Постановка дидактических задач, способ их реализации и оценка полученных результатов зависит от выбранной преподавателем технологии обучения [3, с. 101].

Под традиционным обучением принято понимать такой вид обучения, который направлен преподавателем на передачу знаний обучающимся в подготовленной форме, предназначенных для усвоения воспроизводящего типа. Преподаватель в данной модели — главной действующее лицо в учебном процессе. Концепция традиционализма образовательной системы преимущественно решает задачу формирования базовых знаний, умений и навыков, позволяющих обучающемуся перейти к самостоятельному усвоению знаний, ценностей и умений более высокого ранга по сравнению к освоенным [4].

Характер проведения лекционных занятий по дисциплине «Аналитические методы в геоэкологии» в целом можно отнести к традиционной технологии обучения. Т. е. преподаватель в речевой форме

излагает теоретический материал, стремясь активизировать различными формами и средствами его восприятие студентами. Традиционная форма подачи лекционного материала сопровождается визуализацией, т.е. представлением наглядного материала в виде презентации. Структурированное изложение материала, акцентирование внимания студентов на основных понятиях и закрепление теоретических знаний в виде устного опроса в конце занятий способствует эффективному усвоению той или иной темы.

В качестве примера можно привести несколько слайдов презентации к лекции «Общая характеристика методов анализа объектов окружающей среды». На рис. 1 приведено определение понятия «аналитический цикл» и его схематическое представление, а на рис. 2 – вопросы для самоконтроля к этой лекции.



Рис. 1. Обобщенная схема аналитического цикла

- ### Вопросы для самопроверки
- Для каких целей используются аналитические методы в геоэкологии?
  - Перечислите объекты аналитического контроля в геоэкологии.
  - Что такое аналитический контроль?
  - Понятие «аналитический цикл». Примеры.
  - Какова последовательность реализации аналитической задачи?
  - Как осуществляется отбор и подготовка проб к анализу?
  - Перечислите и охарактеризуйте виды проб.
  - Назовите оборудование, используемое для отбора проб воды, воздуха и почвы.
  - Что такое аналитический сигнал?
  - Как производится обработка результатов анализа?

Рис. 2. Вопросы для самопроверки лекции

Наглядное представление понятия «аналитический цикл» в виде блок-схемы (рис. 1) усиливает его усвоение. Устный опрос в конце лекции по вопросам (рис. 2) подтверждает эффективность визуализированного подхода.

Таким образом, способ подачи и усвоения материала посредством лекции-визуализации учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания дисциплины «Аналитические методы в геоэкологии».

Цикл лабораторных работ дисциплины направлен на приобретение студентами профессиональных знаний, умений и навыков в области аналитического контроля природных вод — источников хозяйственно-

питьевого и культурно-бытового назначения. Традиционная форма обучения здесь является обязательной. Студент должен научиться базовым навыкам работы в аналитической лаборатории: пользование лабораторной посудой, приготовление навесок и растворов заданной концентрации, эксплуатация лабораторного оборудования и т. п.

Однако современные инновационные технологии активно реализуются и при проведении лабораторных занятий.

Метод развития критического мышления представляет собой систему, формирующую навыки работы студентов с информацией по конкретной теме. Студент в процессе изучения информации идентифицирует свою собственную позицию, оценивает доводы и доказательства утверждений, проверяет основания и допущения, исследует альтернативные методы решения поставленной задачи. Данный метод вполне реализуем в рамках проведения лабораторных занятий.

Метод «Работа в малых группах» представляет собой творческую работу на лабораторных занятиях, направленную на усвоение учебного материала или выполнение поставленного задания, разделение на малые группы с целью активизации обучающихся [5]. Данный метод наиболее удобен и результативен в условиях учебной лаборатории геоэкологических исследований. Групповая работа инициирует взаимную ответственность и сотрудничество студентов, что положительно сказывается на результатах работы. В малой группе после получения задания от преподавателя обязанности оперативно распределяются: выявляется лидер группы и назначаются роли (студент, выполняющий анализ; студент, фиксирующий результаты и т. п.).

Например, при проведении лабораторной работы по определению содержания жесткости и состава катионов/анионов воды преподаватель предлагает нескольким малым группам провести анализ проб природного водоема, водопроводного крана, бутилированной воды. Результаты работы активно обсуждаются между группами. При использовании этого метода студенты учатся ценить разные точки зрения. Использование такого метода активизирует исследовательскую работу обучающихся.

Таким образом, применение как традиционных, так и инновационных методов при проведении лекционных и лабораторных занятий по данной дисциплине повышает результативность овладения студентами профессиональных компетенций по специальности 1-33 01 02 Геоэкология.

## Библиографические ссылки

1. Технологии обучения: методические рекомендации для организации учебных занятий на географическом факультете [Электронный ресурс] / сост. Л. М. Харитоновна. Минск: БГУ, 2013. 44 с. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/186617> (дата обращения: 14.02.2024).

2. Коваль Т. А., Равленко Л. И. Формирование профессиональных компетенций у студентов биологического факультета при изучении дисциплины «Основы химического синтеза» [Электронный ресурс] / Методика преподавания химических и экологических дисциплин : сборник научных статей VIII Международной научно-методической конференции, Брест, 26–27 ноября 2015 г. // Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра инженерной экологии и химии, Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина, Кафедра химии ; редкол.: А. А. Волчек [и др.]. Брест : БрГТУ, 2015. С.70-72.

3. Бордовская Н. В. Педагогика : учебник для вузов / Н. В. Бордовская, А. А. Реан. СПб: Питер, 2006. 306 с.

4. Якса Н. В. Современные педагогические модели поликультурного образования / Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия «Проблемы педагогики средней и высшей школы». Т. 26 (65). 2013. № 1. С. 15-28.

5. Сапаева Г. И. Методика обучения аналитической химии с использованием интерактивных методов студентам вузов [Электронный ресурс] // Innovation: The Journal of Social Sciences and Researches. 2023. V.1. № 5. С. 39-47. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-obucheniya-analiticheskoy-himii-s-ispolzovaniem-interaktivnyh-metodov-studentam-vuzov> (дата обращения: 14.02.2024).

УДК 502.5: 504.055: 504.3

## АНАЛИЗ СРЕДООБРАЗУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ И ЭЛЕМЕНТОВ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА В СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ

**К. В. Мячина, С. А. Дубровская, Р. В. Ряхов, А. Н. Щавелев**

*Институт степи УрО РАН ОФИЦ УрО РАН  
ул. Пионерская, 11, 460000, г. Оренбург, Россия, [mavicsen@list.ru](mailto:mavicsen@list.ru)*

Цель исследования — выявить динамику некоторых средообразующих параметров геосистем Волго-Уральского степного региона. Замерялись температура воздуха и почвы, относительная влажность воздуха и почвы. На основе регрессионного моделирования выявлялись закономерности формирования способности к улавливанию чистого углерода растительным покровом эталонного степного участка. Показано, что в зонах с техногенным воздействием (нефтедобыча) наблюдаются изменения оцениваемых средообразующих параметров.

**Ключевые слова:** природно-техногенная геосистема нефтяного месторождения; средообразующие параметры; поглощение углерода; Волго-Уральский степной регион.

## ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS AND COMPONENTS OF CARBON BALANCE IN STEPPE LANDSCAPE

**K.V. Myachina, S.A. Dubrovskaya, R.V. Ryakhov, A.N. Shchavelev**

*Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
Pionerskaya str., 11, 46000, Orenburg, Russia, [mavicsen@list.ru](mailto:mavicsen@list.ru)*

The aim of the study is to identify the dynamics of some environmental parameters of geosystems of the Volga-Ural steppe region. Instrumental measurements of air and soil temperature, relative humidity of air and soil. On the basis of regression modeling, patterns of formation of the ability to capture pure carbon by the vegetation cover of the reference steppe area were revealed. It is shown that changes of the estimated environmental parameters are observed in areas with anthropogenic impact.

**Keywords:** natural and man-made geosystem of an oil field; environmental parameters; carbon uptake; Volga-Ural steppe region.

В российских степных регионах разрабатывается более 500 нефтегазовых месторождений, что определяет масштабность техногенных преобразований исходных геосистем с формированием природно-техногенных геосистем нефтегазовых месторождений. Трансформация вещественно-энергетических приводит к изменениям характеристик, в том числе тех,

которые призваны обеспечивать одну из ключевых геосистемных функций — средообразующую [1, 2]. Согласно классификации услуг наземных экосистем России, к элементарным средообразующим параметрам, в числе прочих, относят температуру и влажность воздуха и почвы и сбалансированные потоки парниковых газов [3]. Задачи данного исследования — получить количественные характеристики и выявить динамику указанных средообразующих параметров в природно-техногенной и исходной геосистемах.

Исследовались пять пар ключевых участков «природно-техногенная геосистема — эталон», где так называемый эталон — участок без техногенного воздействия за пределами инфраструктуры нефтепромысла, характеризующийся однородной формой рельефа и демонстрирующий условия исходного ландшафта. Описание ключевых участков приведено в таблице.

#### Описание ключевых участков исследования

Тип геосистемы	Шифр ключевого участка (КУ)	Описание геосистемы
Природно-техногенная геосистема скважины	КУ1ПТ	Формируется нефтедобывающей электрической скважиной нефтегазоконденсатного месторождения и сопутствующей инфраструктурой – трансформаторной подстанцией. Расположена на пологом склоне (уклон 2°) водораздела в границах пашни; почвы – чернозем южный террасовый.
Эталонная степная геосистема	КУ1Э	Находится на пологом склоне (уклон 2,5-3°) водораздела в границах залежной степи с умеренным выпасом, в 500 м от КУ1ПТ; почвы – чернозем южный террасовый.
Природно-техногенная геосистема скважины	КУ2ПТ	Формируется нефтедобывающей электрической скважиной нефтегазового месторождения и сопутствующей инфраструктурой – трансформаторной подстанцией. Расположена на крутом склоне (уклон 10-15°); почвы – чернозем обыкновенный карбонатный неполноразвитый тяжелосуглинистый.
Эталонная степная геосистема	КУ2Э	Находится в 110 м в южном направлении от КУ2ПТ, на крутом склоне (уклон 10-15°) в пределах ландшафтно-экологического памятника природы Кувайская степь (сохранившийся участок естественной степи); почвы – чернозем обыкновенный карбонатный неполноразвитый тяжелосуглинистый.

Природно-техногенная геосистема скважины	КУЗПТ	Формируется нефтедобывающей электрической скважиной нефтегазового месторождения и сопутствующей инфраструктурой – трансформаторной подстанцией. Расположена на пологом склоне (уклон 1-2°) водораздела; почвы – черноземы обыкновенные карбонатные тяжелосуглинистые.
Эталонная степная геосистема	КУЗЭ	Находится в 200 м от КУЗПТ, на пологом склоне (уклон 1-2°) водораздела в границах залежной степи; почвы – черноземы обыкновенные карбонатные тяжелосуглинистые.
Природно-техногенная геосистема скважины	КУ4ПТ	Формируется нефтедобывающей электрической скважиной нефтегазового месторождения и сопутствующей инфраструктурой – трансформаторной подстанцией. Расположена на равнинной части водораздела; почвы – чернозем южный маломощный среднесуглинистый.
Эталонная степная геосистема	КУ4Э	Находится в 1 км от КУ4ПТ, на равнинной части водораздела в границах пастбища с умеренным выпасом; почвы – чернозем южный маломощный среднесуглинистый.
Природно-техногенная геосистема дожимной компрессорной станции	КУ5ПТ	Формируется комплексом объектов дожимной компрессорной станции нефтегазоконденсатного месторождения. Расположена на равнинной части водораздела; почвы – черноземы южные тяжелосуглинистые.
Эталонная степная геосистема	КУ5Э	Находится в 790 м на северо-западе от дожимной компрессорной станции нефтегазоконденсатного месторождения. Расположен на равнинной части водораздела в границах маловозрастной степной залежи; почвы – черноземы южные тяжелосуглинистые.

С помощью инструментальных замеров фиксировались следующие параметры: температура воздуха на высоте 2 м, температура почвы на глубине 10 см, относительная влажность воздуха на высоте 2 м, относительная влажность почвы на глубине 10 см. Обследования природно-техногенных и парных им эталонных геосистем проводились в одно и то же время суток. Выбирались произвольные площадки размером 2х2 м., каждый инструментальный замер выполнялся в пяти точках («метод конверта»), после чего высчитывалось среднее значение анализируемого параметра. Дополнительно, на основе продуктов MOD17A3 [4], для эталонного участка в пределах сохранившейся естественной степи в южной части Оренбургской области рассчитан показатель поглощения чистого углерода



растительностью за период с 2000 по 2020 гг. С помощью регрессионного моделирования выявлены математические закономерности формирования способности к поглощению чистого углерода растительным покровом в зависимости от локальных природно-климатических условий участка. Для получения входных переменных математической функции собирались климато-метеорологические характеристики с ближайшей метеостанции.

*Результаты полевых измерений.* Несмотря на ограниченное количество замеров, по их результатам прослеживаются определенные закономерности: на ключевых участках природно-техногенных геосистем в трех случаях из пяти наблюдается пониженная относительно эталонов влажность воздуха: разница в показателях находится в диапазоне от 4,5 до 12 %; — на ключевых участках техногенных геосистем наблюдается повышенная относительно эталонов температура почвы: разница температур колеблется в диапазоне от 0,14 до 3,8 градусов; — на ключевых участках техногенных геосистем наблюдается пониженная относительно эталонов влажность почвы: разница в показателях колеблется в диапазоне от 1,2 до 6 %. Не прослеживаются явных закономерностей в изменении температуры воздуха на участках с техногенным воздействием относительно эталонов. На участках КУ1ПТ — КУ1Э влажность воздуха и температура почвы не подчиняются закономерностям, замеченным на остальных парах участков. Несоответствие, видимо, связано с расположением ключевого участка КУ1 в границах распаханного поля: состояние растительного покрова является одним из факторов, провоцирующих изменения температуры и влажности воздуха и почвы, наряду с непосредственным воздействием техногенных объектов (горение факельной установки по сжиганию газовых смесей, работа трансформаторных подстанций, систематическое движение техники и пр.) [5, 6].

*Результаты анализа спутниковых данных.* Для эталонного степного участка расчетные показатели поглощения чистого углерода составили от 0,5 до 1,5 кгС/м<sup>2</sup>/год. Функциональная зависимость показателя поглощения чистого углерода от климато-метеорологических характеристик выглядит следующим образом:

$$NPP^c_t = \frac{0,086}{(0,03)} T_{sr_t} - \frac{0,063}{(0,03)} T_{sr_{t-1}}$$

где  $NPP^c_t$  - показатель чистой первичной продуктивности в году  $t$  (кг/м<sup>2</sup>);  $T_{sr_t}$  - среднегодовая температура воздуха (°С) в году  $t$  и году  $t-1$ .

Регрессионная модель зависимости показателя поглощения чистого углерода от климато-метеорологических характеристик включает лишь два метеопараметра, демонстрируя стабильность депонирующих свойств степного растительного покрова. В случае нарушенного в ходе

техногенного воздействия растительного покрова ожидается видоизменение и усложнение модели, сопровождающееся снижением показателя поглощения чистого углерода.

Совокупность результатов полевых и дистанционных исследований указывает на изменения характеристик средообразующих параметров степных геосистем Волго-Уральского региона при формировании природно-техногенных геосистем нефтяных месторождений. Новые характеристики средообразующих параметров, встроившись в схему прямых и обратных связей в природно-техногенной геосистеме, могут вызывать следующую цепочку последствий, изменяя роль исходных геосистем в сохранении глобального биоразнообразия и поддержании биосферной регуляции.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ (грант №23-27-00193, №ГР 123012000040-7)

### Библиографические ссылки

1. Тишков А. А. Биосферные функции и экосистемные услуги ландшафтов степной зоны России // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16. № 1(41). С. 5–15.
2. Тишков А. А. Биогеографические последствия природных и антропогенных изменений климата // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131. № 4. С. 356–366.
3. Экосистемные услуги России : Прототип национального доклада. Услуги наземных экосистем. Т. 1. / Ред.-сост. : Е. Н. Букварёва, Д. Г. Замолотчиков. М. : Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. 148 с.
4. Running S., Mu Q. University of Montana, Maosheng Zhao – University of Maryland and MODAPS SIPS – NASA. MOD17A3 MODIS/Terra Gross Primary Productivity Yearly L4 Global 1km SIN Grid. NASA LP DAAC. 2015.
5. Özkan U., Gökbulak F. Effect of vegetation change from forest to herbaceous vegetation cover on soil moisture and temperature regimes and soil water chemistry // Catena. 2017. Vol. 149. P. 158–166.
6. Sandholt I., Rasmussen K., Andersen J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status // Remote Sensing of environment. 2002. Vol. 79. No 2-3. P. 213–224.

УДК 504.4.054 (476)

## ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ, ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И СОСТОЯНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГЕОТЕХСИСТЕМ НА ТЕРРИТОРИИ г. МИНСКА

**Е. П. Овчарова**

*Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Ф. Скорины, 10  
220076, г. Минск, Беларусь, [geosystem1@rambler.ru](mailto:geosystem1@rambler.ru)*

Показано, что структура водохозяйственных геотехсистем Минска в период 1950–1990-х гг. изменялась в сторону уменьшения количества водотоков и увеличения числа крупных водоемов, с 2000-х гг. — в сторону увеличения количества малых водоемов. Общая площадь водного зеркала за этот период увеличилась с 3,3 до 8,3 км<sup>2</sup>. Доля территорий, которые из-за антропогенной трансформации изменили принадлежность от водосбора одного водотока к водосбору другого водотока в пределах Минска составила 17,9 % (59,3 км<sup>2</sup>).

**Ключевые слова:** водохозяйственная геотехсистема; урбанизованная территория; трансформация водосбора; гидрохимическое состояние водотока.

## DYNAMICS OF STRUCTURE, SPATIAL ORGANIZATION AND CONDITION OF GEOTECHNICAL WATER SYSTEMS ON THE TERRITORY OF MINSK

**A. P. Aucharova**

*Institute for Nature Management NAS of Belarus, F. Skoriny Str., 10  
220076, Minsk, Belarus, [geosystem1@rambler.ru](mailto:geosystem1@rambler.ru)*

It is shown that the structure of geotechnical water system in Minsk in the period 1950–1990s changed towards decreasing the number of rivers and increasing the number of large reservoirs. Since the 2000s – towards increasing the number of small reservoirs. The total area of the water surface during this period increased from 3.3 to 8.3 km<sup>2</sup>. The territories part that, due to anthropogenic transformation, changed their ownership from the one river catchment to another river catchment within Minsk was 17.9% (59.3 km<sup>2</sup>).

**Keywords:** geotechnical water system; urban area; catchment transformation; hydrochemical state of a waterbody.

При рассмотрении водохозяйственных геотехсистем (ГТС) в условиях города в исторической ретроспективе прослеживается закономерность уменьшения роли водномелиоративных, воднотранспортных, рыбохозяйственных и гидроэнергетических ГТС и увеличения роли ГТС комплексного назначения, промышленного и коммунального

водоснабжения/водоотведения. В условиях города наряду с задачами по обеспечению населения ландшафтно-рекреационными территориями (в том числе с водными объектами в их составе), стоят задачи по отведению различных видов сточных вод: коммунально-бытовых, технических, дождевых и талых. Такая ситуация приводит к необходимости соблюдения баланса между природной и технической частями водохозяйственных ГТС (соизмеримости антропогенной нагрузки со способностью к самоочищению водотоков и водоемов).

За последние 100 лет структура водных объектов г. Минска существенно изменилась. Если ранее около 76 % водопокрытой площади было занято реками и русловыми водоемами, на отдельные водоемы приходилось 10% площади, на каналы и открытые коллекторы — 7 %, на мелиоративные системы и ручьи — соответственно 4 и 3 %, то в настоящее время на реки и русловые водоемы приходится 72%, на отдельные водоемы — 21 %, на каналы и открытые коллекторы (включая Слепянскую водную систему) — около 7 % [1].

Анализ динамики и пространственной организации водохозяйственных ГТС г. Минска показал, что на территории города наибольшей трансформации естественные водные объекты подверглись в 1968–1976 гг. при строительстве Вилейско-Минской водной системы, когда были построены ряд водохранилищ (Чижовское, Дрозды, Комсомольское озеро и др.) и водообмен Свислочи увеличился в пять раз. Площадь, занимаемая водохозяйственными ГТС, увеличилась примерно на 4 км<sup>2</sup>. В 1960–1980 гг. начато строительство магистральных коллекторов дождевой канализации (Центр, Запад, Комаровский, Слепянка, Дrajня) и пруда-регулятора Дrajня.

Следующее существенное увеличение площади водохозяйственных ГТС (примерно на 1,1 км<sup>2</sup>) произошло в 1982–1985 гг. при строительстве Слепянской водной системы и вдхр Цна и Лошица. При этом произошло сокращение водотоков в естественном состоянии, исчезли водотоки р. Дrajня, р. Немига, р. Переспа, ручьи Грушевский, Серебрянский и др. (площадь зеркала водотоков сократилась с на 1,54 км<sup>2</sup>). Площадь водосборов таких водотоков составила 60,8 км<sup>2</sup> (около 20 % от площади города в современных границах). В 1984 г. создан заказник республиканского значения «Лебяжий» (с площадью зеркала пруда 0,15 км<sup>2</sup>). К началу 1990-х гг. закончилось строительство магистральных коллекторов дождевой канализации, начатое в 1960–1980 гг., построен коллектор Юго-Запад.

С 2000-х гг. и по настоящее время увеличение водохозяйственных ГТС обусловлено включением в состав города пригородных территорий с водными объектами, которые представляют собой, главным образом, небольшие карьерные водоемы, сформированные в местах добычи населением торфа, глины или песка. Самые крупные водохозяйственные ГТС Минска приурочены к водно-зеленому диаметру, Слепянской водной

системе и экологическому коридору 2 порядка (р. Лошица и р. Мышка). В периферийных частях города они представлены небольшими водоемами (в 90 % случаев технически зарегулированными), а также техническими водоемами, предназначенными для сбора и очистки поверхностного стока с городской территории. В это период проведена очистка реки Свислочи (2003–2012 гг.), построен магистральный коллектор дождевой канализации Немига (2014 г.), проведена реконструкция коллектора Центр (2010–2011 гг.), построены и реконструированы около 20 очистных сооружений для очистки поверхностного стока (в том числе для новых микрорайонов «Красный Бор» и «Сухарево», «Минск-Мир» и др.), обустроены парковые пруды на базе остатков водотоков (пруды в парке Павлова, парке Студенческий и т.п.) и возле подземных источников питьевой воды (питьевых фонтанов) (пруды в сквере по ул. Волоха, на проспекте Победителей, 82, в парке им. 60-летия Октября, на пересечении улиц Лещинского и Матусевича и т.п.).

Таким образом структура водооходящих ГТС Минска в период 1950–1990-х гг. изменялась в сторону уменьшения количества водотоков и увеличения числа крупных водоемов, с 2000-х годов — в сторону увеличения количества малых водоемов (остаточных, прудов-копаней и очистных сооружений для поверхностного стока).

В настоящее время структура водных объектов Минска представлена: водотоки (площадь сократилась с 3,3 км<sup>2</sup> до 1,8 км<sup>2</sup>); системообразующие водоемы (Дрозды, пруд Лебяжий, Комсомольское озеро, водоем ТЭЦ-2, Чижовское вдхр., вдхр. Цна и Лошица — 5,97 км<sup>2</sup>); Слепянская водная система (0,23 км<sup>2</sup> без вдхр. Цна), малые водоемы (остаточные от пересохших рек и ручьев — 0,1 км<sup>2</sup> и бывшие копани и/или искусственно созданные — 0,2 км<sup>2</sup>). Общая площадь водного зеркала — 8,3 км<sup>2</sup>. Доля малых водоемов (по площади водного зеркала) составляет 8 % от общей площади под водоемами.

Существующая на территории г. Минска коллекторная сеть дождевой канализации (в той или иной мере наследующая водосборы естественной речной сети) существенно трансформировала структуру водосбора. На территории Минска можно выделить 4 направления трансформации [2]:

1. Полное исчезновение водотока, функцию по отводу поверхностного стока с водосбора осуществляет коллекторная сеть. Это такие водотоки как Грушевский, Дививелка, Дrajня, Крупица, Серебрянка, Переспа, Немига. Доля площади таких водосборов составляет 18,4 %.

2. Фрагментация локальных водосборов за счет мелких коллекторов дождевой канализации с самостоятельными выпусками в водоток (более 80 выпусков). Большинство таких выпусков приурочены к р. Свислочи в центральной части города и к р. Лошице в районах Курасовщины, Серова, Минск-Мира и Лошицы. Доля площадей водосборов таких коллекторов составляет 18,9 %.

3. Укрупнение водосборов магистральных коллекторов по сравнению с водосборами наследуемых водотоков за счет отведения стока с части водосбора другого водотока. Такая ситуация характерна для коллекторов дождевой канализации Комаровский, Запад, Немига и Дразня.

4. Уменьшение площади водосборов магистральных коллекторов относительно площади водосбора наследуемого водотока за счет фрагментации и отведения части стока другим коллектором. Такая ситуация характерна для коллекторов дождевой канализации Центр, Юго-Запад и Слепянка.

Доля территорий, которые из-за антропогенной трансформации изменили принадлежность от водосбора одного водотока к водосбору другого водотока в пределах Минска составила 17,9 % (59,3 км<sup>2</sup>).

Анализ гидрохимического состояния реки Свислочи (как основной водохозяйственной ГТС комплексного назначения) показал, что река все еще испытывает сильную антропогенную нагрузку за счет поступления в нее дождевых, хозяйственно-бытовых и производственных стоков г. Минска (таблица). Для большинства веществ выявлен рост их концентраций в воде вниз по течению реки: минерализация воды с 299,4 до 448,1 мг/дм<sup>3</sup>; хлоридов с 24,4 до 66,4 мг/дм<sup>3</sup>; сульфатов с 8,5 до 21,3 мг/дм<sup>3</sup>; нефтепродуктов с 0,034 до 0,111 мг/дм<sup>3</sup>; азота аммонийного с 0,12 до 1,38 мгN/дм<sup>3</sup>; азота нитритного с 0,014 до 0,105 мгN/дм<sup>3</sup>; азота нитратного с 0,30 до 0,69 мгN/дм<sup>3</sup>; фосфора фосфатов с 0,02 до 1,77 мгP/дм<sup>3</sup>.

Более высокие значения содержания хлоридов (примерно в 2 раза) в воде реки Свислочи фиксируются ниже выпусков коллекторов дождевой канализации, что свидетельствует о влиянии талого поверхностного стока на гидрохимическое состояние водохозяйственной ГТС. Содержание нефтепродуктов в речной воде превышает ПДК как в границах г. Минска, так и после выпуска МОСА.

Сравнение с данными периода 1990–2000-х гг. показало, что нагрузка на ГТС Свислочи снижается по всем формам азота (несмотря на фиксируемые превышения ПДК азота аммонийного и нитратного) и сульфатам.

Противоположная ситуация характерна для фосфора фосфатов и хлоридов: нагрузка по сравнению с предыдущим периодом увеличивается.

Об усилении нагрузки на реки г. Минска в последние годы свидетельствуют данные мониторинга поверхностных вод [3]. Так, в 2022 г. участки реки Свислочи ниже н.п. Королищевичи и н.п. Дрозды, а также река Лошица отнесены к водотокам с наибольшей антропогенной нагрузкой. Доля проб с превышением норматива качества воды по нефтепродуктам составила 75 % для р. Лошицы и 58 % для р. Свислочи (н.п. Королищевичи).

**Среднегодовое содержание хлоридов, сульфатов и биогенных веществ в воде  
р. Свислочи в 1970–1980-х гг., 1990–2000-х и 2010–2020-х гг.**

Гидрологический пост	1970–1980-е гг.	1990–2000-е гг.	2010–2020-е гг.
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>			
Дрозды	7,5–11,4	11,6–14,9	24,4
Подлесье	8,5–24,3	25,4–31,8	35,6
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>			
Дрозды	17,4–26,8	18,7–23,4	8,5
Подлесье	21,6–41,4	26,0–29,1	13,0
Азот аммонийный, мгN/дм <sup>3</sup>			
Дрозды	0,06–0,60	0,08–0,47	0,12
Подлесье	0,07–0,79	0,15–0,67	0,06
Азот нитритный, мгN/дм <sup>3</sup>			
Дрозды	0,007–0,078	0,002–0,021	0,014
Подлесье	0,005–0,041	0,01–0,044	0,039
Азот нитратный, мгN/дм <sup>3</sup>			
Дрозды	0,1–1,09	0,15–0,71	0,34
Подлесье	0,09–0,67	0,3–0,82	0,09
Фосфор фосфатов, мгP/дм <sup>3</sup>			
Дрозды	0,008–0,071	0,007–0,033	0,02
Подлесье	0,008–0,092	0,013–0,054	0,14

В 2022 г. участку р. Свислочи (н. п. Дрозды) присвоены 4 класс качества по гидробиологическим показателям и 2 класс качества по гидрохимическим показателям, что свидетельствует о чрезмерной антропогенной нагрузке на реку выше г. Минска и требует принятия водоохраных мер.

### Библиографические ссылки

1. Овчарова Е. П., Санец Е. П., Бокая Г. М. Малые водные объекты города Минска: гидрохимическая трансформация и эколого-рекреационная значимость // Региональная геология запада Восточно-Европейской платформы и смежных территорий: материалы II Международной научной конференции, 9–10 декабря 2020 г. Минск, 2020. С. 258–262.

2. Овчарова Е. П., Ковальчик Н. В., Алисиевич С. В. Оценка трансформации структуры естественных водосборов на территории г. Минска / Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы естествознания в науке и образовательном процессе», 23 ноября 2023 г. Минск, 2023. 5 стр.

3. Мониторинг поверхностных вод [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nsmos.by/environmental-monitoring/monitoring-poverkhnostnykh-vod> (дата обращения: 12.12.2023).

УДК 556.334 (476)

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХОЙНИКСКОГО  
РАЙОНА ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ  
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

**М. П. Оношко, В. А. Крошинский, М. А. Подружая,  
А. Н. Бурко, Н. В. Костюкевич**

*Государственное предприятие «НПЦ по геологии», ул. Купревича, 7  
220084, г. Минск, Беларусь, [onoshko\\_m44@mail.ru](mailto:onoshko_m44@mail.ru)*

Изложены материалы по изучению грунтовых и напорных подземных вод территории Хойникского района Гомельской области. Приведены данные по гидродинамическому и гидрогеохимическому состоянию этих вод в настоящее время. Полученный материал будет использован для разработки геоинформационной системы подземных вод района с целью оценки их состояния в условиях изменения климата.

**Ключевые слова:** грунтовые воды; питьевые воды; напорные воды; оценка гидродинамического режима; оценка гидрохимического режима.

**ASSESSMENT OF GROUNDWATER STATE IN KHOYNIKI  
DISTRICT OF GOMEL REGION IN THE CONDITION OF CLIMATE  
CHANGE**

**M. P. Onoshko, V. A. Kroshinsky, V. A. Podruijaya, A. N. Burko,  
N. V. Kostukevich**

*State Enterprise «SPC for geology», Kuprevicha st., 7,  
220084, Minsk, Belarus, [onoshko\\_m44@mail.ru](mailto:onoshko_m44@mail.ru)*

This article contains materials on the study of confined and unconfined groundwaters in the Khoyniki district of the Gomel region. Data on the modern hydrodynamic and hydrogeochemical state of these waters are presented. The resulting material will be used to develop a geographic information system of groundwater in this region in order to assess their state under climate change conditions.

**Keywords:** unconfined groundwater; drinking water; confined water; assessment of hydrodynamic regime; assessment of hydrochemical regime.

Территория Хойникского района расположена в пределах юго-восточной части Припятского артезианского бассейна [1, 2]. Территория района сложена мощным чехлом осадочных отложений, к которым приурочены водоносные горизонты и комплексы четвертичного и дочетвертичного возраста. Они содержат значительные запасы пресных



подземных вод. Водонасыщенные толщи представлены породами грунтового горизонта, отложениями напорных межморенных водоносных комплексов четвертичного возраста, а также образованиями палеогеновой-неогеновой и низезалегающих систем.

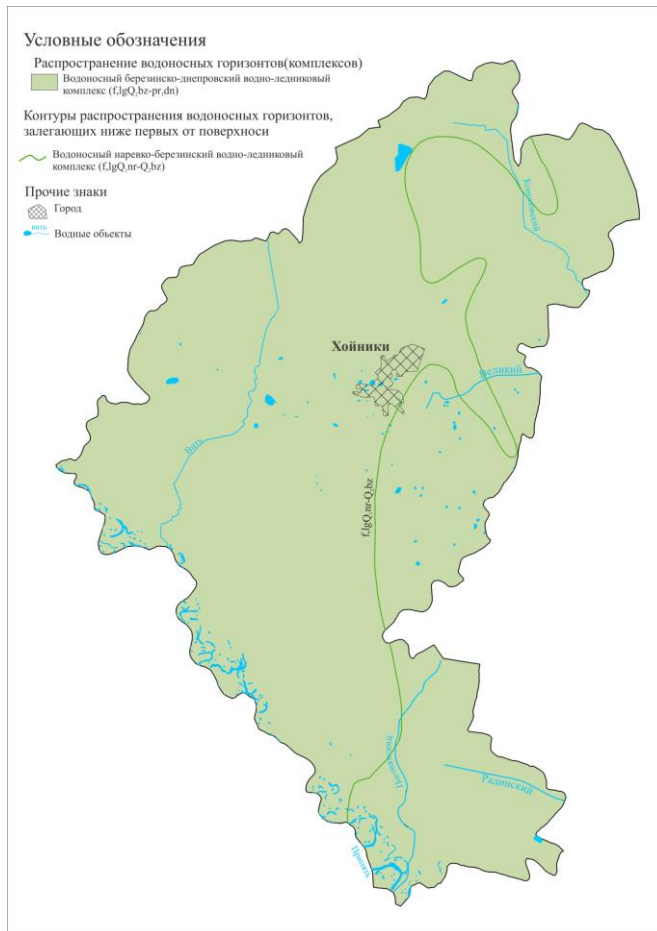
Грунтовые воды на территории Хойникского района распространены в отложениях долин рек Вить, Припяти, болотных образованиях, озерно-аллювиальных и водно-ледниковых отложениях поозерского и днепровского возраста и представлены водами современных болотных отложений ( $plQ_4sd$ ), водами современных аллювиальных отложений ( $aQ_4sd$ ), водоносным горизонтом аллювиальных отложений террас ( $aQ_3pz$ ) и водоносным комплексом озерно-аллювиальных отложений ( $laQ_3pz$ ).

Водовмещающие породы представлены песками различного гранулометрического состава, в пределах болотных массивов – торфом. Супеси и суглинки имеют подчиненное значение и встречаются в виде прослоев и линз. Питание осуществляется в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод. Воды описываемых горизонтов пресные с низкой минерализацией (0,0–0,5 г/л, реже до 1,0 г/л). По химическому составу гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатные кальциево-магниевые и смешанные, мягкие и умеренно жесткие.

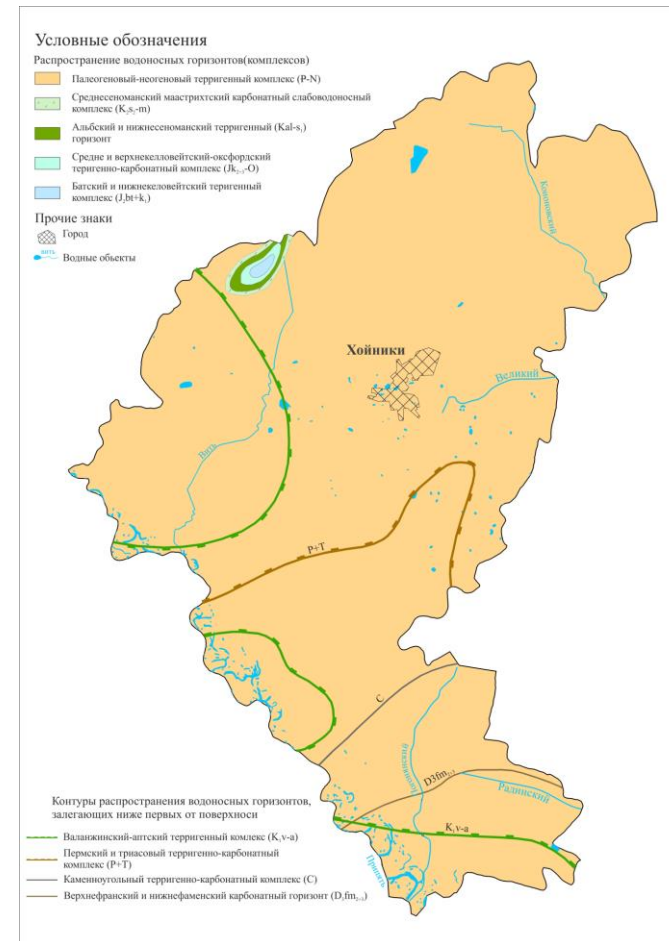
Из-за небольшой глубины залегания и отсутствия водоупорных перекрытий воды грунтового горизонта сильно подвержены влиянию поверхностного загрязнения и не могут использоваться в качестве источника централизованного водоснабжения. Безнапорные грунтовые воды эксплуатируются в сельских населенных пунктах, с помощью колодцев и неглубоких скважин.

GIS-проект гидрогеологической карты четвертичных отложений района (рисунок) свидетельствует, что наибольшее распространение на территории Хойникского района имеет напорный межморенный водоносный комплекс березинского-днепровского возраста ( $flgQ_2bz-dn$ ). Данный комплекс эксплуатируется одиночными скважинами в небольших населенных пунктах. Водовмещающие породы представлены песками различного гранулометрического состава (мелкозернистыми, тонкозернистыми, пылеватыми) с незначительным содержанием грубого материала, в толще которых встречаются небольшие по мощности линзы и прослои супесей, суглинков, глин. Мощность отложений – от 1,0-3,0 м до 20,0 м. По химическому составу воды пресные, гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатные кальциево-магниевые, мягкие, редко умеренно жесткие. Питание водоносного комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, перетекания вод из вышележащих горизонтов и разгрузки вод дочетвертичных отложений.

а



б



Гидрогеологические карты Хойникского района четвертичных (а) и дочетвертичных (б) отложений

Ниже водоносного березинского-днепровского водно-ледникового комплекса ( $f,lgQ_2bz-dn$ ) на территории района располагается *водоносный наревско-березинский водно-ледниковый комплекс* ( $f,lgQ_2nr-bz$ ). Этот горизонт распространен по всей территории района, за исключением узкой полосы вдоль восточной границы района (рисунок).

Подземные воды в дочетвертичной толще территории района приурочены к осадочным отложениям палеогена и неогена, мела, девона. Повсеместно по территории района залегает *водоносный палеогеновый-неогеновый терригенный комплекс* ( $P+N$ ), за исключением очень небольшого участка в северо-западной части на границе с Калинковичском районе (рисунок). Этот комплекс вскрыт на глубинах от 14,0 до 59,0 м, абсолютные отметки кровли изменяются от 117,2 до 59,0 м.

Водоносный палеогеновый-неогеновый терригенный комплекс напорный. Уровни подземных вод устанавливаются на глубинах 2,65–11,30 м. Величина напора составляет 30,62–39,98 м. Коэффициенты водопроницаемости изменяются от 221 до 516 м<sup>3</sup>/сутки.

По данным химических анализов подземные воды комплекса пресные, гидрокарбонатные кальциевые или кальциево-магниевые, мягкие или умеренно-жесткие. Питание комплекса происходит из вышележащих ниже-средне-четвертичных отложений, частично за счет подтока подземных вод из мергельно-меловой толщи. В настоящее время этот водоносный горизонт является основным источником централизованного водоснабжения г. Хойники.

На территории Хойникского района в дочетвертичных отложениях распространены еще несколько водоносных горизонтов нижезалегающих систем ( $K_1v-a$ ;  $P+T$ ;  $C_3$ ;  $D_3fm_{2+3}$ ), в водоснабжении района не участвующие.

Основным фактором, влияющим на формирование подземных вод и в естественных и в нарушенных условиях, является гидрометеорологический. Анализ данных показал, что по годам количество осадков по району изменяется. Среднемесячное выпадение осадков с 2014 по 2021 гг. значительно уменьшилось и составило в среднем за восемь лет 473,7 мм/год. По сравнению с предыдущими годами (период 1960-2009 гг.) отмечается снижение почти на 200 мм.

Гидродинамический режим грунтовых вод района изучался по данным уровней воды в шахтных колодцах. Их сопоставление по данным 2023 г. с данными по этим же колодцам в 1971 г. [3] показало, что за 52 года в пределах территории Хойникского района произошло снижение уровней грунтовых вод от 1,60 м (минимально) до 2,23 м (максимально). Если пределы уровней грунтовых вод в 1971 г. варьировали от 0,70 до 5,85 м, то в сентябре 2023 г. они понизились и составили 1,60–7,68 м.

Оценка качества подземных вод района проведена в соответствии с Санитарными правилами и нормами [4] и Гигиенического норматива «Показатели безопасности питьевой воды» [5]. Установлено, что качество напорных подземных вод района в основном соответствует установленным гигиеническим нормативам безопасности воды, кроме железа общего, окисляемости и жесткости воды. Во всех исследованных скважинах на водоносный палеогеновый терригенный комплекс содержание Fe общего в 1,4–15,0 раза превышает ПДК. Воды березинского-днепровского водно-ледникового комплекса (*f,lgIbr-IId*) района также пригодны для использования населением по всем показателям за исключением общего железа. Среднее содержание этого показателя по указанному комплексу в 3,0 раза выше ПДК.

Качество изученных грунтовых вод в отдельных колодцах района не соответствует установленным гигиеническим нормативам безопасности воды нецентрализованного питьевого водоснабжения населения [6]. Изучение гидрохимического режима грунтовых вод по шахтным колодцам района показало загрязнение источников нецентрализованного водоснабжения нитратами. Воды жесткие с высокой степенью окисляемости. Минерализация вод также высокая. Основной причиной загрязнения питьевых вод является хозяйственно-бытовая деятельность населения.

Наши рекомендации заключаются в отказе от использования в питьевых целях вод из шахтных колодцев с переводом населения на использование более глубоких напорных вод из скважин. Полученный материал будет использован для разработки геоинформационной системы подземных вод района с целью оценки их состояния в условиях изменения климата.

### Библиографические ссылки

1. Геология Беларуси / под ред. А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева. Мн.: ИГН НАН Беларуси, 2001. Раздел Гидрогеология. С. 635-652.
2. Кудельский А. В., Пашкевич В. И. Региональная гидрогеология и геохимия подземных вод Беларуси. Мн.: Беларуская навука, 2014.
3. Овчаренко Л. В., Базылюк Л. С., Острогорова Л. О. и др. Отчет о геолого-гидрогеологической и инженерно-геологической съемке масштаба 1:50 000 в пределах междуречья рек Днепра и Припяти / Инженерно-геологическая партия. Брагинско-Нижнеприпятский участок. 1970–1971 гг. В 6 томах. Т.1. Мн. 1971. С. 97–136.
4. СанПиН 10-124 РБ 99 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Мн., 1999.
5. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37 / Об утверждении гигиенических нормативов / Гигиенический норматив «Показатели безопасности питьевой воды». С. 187-225.
6. Санитарные правила и нормы 2.1.4.12-23-2006. Санитарная охрана и гигиенические требования к качеству воды источников нецентрализованного питьевого водоснабжения населения. Мн., 2006.

УДК 556,550.424

**ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМЫ  
РАЙОНА ОЗЕРА ЛОШАМЬЕ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК  
«СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»)**

**И. И. Подлипский, П. С. Зеленковский**

*Санкт-Петербургского государственного университета, Университетская наб.,  
д. 7/9, г. Санкт-Петербург, Россия, [primass@inbox.ru](mailto:primass@inbox.ru)*

Эколого-геохимическое исследование акватории оз. Лошамье и прилегающих территорий (национальный парк «Смоленское Поозерье») проведено для выявления поллютантов и их ассоциаций (Hg, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Sr и др.) в грунтах водосборной площади, поверхностной воде и донных отложениях озера с целью установления наличия техногенного источника и определение качественных и количественных характеристик воздействия. В работе использован комплекс методов математической обработки информации: корреляционный, факторный и кластерный анализ, а также проведено картирование водосборной площади с применением дифференцированного фона.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы; донные отложения; ртутное загрязнение; фоновые концентрации; дифференцированный фон.

**ECOLOGICAL-GEOLOGICAL ASSESSMENT  
OF THE REGIONAL SYSTEM OF THE LOSHAMYO LAKE  
(NATIONAL PARK «SMOLENSKOIE POOZERIE»)**

**I. I. Podlipsky, P.S. Zelenkovsky**

*St. Petersburg State University, St. Petersburg, Universitetskaya embankment, 7/9;  
[primass@inbox.ru](mailto:primass@inbox.ru)*

Ecological and geochemical study of the lake's water area. Loshamyie and adjacent territories (Smolensk Poozerie National Park) were carried out to identify pollutants and their associations (Hg, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Sr, etc.) in the soils of the catchment area, surface water and bottom sediments of the lake in order to establish the presence of a man-made source and determine the qualitative and quantitative characteristics of the impact. The work used a set of methods for mathematical information processing: correlation, factor and cluster analysis, and also mapped the catchment area using a differentiated background.

**Keywords:** heavy metals; bottom sediments; mercury pollution; background concentrations; differentiated background.

**Введение.** ФГУ «Национальный парк «Смоленское Поозерье» (Смоленская обл., РФ) является природоохранным, эколого-просветительским

и научно-исследовательским учреждением, территория и акватория которого включает в себя природные комплексы и объекты, имеющие особую, в том числе экологическую ценность.

Одним из участков с потенциально фоновой нагрузкой (заповедная зона), является территория водосборной площади оз. Лошамье. Несмотря на отсутствие деятельности человека на этой территории, по результатам мониторинга прошлых лет, проводимого администрацией Национального парка совместно с аттестованными лабораториями г. Смоленска, было установлено превышение предельно-допустимых концентраций (для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования) содержания ртути в приповерхностной воде озера в 2008 и в 2009 гг.

С целью установления возможных источников поступления поллютантов в «конечное депо» миграции — донные отложения, проведена геохимическая съемка территории поверхностного водосбора озера, площадь которой можно условно установить по изогипсе (200 м), а также всей системы в целом «водосборная площадь-поверхностные воды-донные отложения» оз. Лошамье.

Одним из главных аспектов эколого-геохимического исследования прилегающих территорий и акватории оз. Лошамье — это выявление поллютантов и их ассоциаций в грунтах водосборной площади, поверхностной воде и донных отложениях озера (в т.ч. такого тяжелого металла как ртуть) с целью установления наличия техногенного источника и определение качественных и количественных характеристик воздействия.

*Методика проведенных исследований.* Для эколого-геохимической оценки территории годы был проведен комплекс мероприятий. Для выявления геохимических особенностей с 2014 по 2021 гг. в акватории озера были проведены следующие виды работ: отбор проб донных отложений бентосным дночерпателем Ван-Винна и промер глубин (плотность опробования 100×100 м – всего отобрано 37 проб), а также отбор проб береговых отложений с глубины 1,5-2,0 м (через 200 м. береговой линии — отобрано 14 проб); в 2021 г. были отобраны дополнительные 30 проб донных отложений в центральной части озера [2-5].

Для определения распределения поллютантов в почвах за 2014-2021 г. на территории водосборной площади было отобрано более 100 проб верхнего почвенного горизонта для определения содержаний поллютантов и выявления закономерностей их распределения с глубиной.

Пробы были проанализированы (при помощи рентгенофлуоресцентного спектрометра) на валовое содержание тяжелых металлов и металлоидов (Hg, As, Cr, Cd, Pb, Mn, Cu, Zn, Co, Sr, Ca, Fe). Анализ содержания ртути был проведен при помощи ртутного аналитического комплекса РА-915+.

Все аналитические работы проведены в Институте наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета на кафедрах экологической геологии и геохимии. Расчеты производились с помощью пакетов программ Statistica 10.0 и Microsoft Office Excel. Построение карт и картосхем проводилась в программах CorelDraw 12, Adobe Photoshop 8.0, Surfer 9.0 и др.

*Геохимические особенности почв водосборной площади.* Было установлено, что в национальном парке вблизи оз. Лошамье преобладают подзолистые и дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы с разной степенью оподзоливания, редко встречаются болотные почвы [5].

Анализа проб почв показал, что содержания в почвах ряда металлов оказались ниже порога обнаружения прибора ( $\text{Cr}$ ,  $\text{Cu} > 20$ ;  $\text{Ni} > 10$ ;  $\text{Co}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Cd} > 5$  мг/кг), однако эти значения также ниже ПДК и фоновых значений. Значимые результаты были получены содержаниями для цинка и свинца. Согласно критериям асимметрии и эксцесса, распределение валового содержания  $\text{Zn}$  и  $\text{Pb}$  не противоречит нормальному закону. Об однородности площадного распределения тяжелых металлов и металлоидов в почвах свидетельствует значение коэффициента вариации. Он не превышает 40%, поэтому медианы действительно можно принимать за фоновые содержания химических элементов. Среднее валовое содержание исследуемых тяжелых металлов не превышает установленные ПДК/ОДК.

В целом, геохимический фон на рассматриваемой территории характеризуется низкими значениями содержаниями тяжелых металлов.

*Распределение Hg в системе «водосборная площадь — акватория озера».* Методика выявления территорий загрязнения основана на сравнении содержаниями различных соединений в природных средах с неким «средним» значением. На территории с невысоким антропогенным давлением наилучшим оценочным показателем является сравнение с медианным значением, поскольку оно слабо зависит от отдельных пиковых значений показателя, что и требуется для разделения зон на «чистые» и «подверженные воздействию».

Вблизи озера Лошамье было отобрано 98 проб верхнего почвенного горизонта (среднее 48, медиана 42 мкг/кг, коэф. вариации 114 %) и 75 проб нестратифицированных донных отложений (среднее 151, медиана 156 мкг/кг, коэф. вариации 47 %) [2, 4, 6].

Для анализа ситуации нами были использованы медианные значения, характерные для почв, и донных отложений, поскольку условия миграции и накопления в данных компонентах системы существенно различаются. В дальнейшем для донных отложений был введен единый фон (156 мкг/кг).

При статистической обработке результатов было установлено, что распределение ртути не противоречит логнормальному закону. Анализ значений коэффициентов вариации, в почвах и донных осадках озера Лошамьё, показал неравномерное распределение ртути. Это свидетельствует о наличие зон наиболее интенсивного преобладания элемента. Для наглядного выявления областей наибольшей аккумуляции ртути были рассчитаны коэффициенты концентрации элемента и построены карты распределения в соответствии с дифференцированным фоном. Карта распределения ртути вблизи озера Лошамьё представлена на рис. 1.

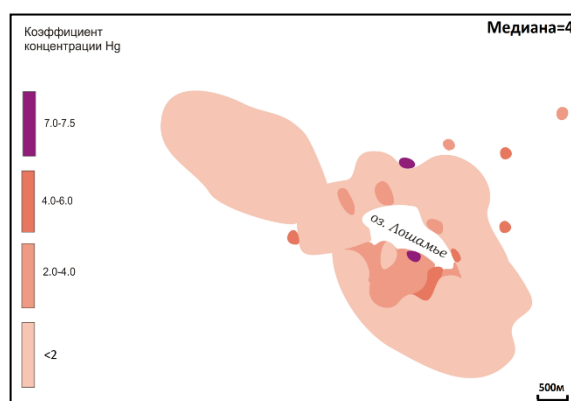


Рис. 1. Распределение Hg в почвах вблизи оз. Лошамьё

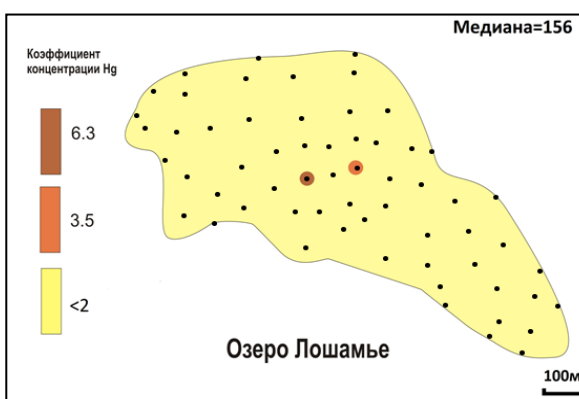


Рис. 2. Распределение Hg в донных отложениях оз. Лошамьё

Коэффициент концентрации ртути варьирует в почвах пределах от 2 до 7,7. Однако на большей части территории вокруг озера содержание ртути однородно и не превышает фон более чем в два раза. На участке южного берега оз. Лошамьё концентрация ртути выше фонового значения в 4-6 раз (6 проб). В этой же части, а также на севере исследуемой территории в единичных точках содержание Hg находится на уровне, превышающем фон более чем в 7 раз.

Коэффициент концентрации ртути в донных отложениях однороден, практически во всех пробах он меньше 2, только в двух единичных пробах есть превышения 3,5 и 6,3. Эти точки находятся в центре озера на глубине 12 метров (рис. 2).

Сравнивая распределение элемента в почвах и донных осадках, безусловно, стоит отметить большую дисперсность этого показателя в почвах. Анализируя почвенную карту, можно выделить несколько зон, которые можно назвать “потенциальными зонами загрязнения”. Центральная часть озера характеризуется повышенными значениями  $K_k$ , причем в эту зону входит несколько близко расположенных точек. Эта часть данной системы «водосборная площадь — акватория оз. Лошамьё», по все



видимости, является конечным резервуаром переноса и аккумуляции (консервации) загрязнения [6]. Однако, стоит отметить, что в целом значения содержания ртути в донных осадках значительно (в пять раз) выше аналогичного показателя для почв.

Так как не существует нормативов ПДК для донных отложений, концентрации тех или иных элементов в осадках можно сравнивать только с кларковыми содержаниями или ПДК почв. Кларк ртути в почвах составляет 0,04 мг/кг (данные отдела «Геоэкология и геохимическое картирование» ИМГРЭ). ПДК ртути в почвах составляет 2,1 мг/кг. В некоторых регионах России наблюдаются повышенные концентрации ртути по отношению к кларку почв [1]. Естественно, что в урбанизированных территориях содержание ртутит выше, чем в заповедных зонах, минимально подверженных антропогенному влиянию.

*Результаты и выводы.* 1. Проведено эколого-геохимическое исследование береговых осадков и донных отложений оз. Лошамье, по результатам которого не установлено наличия превышений ПДК каких-либо элементов, однако характер распределения и диапазон значений концентраций может свидетельствовать о наличии внешних источников загрязнения, не проявленных на данной территории в полной мере.

2. Анализ распределения содержаний элементов в донных осадках, позволил разделить их на 2 группы: 1 — Hg, As, Cr, Cd, Pb, Mn — структура которой позволяет судить о наличии источника постоянного притока в систему; 2 — Cu, Zn, Co, Sr, Ca, Fe — вероятно характеризует естественные природные особенности местных аквальных элементарных геохимических ландшафтов.

3. По результатам анализа содержания ТМ в различных фракциях удалось установить (подтвердить) факт низкой отрицательной корреляции (-0,94) концентрации и размерности частиц (накопление большинства элементов) на тонких фракциях). В связи с этим, центральная часть озера (а именно, группа близко расположенных точек отбора проб и замера глубин) с наибольшим содержанием тонкой фракции в донных отложениях, характеризуется повышенными значениями  $K_k$  большинства ТМ. Таким образом, это часть данной системы «водосборная площадь — акватория оз. Лошамье», является конечным резервуаром переноса и аккумуляции ТМ и, при определенных условиях, может рассматриваться как возможный источник вторичного загрязнения.

Таким образом, особенности распределения большинства элементов в «береговых» и донных отложениях позволяет сделать заключение о наличии невысокого и/или прошлого техногенного воздействия на территорию бассейна оз. Лошамье в части образования слабоконтрастных аномалий Cu, As, Mn, Pb и Cr. Исключением является Hg, геохимические

аномалии которой характеризуются большим градиентом, что является свидетельством наличия постоянного, но слабого источника.

Несмотря на полученные результаты по содержанию элементов в различных компонентах окружающей природной среды, в целом можно сделать заключение об олиготрофности условий и высокой чистоте воды.

### Библиографические ссылки

1. Подлипский И. И., Зеленковский П. С. Эколого-геохимическая оценка состояния системы оз. Лошамьё (НП «Смоленское Поозерье»). В сборнике: Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии. Материалы Всероссийской конференции с международным участием с элементами научной школы. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2015. С. 530-536.

2. Терехова А. В., Подлипский И. И., Зеленковский П. С., Хохряков В. Р. Разработка сети пробоотбора для комплексного эколого-геологического мониторинга территории национального парка «Смоленское Поозерье». Природа и общество: в поисках гармонии. 2016. № 2. С. 150-155.

3. Подлипский И. И., Зеленковский П. С. Методика проведения эколого-геологической оценки состояния донных отложений озера Сапшо (национальный парк «Смоленское Поозерье»). В сборнике: Школа экологической геологии и рационального недропользования – 2015. Материалы пятнадцатой межвузовской молодежной научной конференции. 2015. С. 52-57.

4. Коннонова Л. А., Подлипский И. И., Зеленковский П. С., Хохряков В. Р. Расчёт коэффициента суммарного загрязнения в почвах и донных отложениях рекреационной зоны национального парка «Смоленское Поозерье». В сборнике: Экологические проблемы недропользования. Материалы Шестнадцатой международной молодежной научной конференции. Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета; Геологический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. 2016. С. 260-262.

5. Терехова А. В., Подлипский И. И., Зеленковский П. С., Хохряков В. Р. Определение фоновых содержаний тяжелых металлов в почвах и донных осадках центральной части национального парка «Смоленское Поозерье». // В сборнике: Экологические проблемы недропользования. Материалы семнадцатой международной молодежной научной конференции. 2017. С. 67-74.

6. Podlipskiy I. I., Zelenkovskiy P. S., Dubrova S. V., Hohryakov V. R., Lebedev S. V., Izosimova O. S. and Chubarova I. M. Mercury and other heavy metals in the bottom sediments of Lake Loshamy (national park "Smolensk Lakeland"). OP Conf. Series: Earth and Environmental Science 579 (2020) 012044. DOI:10.1088/1755-1315/579/1/012044.

УДК 911

## ОСВОЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ БЕЛАРУСИ

**А. Н. Полюхович**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [nadkimar@gmail.com](mailto:nadkimar@gmail.com)*

Рассмотрена на примере участков антропогенного влияния и культурно-туристического потенциала освоенность 4 ВБУ международного значения: «Выгонощанское», «Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять», «Простырь», «Полесская долина реки Буг». Выявлены территории с наименьшей и наибольшей интенсивностью антропогенного влияния: ВБУ «Простырь» и ВБУ «Полесская долина реки Буг» соответственно. У границ ВБУ «Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять» (80) и ВБУ «Полесская долина реки Буг» (57) сконцентрировано наибольшее количество историко-культурных объектов.

**Ключевые слова:** освоенность; участки антропогенного влияния; культурно-туристический потенциал; ВБУ «Выгонощанское»; ВБУ «Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять»; ВБУ «Простырь»; ВБУ «Полесская долина реки Буг».

## BELARUS WETLANDS TERRITORY DEVELOPMENT

**A. M. Poliukhovich**

*Belarusian State University, Nezavisimosti ave., 4,  
220030, Minsk, Belarus, [nadkimar@gmail.com](mailto:nadkimar@gmail.com)*

Using the example of sites of anthropogenic influence and cultural and tourist potential, the development of 4 wetlands of international importance is considered: «Vygonoshchanskoe», «Republican Landscape Reserve «Srednaya Pripyat», «Prostyr», «Polesskaya Valley of the Bug River». The territories with the lowest and highest intensity of anthropogenic influence have been identified: wetland «Prostyr» and wetland «Polesskaya valley of the Bug River», respectively. The largest number of historical and cultural objects is concentrated near the borders of the wetland «Republican Landscape Reserve «Srednaya Pripyat» (80) and the wetland «Polesskaya Valley of the Bug River (57).

**Keywords:** development; areas of anthropogenic influence; cultural and tourist potential; wetland «Vygonoshchanskoe»; wetland «Republican Landscape Reserve «Srednaya Pripyat»; wetland «Prostyr»; wetland «Polesskaya valley of the Bug River».

При достаточно быстрых темпах развития общества особое внимание должно уделяться сохранению естественных природных территорий.

Освоенность территории служит системным показателем оценки качества окружающей среды.

Цель работы — выявить особенности распространения участков антропогенного влияния и культурно-туристического потенциала водно-болотных угодий (ВБУ) Беларуси. Это рассмотрено на примере 4 ключевых ВБУ международного значения Белорусского Полесья: ВБУ «Выгонощанское», ВБУ «Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять», ВБУ «Простырь», ВБУ «Полесская долина реки Буг». При этом использовались сравнительно-географический, картографический, геоинформационный методы и методы дистанционных исследований.

Участки антропогенного влияния были выделены путем дешифрирования спутниковых снимков [1]. Для выявления интенсивности на участках использовались данные о наличии каналов, дорог, сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов [1, 2]. Отсутствие выделяемых признаков рассматривалось как низкая интенсивность антропогенного влияния, наличие 1–2 признаков – как средняя интенсивность, более 2 признаков – как сильная интенсивность антропогенного влияния.

Для определения культурно-туристического потенциала использовались данные списка историко-культурных ценностей Республики Беларусь [3], слои «Памятники архитектуры», «Памятники Великой Отечественной войны» Публичной кадастровой карты [4], данные ресурса «Карта православных храмов Беларуси» [5]. Культурно-туристические объекты в границах и у границ ВБУ были разделены на 3 категории: памятники археологии, архитектуры, истории.

Анализ интенсивности антропогенного влияния в пределах ВБУ показал, что доля участков с низким антропогенным влиянием преобладает в пределах 4-х рассматриваемых ВБУ (рисунок 1). Наибольших значений она достигает на территории ВБУ «Простырь» (78 %). Далее идут ВБУ «Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять», ВБУ «Выгонощанское» 56 % и 52 % соответственно. Наименьшая доля участков с низкой интенсивностью антропогенного влияния наблюдается на территории ВБУ «Полесская долина реки Буг» (38 %).

Наибольшие площади участков с высокой интенсивностью антропогенного влияния характерна для упомянутого выше ВБУ и составляет 36 %. Наименьшая — 1 % на территории ВБУ «Простырь». В границах ВБУ «Выгонощанское», ВБУ «Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять» этот показатель составляет 11 % и 8 % соответственно.

Результаты картографирования культурно-туристического потенциала показали (рисунок 2), что объекты историко-культурно наследия главным образом сконцентрированы у границ ВБУ, а не на их территории.

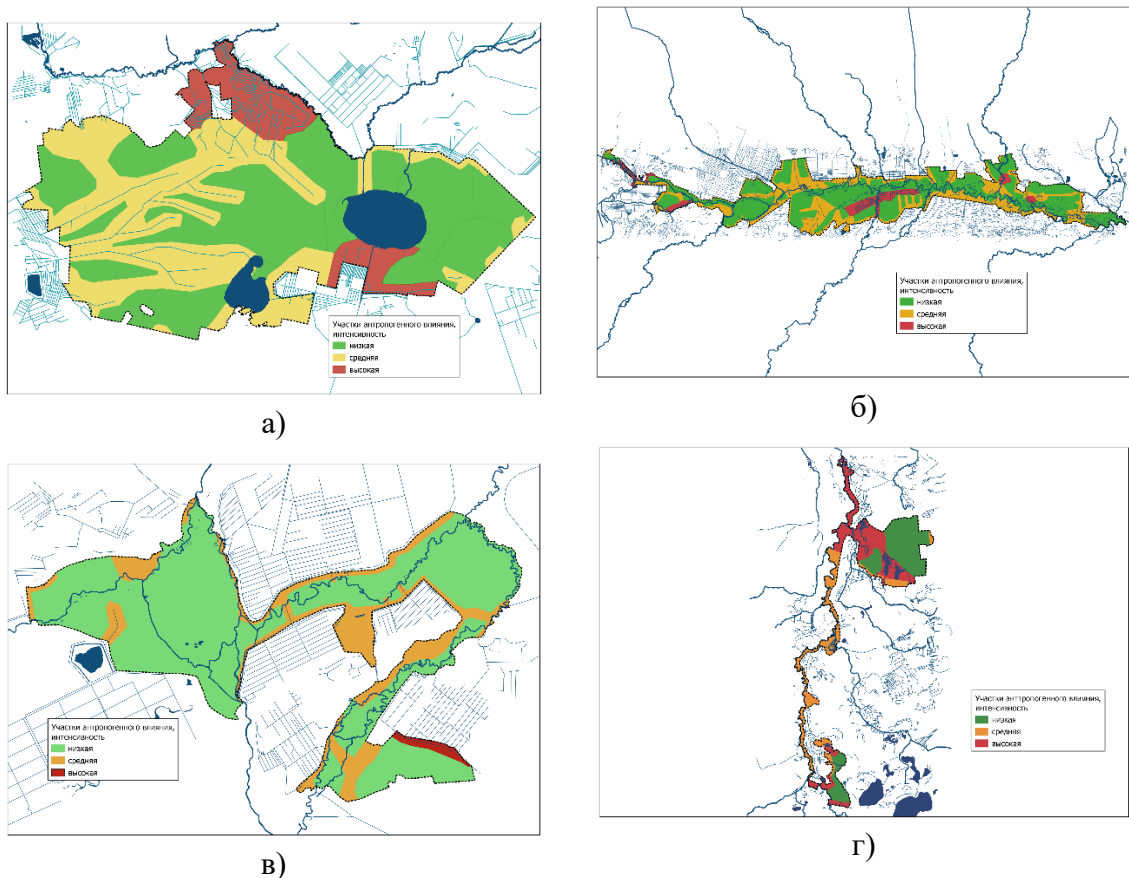


Рис. 1. Участки антропогенного влияния и их интенсивность для территории а) ВБУ «Выгонощанское», б) ВБУ «Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять», в) ВБУ «Простырь», г) ВБУ «Полесская долина реки Буг»

Наибольшее количество объектов историко-культурного наследия сконцентрировано у границ ВБУ «Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять» (главным образом, у западной части угодья). Всего 80 объектов: 26 памятников археологии, 41 памятник архитектуры и 13 памятников истории. Далее по количеству объектов историко-культурного наследия идет территории ВБУ «Полесская долина реки Буг», где их насчитывается 57, из них 10 памятников археологии, 21 памятник архитектуры, 26 памятников истории. У границ ВБУ «Выгонощанское» и ВБУ «Простырь» выявлено 11 и 10 объектов историко-культурного наследия.

Таким образом, для рассмотренных 4 территории ВБУ характерно преобладание участков с низкой интенсивностью антропогенного влияния (ВБУ «Простырь» 78 %, ВБУ «Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять» 56 %, ВБУ «Выгонощанское» 52 %, ВБУ «Полесская долина реки Буг» 38 %). Наименьшее антропогенное влияние отмечено на территории ВБУ «Простырь», наибольшее — на территории ВБУ

«Полесская долина реки Буг». Наибольший культурно-туристический потенциал зафиксирован у границ ВБУ «Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять» и ВБУ «Полесская долина реки Буг».

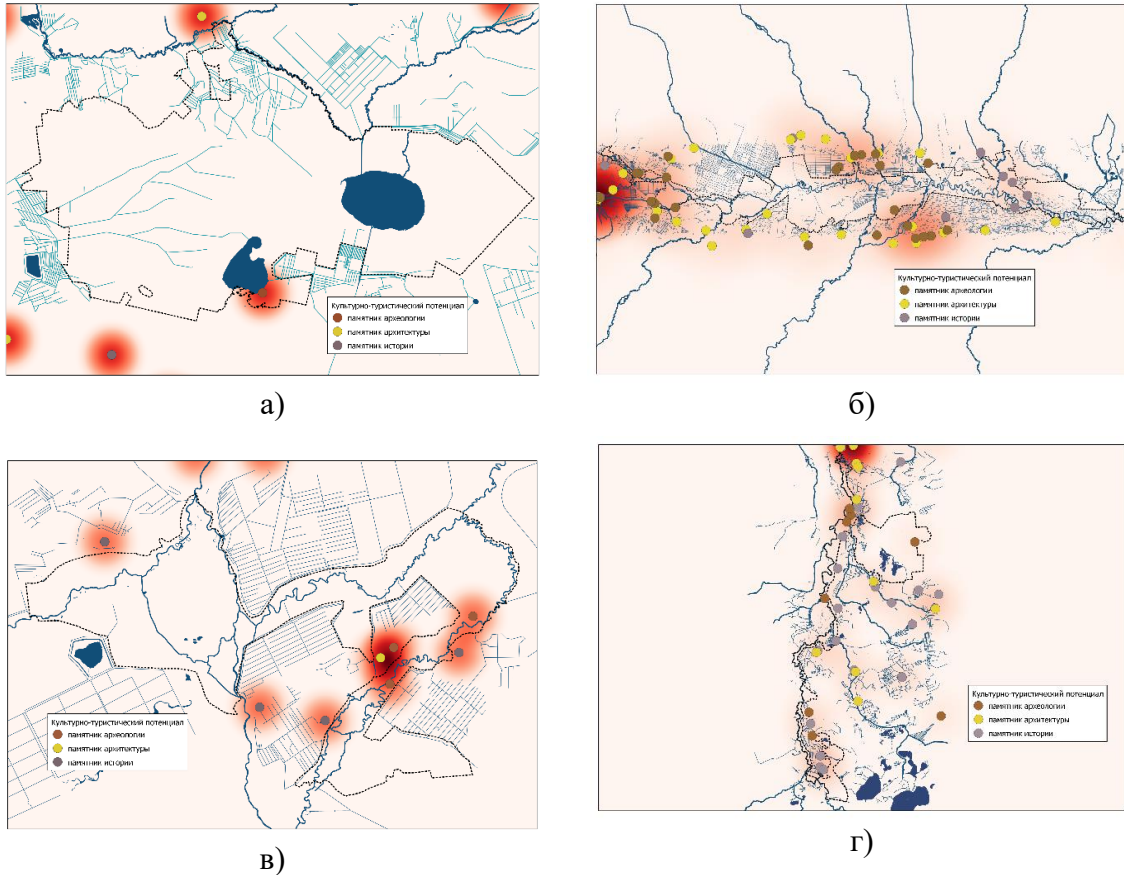


Рис. 2. Культурно-туристический потенциал а) ВБУ «Выгонощанское», б) ВБУ «Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять», в) ВБУ «Простырь», г) ВБУ «Полесская долина реки Буг»

### Библиографические ссылки

1. Геологическая служба США // EarthExplorer [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Дата доступа: 26.01.2024.
2. OpenStreetMap [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.openstreetmap.org/>. Дата доступа: 26.01.2024.
3. Дзяржаўны спіс гісторыка-культурных каштоўнасцей Рэспублікі Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gossписок.gov.by/>. Дата доступа: 26.01.2024.
4. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://map.nca.by/>. Дата доступа: 26.01.2024.
5. Карта православных храмов Беларуси [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://hrambel.by/>. Дата доступа: 26.01.2024.

УДК 504.05

## **ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ**

**Е. М. Приорова, Г. Е. Приоров**

*Государственный университет просвещения, ул. В.Волошиной 24,  
г.Мытищи, Россия, [em.priorova@guppros.ru](mailto:em.priorova@guppros.ru)*

В статье осуществлен комплексный анализ влияния состояния окружающей природной среды на качество жизни населения России. Рассмотрены основные факторы, влияющие на экологическую обстановку в стране, включая экологический рейтинг регионов, финансирование национального проекта «Экология», а также заболеваемость населения в городах с повышенным загрязнением воздуха и продолжительность жизни. Анализируется динамика изменений указанных показателей за период с 2019 по 2024 гг. Особое внимание уделено анализу реализации мероприятий по снижению уровня загрязнения и улучшению экологической ситуации в регионах-лидерах и аутсайдерах экологического рейтинга. Подчеркивается значимость интегрального подхода к решению экологических проблем и улучшению качества жизни населения.

**Ключевые слова:** заболеваемость населения; продолжительность жизни; качество жизни; экологическая безопасность; устойчивое развитие; загрязнение воздуха; рациональное природопользование.

## **INFLUENCE OF THE STATE OF THE NATURAL ENVIRONMENT ON THE QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION OF RUSSIA**

**E. M. Priorova, G. E. Priorov**

*State University of Education, st. V. Voloshina 24, Mytishchi, Russia, [em.priorova@guppros.ru](mailto:em.priorova@guppros.ru)*

The article provides a comprehensive analysis of the impact of the state of the natural environment on the quality of life of the Russian population. The main factors influencing the environmental situation in the country are considered, including the environmental rating of the regions, financing of the national project "Ecology", as well as the morbidity of the population in cities with increased air pollution and life expectancy. The dynamics of changes in these indicators for the period from 2019 to 2024 is analyzed. Special attention is paid to the analysis of the implementation of measures to reduce pollution and improve the environmental situation in the regions-leaders and outsiders of the environmental rating. The importance of an integrated approach to solving environmental problems and improving the quality of life of the population is emphasized.

**Keywords:** morbidity of the population; life expectancy; quality of life; environmental safety; sustainable development; air pollution; environmental management.

Рациональное природопользование является неотъемлемой составляющей обеспечения экологической безопасности, так как разумное использование природных ресурсов позволяет значительно снизить загрязнение окружающей среды путем уменьшения количества потребляемых ресурсов, обеспечения восстановления возобновляемых ресурсов, полного и многократного использования отходов.

Для оценки влияния состояния окружающей природной среды на качество жизни населения России рассмотрены следующие показатели:

1. Экологический рейтинг субъектов Российской Федерации является важным индикатором состояния окружающей среды в различных регионах страны. Он отражает как положительные, так и отрицательные аспекты экологической ситуации, базируясь на оперативных данных о значимых экологических событиях, происшествиях и проблемах.

По итогам 2023 года в десятку лидеров экологического рейтинга входят такие субъекты, как Тамбовская и Белгородская области, Республика Алтай, Курская область, Москва, Чувашская и Чеченская Республики, Чукотский автономный округ, Калужская область и Ненецкий автономный округ. Эти регионы демонстрируют лучшие результаты в плане экологической безопасности и управления окружающей средой. В то же время, в нижней части рейтинга находятся регионы с наиболее сложной экологической ситуацией, среди которых Республика Бурятия, Республика Саха (Якутия), Еврейская автономная область, Иркутская область, Приморский край, Красноярский край, Омская область, Забайкальский край, Челябинская и Свердловская области. Эти субъекты сталкиваются с рядом серьезных экологических вызовов, требующих немедленного внимания и действий со стороны государственных органов, местного самоуправления и общественности.

Для оценки состояния экологического рейтинга использовался интегральный индекс экологического состояния окружающей среды регионов РФ, предложенный И.Н. Рубановым и В.С. Тикуновым — 70 % [4]. Для этого сведены показатели состояния окружающей среды регионов — лидеров и «аутсайдеров» экологического рейтинга (табл. 1).

*Таблица 1*

**Интегральный индекс состояния окружающей среды регионов лидеров и «аутсайдеров» экологического рейтинга**

Регион	Литосфера	Гидросфера	Атмосфера	Биосфера	Индекс
Тамбовская область	99,2	93,9	99,4	97,2	97,4
Белгородская область	100,0	96,5	99,7	90,1	96,6
Республика Алтай	96,6	92,2	99,0	92,3	95,0



Окончание таблицы 1

Забайкальский край	37,9	58,6	81,9	42,5	52,7
Челябинская область	57,7	73,2	53,0	24,1	52,0
Свердловская область	61,5	54,8	26,4	40,1	45,7

Из таблицы видно, что регионы, занявшие последние позиции в экологическом рейтинге, также имеют значение интегрального индекса состояния окружающей среды значительно ниже требуемого. Данным регионам необходимо усилить мероприятия по охране окружающей среды.

2. Следующий показатель — финансирование национального проекта «Экология». В таблице 2 представлено финансовое обеспечение реализации национального проекта «Экология» с 2019 по 2024 гг. в разрезе данных источников.

Таблица 2

**Объем финансового обеспечения национального проекта «Экология» по годам реализации, млрд руб. [5]**

Источник финансирования	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Всего
Всего по национальному проекту	221,5	528,7	659,2	892,3	889,6	849,8	4,0
Федеральный бюджет	60,7	90,8	127,2	146,9	152,1	123,4	701,2
Консолидированные бюджеты субъектов РФ	14,7	18,2	26,3	26,2	25,9	21,9	133,8
Внебюджетные источники	146,1	419,7	505,7	718,6	711,6	704,5	3206,1

На основе представленных данных о финансировании национального проекта «Экология» в России с 2019 по 2024 гг. видно, что общий объем финансирования составляет около 4,041 млрд рублей. Финансирование распределяется между федеральным бюджетом, консолидированными бюджетами субъектов РФ и внебюджетными источниками. Однако, несмотря на значительные общие объемы финансирования, планы по сокращению финансирования из федерального бюджета на ключевые направления, такие как реформа обращения с отходами, вызывают опасения. Сокращение на 20 % в 2020 г. и на 26 % в 2021 г., а также меньший, но все же существенный спад в 2022 г., могут существенно затормозить развитие инфраструктуры для переработки отходов. Это, в свою очередь, может привести к тому, что в некоторых регионах вовсе не будут созданы мусоросортировочные и мусороперерабатывающие заводы, что сделает невозможным сокращение захоронения отходов в этих городах в краткосрочной

перспективе. Кроме того, снижение интереса частных инвесторов к сфере коммунальных отходов, отраженное в уменьшении количества концессионных соглашений, может усугубить ситуацию. Это подчеркивает необходимость поиска новых подходов к привлечению инвестиций в экологическую сферу, а также важность эффективного использования имеющихся ресурсов для достижения целей национального проекта.

3. Следующий показатель — влияние состояния окружающей природной среды на качество жизни населения России (табл. 3).

Таблица 3

**Заболеваемость населения в городах РФ с повышенным загрязнением воздуха [1]**

Город	Заболевания	Годы	
		2000	2023
Архангельск	злокачественные новообразования	278	414
	болезни кожи	434	448
	болезни органов дыхания	71725	60714
Нижний Новгород	злокачественные новообразования	360	405
	болезни кожи	2248	2081
	болезни органов дыхания	63063	54955
Красноярск	злокачественные новообразования	260	421
	болезни кожи	797	757
	болезни органов дыхания	60356	58135
Свердловск	злокачественные новообразования	234	502
	болезни кожи	2023	1924
	болезни органов дыхания	29796	35418

Из данных таблицы 3 видно, что заболеваемость населения в городах России с повышенным загрязнением воздуха остается значительной проблемой. В период с 2000 по 2023 гг. в четырех представленных городах наблюдаются различные тенденции в динамике заболеваемости разными группами болезней. Эти данные подчеркивают важность мер по снижению уровня загрязнения воздуха и поддержанию экологической безопасности в городах. Необходимо усилить контроль за выбросами предприятий, развивать технологии очистки воздуха и проводить регулярный мониторинг состояния здоровья населения, чтобы своевременно выявлять и минимизировать риски для здоровья людей.

Далее оценим продолжительность жизни населения (табл. 4). Пороговым значением продолжительности жизни населения, по С. Ю. Глазьеву, является 75 лет [2].

## Динамика продолжительности жизни населения в 2013-2023 гг. [3]

Показатель	Годы										
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
муж.	63,09	64,04	64,56	65,13	65,29	65,92	66,5	67,51	67,75	68,24	66,49
жен.	74,88	75,61	75,86	76,3	76,47	76,71	77,06	77,64	77,82	78,17	76,43
итого	68,94	69,83	70,24	70,76	70,93	71,39	71,87	72,7	72,91	73,34	71,54

Анализ данных таблицы 4 показывает положительную тенденцию в росте средней продолжительности жизни населения России в период с 2013 по 2023 г. По данным для 2023 г., средняя продолжительность жизни составила 71,54 года, что ниже порогового значения в 75 лет.

Для улучшения ситуации необходимы комплексные меры, включающие в себя: ужесточение экологических норм и контроля за их соблюдением; развитие и внедрение чистых технологий; расширение зеленых зон и парков в городах для улучшения качества воздуха; повышение общественной осведомленности о проблемах экологии и здоровья; улучшение системы здравоохранения и доступа к медицинским услугам, особенно в регионах с высоким уровнем экологического риска.

### Библиографические ссылки

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 25.01.2024).

2. Глазьев С. Ю., Локосов В. В. Оценка предельно критических значений показателей состояния российского общества и их использование в управлении социально-экономическим развитием // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2012. № 4. С. 22-41.

3. Методика оценки экологического состояния окружающей среды регионов России [Электронный ресурс] // Проблемы региональной экологии. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11912640> (дата обращения: 25.01.2024).

4. Рубанов И. Н., Тикунов В. С. Устойчивое развитие регионов России: интегральная оценка // Географический вестник. 2009. № 3. С. 79–76.

5. Национальный проект «Экология». Стратегия 24 [Электронный ресурс]. URL: <https://strategy24.ru/rf/ecology/projects/natsional-nyu-proyekt-ekologiya> (дата обращения: 27.01.2024).

УДК 504.75

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ОЗЕЛЕНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ МОСКОВСКОГО РАЙОНА г. МИНСКА

У. А. Рондак

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030,  
г. Минск, Беларусь, [rondakulyana@gmail.com](mailto:rondakulyana@gmail.com)*

В работе представлены результаты изучения экологического состояния системы озелененных территорий Московского района г. Минска. Обследовано 749 деревьев на 25 площадках древостоя. Полученный набор дендрометрических показателей позволил произвести расчет индекса жизненного состояния насаждений в рамках заложенных площадок. Результаты расчётов послужили основой для выявления категории жизненного состояния насаждений общего пользования Московского района и сравнения полученных показателей с другими административными районами г. Минска.

**Ключевые слова:** система озелененных территорий; экологическое состояние зелёных насаждений; индекс жизненного состояния насаждений; категория жизненного состояния насаждений.

## GREEN SPACES' SYSTEM ECOLOGICAL STATE IN MOSKOVSKI DISTRICT OF MINSK CITY

U. A. Rondak

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4, 220030, Minsk,  
Belarus, [rondakulyana@gmail.com](mailto:rondakulyana@gmail.com)*

The article has presented the results of green spaces' system ecological condition inspection in Moskovski district of Minsk city. 749 trees were examined within 25 filed areas. Obtained set of dendrometric characteristics allowed to make a calculation of the green areas' living condition index within the bounds of the research territory. Computing results made it possible to determine the categories of public green spaces' vital state in Moskovski district and comparing obtained indicators with other administrative districts of Minsk city.

**Keywords:** green spaces' system; ecological condition of green spaces; green areas' living condition index; green spaces' vital state categories.

В настоящий момент доля городских жителей составляет более 56 % мирового населения, а для Республики Беларусь данный показатель еще выше — более 78 % населения страны [1, 2]. Таким образом, именно урбанизированные пространства формируют основную среду существования человека, влияя на жизнь горожан посредством мно-

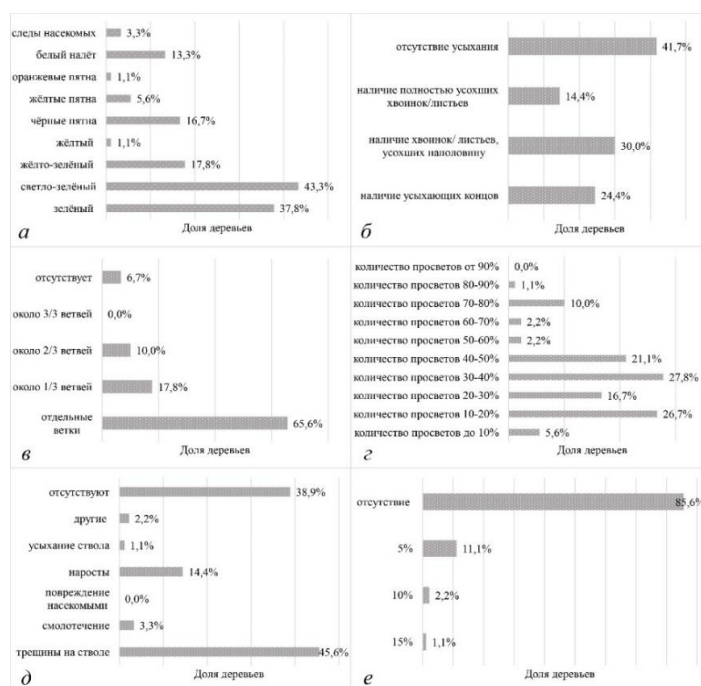
жества неблагоприятных факторов: от всевозможных видов физического и химического загрязнения до крайне низкого рекреационно-эстетического потенциала.

Самым крупным урбанизированным пространством Республики Беларусь как по площади, так и по населению, бесспорно можно назвать город Минск. При этом территория населённого пункта разделена на 9 административных районов, каждый из которых обладает своими уникальными характеристиками. Одним из таких является Московский, занимающий площадь 28,8 км<sup>2</sup> в юго-западной части города. Население данной территории достигает более 308 тысяч человек, что составляет 15,5 % жителей столицы. Экологическое состояние территории Московского района формируется под воздействием множества стационарных и мобильных источников загрязнения. В общей сложности, в границах рассматриваемого района расположено более 20 крупных промышленных предприятий, среди которых особенно выделяются объекты машиностроительной отрасли и химической промышленности. Выбросы машиностроительных предприятий в первую очередь приурочены к ПУП «Завод электроники и бытовой техники «Горизонт» и ОАО «Минский вагоноремонтный завод». Среди поллютантов преобладают диоксид серы и оксид углерода, а также различные взвеси, в т.ч. тяжелых металлов. Эмиссия от химических производств производится предприятиями РУП «Белмедпрепараты», ЗАО «Витэкс» и СП «Белита». Спектр загрязнителей в данном случае крайне широк, причём часто поллютанты выбрасываются в виде смесей. При большом количестве источников загрязнения стационарного типа, основным источником загрязнения воздушного пространства в пределах территории района все же является автотранспорт, особенно в пределах крупных автодорог — проспект Дзержинского, ул. Алибегова. Качественный состав выхлопных газов при этом характеризуется наличием оксида углерода, углеводородов, альдегидов, диоксида серы, сажи и др. Помимо химического воздействия, территория Московского района, как и любое городское пространство, подвержена физическому загрязнению — в первую очередь тепловому, причиной чему является доминирование пространств с искусственным покрытием и высокоплотной застройкой.

Среди возможных и наиболее эффективных стратегий улучшения сложившейся ситуации является создание эффективной системы озелённых территорий города и поддержания её 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]. Наибольшую ценность для жителей Московского района и города в целом играют

насаждения общего пользования: 5 парков, 24 сквера и 1 бульвар. Общая площадь рассматриваемых объектов озеленения составляет 103,3 га, занимающая лишь 5,2 % площади изучаемого района. Такой низкий показатель озелененности также приводит к формированию недостаточной обеспеченности жителей озеленёнными территориями — 7,3 при норме 8-10 м<sup>2</sup>/чел [4].

В целях определения экологического состояния системы озеленённых территорий в летний период 2023-го года были проведены полевые исследования. Изучено 25 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 озеленённой территории общего пользования. Всего было изучено 749 деревьев как хвойных, так и лиственных пород, причём с преобладанием ивы белой 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 (рисунок).



Дендрометрические показатели обследованных деревьев на территории Московского района г. Минска: а – цвет хвои; б – усыхание хвои; в – усыхание ветвей; г – изреженность кроны; д – механические повреждения; е – окорение ствола.

По совокупности данных признаков произведен расчёт индекса состояния древостоя и определены категории их жизненного состояния. На основании результатов анализа и оценки показателей экологического состояния выбранных деревьев был произведён расчёт индексов

относительного жизненного состояния древостоев с использованием следующей формулы [5]:

$$L_n = (100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4)/N,$$

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 осуществлялось 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].

Полученные результаты расчетов показали, что состояние древостоев на исследуемых площадках (1-25) соответствует различным индексам и определенным категориям. Всего было выявлено три группы насаждений: 16 % здоровых с признаками ослабления, 76 % ослабленных, 8 % поврежденных. Участки, оцениваемые как здоровые, сильно поврежденные или разрушенные отсутствуют. При отдельном рассмотрении различных типов озелененных территорий можно сказать, что здоровые древостои с признаками ослабления встречаются только на территории скверов. Однако, при этом только в скверах выявлены и поврежденные древостои. В целом, анализ полученных результатов показал, что экологическое состояние системы озелененных Московского района г. Минска в целом оценивается как удовлетворительное с перевесом в неудовлетворительное, ведь большинство обследуемых древостоев относятся к категории ослабленных с низкой долей здоровых и при этом присутствием поврежденных.

При сравнении с другими административными районами г. Минска можно сказать, что Московский район имеет ориентировочно срединное положение. Несколько худшее экологическое состояние системы озелененных территорий характерно для Фрунзенского района: здесь также преобладают ослабленные древостои (66 %), однако при этом выявлены и сильно поврежденные (3 %), что не характерно для Московского района. Наиболее благоприятное состояние по сравнению с упомянутыми районами имеет Октябрьский район: здесь доля ослабленных древостоев ниже (47 %), при этом высока доля здоровых с признаками ослабления (24 %) и присутствуют здоровые (6 %) [6].

Улучшение сложившейся ситуации возможно как при своевременном обнаружении и устранении возникающих проблем, так и при поддержании надлежащего ухода за насаждениями. Помимо этого, сложившееся

положение усугубляется не менее важной проблемой рассматриваемой системы насаждений — низким процентом озелененности территории, а также недостаточной обеспеченностью населения растительными пространствами. Это тесно связано с крайне высокими показателями плотности застройки и отсутствием свободного пространства для расширения системы существующих насаждений. Устранение возникшей проблемы возможно посредством внедрения одной из наиболее современных архитектурно-градостроительных практик — вертикального озеленения. Эта форма зеленого строительства использует в качестве озеленяемой основы вертикальные поверхности зданий и сооружений, позволяя расширить систему озеленения без выделения дополнительной территории. При этом растительность сохраняет свои многочисленные функции, способствующие оптимизации городской среды.

### 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](https://unhabitat.org/sites/default/files/2023/07/sdg_11_synthesis_report_2023_executive_summary_final.pdf) (дата обращения: 01.03.2024).
2. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2023 [Электронный ресурс]. // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. 2023. URL: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/266/g7tfria1rlnl0pb5rp7b942bh6eu6tiv.pdf> (дата обращения: 01.03.2024).
3. *Горохов В. А.* Зеленая природа города : учебное пособие. Москва: Архитектура. С. 2005.
4. Градостроительство. Населённые 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: 01.03.2024).
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 [Электронный ресурс]. // E3S Web of Conferences. URL: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2024/10/e3sconf\\_eea2023\\_02016/e3sconf\\_eea2023\\_02016.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2024/10/e3sconf_eea2023_02016/e3sconf_eea2023_02016.html). (дата обращения: 01.03.2024).



УДК 911.2

## ПОДХОДЫ К ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

**Р. В. Ряхов, В. П. Петрищев**

*Институт степи УрО РАН, ул. Пионерская 11,  
460000, г. Оренбург, Россия, [remus.rv@gmail.com](mailto:remus.rv@gmail.com)*

В статье рассматриваются изучение техногенной трансформации геосистем с применением спутниковых данных и индексов ландшафтной дифференциации. Определены особенности земле- и природопользования влияющие на снижение/усугубление негативных эффектов: самовосстановление геосистем, формирование залежного фонда, интенсификация недропользования.

**Ключевые слова:** техногеосистемы нефтегазовых месторождений; ландшафтная структура; индексы ландшафтной дифференциации; данные дистанционного зондирования; Оренбургская область.

## APPROACHES TO GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF ANTHROPOGENIC LANDSCAPES OF THE STEPPE ZONE

**R. V. Ryakhov, V. P. Petrishchev**

*Institute of Steppe, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Pionerskaya st. 11,  
460000, Orenburg, Russia, [remus.rv@gmail.com](mailto:remus.rv@gmail.com)*

The article discusses the study of technogenic transformation of geosystems using satellite data and indices of landscape differentiation. Features of land and nature management that influence the reduction/exacerbation of negative effects have been identified: self-healing of geosystems, formation of fallow stock, intensification of subsoil use.

**Keywords:** technogeosystems of oil and gas fields; landscape structure; landscape differentiation indices; remote sensing data; Orenburg region.

Одной из важных проблем анализа структуры ландшафтных геосистем является объективная оценка динамики ее трансформации вследствие внешних и внутренних факторов. Классификация территории на основе использования разновременных космических данных позволяет изучить ландшафтные комплексы нефтегазовых месторождений. Геосистемы, связанные с добычей углеводородного сырья, имеют ландшафтные границы не разрушенные, а измененные в результате недропользования [1; 2; 3]. Исследования динамики структуры таких геосистем дают возможность выяснить направление и степень деструк-

тивных процессов. Выбраны два месторождения Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна на территории Оренбургской области — Росташинское и Зайкинско-Зоринское. Они расположены в юго-западной части Бузулукской впадины в районе сочленения Волго-Уральской антеклизы с Прикаспийской синеклизой и приурочены к Зайкинско-Росташинской структурной зоне. В физико-географическом отношении месторождения располагаются в пределах степной зоны Восточно-Европейской равнины относятся к Общесыртовско-Предуральской возвышенной провинции, подзоне северной степи, Бузулук-Присамарскому сыртово-увалистому придолинно-плакорному району [4; 5].

Одним из способов оценки трансформации структуры ландшафта служат различные коэффициенты, оценивающие степень выраженности классов (ландшафтное разнообразие) и контурности или фрагментированности, мозаичности (сложность структуры ландшафта). К ним относятся индексы хорологического, типологического и энтропийного разнообразия ландшафтной структуры: энтропийные меры разнообразия и сложности Шеннона, неоднородности Ивашутиной-Николаева, Одума, Глизона-Маргалефа, Симпсона, учитывающие количество составляющих ландшафтного рисунка, степень контурности, площади урочища и ландшафтных контуров, их порядковую нумерацию [6; 7; 8].

Для определения динамических особенностей изменения ландшафтной структуры в пределах месторождений и окружающих ландшафтов был применен геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования Земли из космоса (ДДЗ). Первым этапом проводился синтез пяти каналов ДДЗ по синему, зеленому, красному, ближнему и коротковолновому инфракрасному диапазонам. Далее проводилась неконтролируемая классификация спутниковых изображений IsoDATA (максимум 25 классов). По результатам ГИС-анализа получена статистическая база данных, отражающая пространственную структуру месторождений по временным срезам исследования. В ее состав входит информация о числе классов, количестве полигонов, суммарной и средней площади. На каждый период рассчитаны показатели по территориям техногеосистем и окружающих их ландшафтов, не затронутых техногенным воздействием. Эти данные послужили основой для расчета коэффициентов, характеризующих ландшафтное разнообразие и сложность для техногеосистемы Зайкинского и Росташинского месторождений (таблица).

**Расчет коэффициентов, характеризующих ландшафтное разнообразие и сложность для техногеосистемы Зайкинского и Росташинского месторождений.**

Месторождение (год)	Индекс разнообразия	Индекс сложности	Индекс Ивашутиной-Николаева	Индекс Симпсона-Одума	Индекс Гли-зона-Маргалефа	Индекс Симпсона
Зайкинское (1989)	-4,00	-3,98	0,97	0,29	5,77	0,94
Зайкинское (2018)	-3,53	-3,42	0,92	0,27	5,10	0,89
Росташинское (1989)	-3,96	-3,93	0,97	0,22	5,64	0,92
Росташинское (2018)	-3,87	-3,51	0,92	0,22	5,78	0,88

Индекс энтропийной сложности и разнообразия Шеннона указывает на степень упорядоченности морфологии ландшафта и учитывает степень выравненности контурности через оценку распределения площадей по каждому классу. Чем выше данный показатель, тем более дробной является структура ландшафта, тем большим количеством контуров она формируется [9]. Многоконтурность повышает устойчивость геосистемы. Степень фрагментации геосистемы может увеличиваться в результате приспособления к внешним природным факторам, выводящим ландшафтный комплекс из состояния равновесия. Такую же роль играют антропогенные процессы, активизация или стагнация которых, также способствует изменению контурности. Снижение показателя индекса Шеннона указывает на повышение экстремальности условий для геосистемы. Техногеосистема Зайкинского месторождения «пришла в движение» за счет восстановительной динамики залежных ровнядей, которые затем через смену сукцессионных стадий приведут к климаксовому состоянию структуры геосистемы.

Индекс дисперсии Симпсона характеризует степень доминирования отдельных природно-территориальных комплексов (обычно в ранге урочищ или подурочищ) в составе ландшафта [10]. За рассматриваемый период роль классов-доминантов в структуре геосистемы несколько уменьшилась за счет снижения уровня распаханности, сохранения границ сельскохозяйственных и разновозрастных залежей.

Индекс разнообразия Симпсона-Одума показывает, что техногеосистема Зайкинского месторождения относится к группе геосистем степной зоны с пониженным уровнем ландшафтного разнообразия. Ландшафт месторождения находится на грани деградации (при значении индекса 0,2) и загрязнения при активно происходящих антропогенных процессах. За 29 лет индекс снизился на 0,02. Данную

величину можно назвать комплексным показателем изменения антропогенной нагрузки. Значение индекса для Росташинского месторождения существенно ниже и неизменно на протяжении 1989-2018 гг. Состояние техногеосистемы данного месторождения следует оценивать как более кризисное по сравнению с Зайкинским.

Индекс Глизона-Маргалёфа отражает соотношение между контурностью и площадью территории. За 1989-2018 гг. значение индекса в пределах геосистемы Зайкинского месторождения существенно снизилось, а в пределах Росташинского месторождения незначительно возросло.

Коэффициент ландшафтной неоднородности предложен Л. И. Ивашутиной и В. А. Николаевым [11] зависит от числа групп ландшафтов и соотносится с их площадями, т.е. если территорию занимает только один вид ландшафтов, то значение коэффициента равно нулю. Анализ морфологической структуры ландшафта Зайкинского нефтегазового месторождения в 1989 и 2018 гг. показывает основные закономерности: общее количество классов (типы урочищ, в т.ч. природно-агрогенные и техногенные) сократилось (с 24 до 22) при значительном росте контурности (фрагментированности) более чем на 1/3 (35,1 %); сократилась средняя площадь классов при возрастании числа контуров в каждом из них; степень упорядоченности структуры геосистем нефтегазовых месторождений существенно изменилась в течение 1989-2018 гг. за счет повышения дробности и роста неупорядоченности (энтропии); сокращение количества классов (типов урочищ) в пределах техногеосистемы Зайкинского месторождения повлияло на показатель ландшафтной неоднородности в сторону ее сокращения. Анализ морфологической структуры ландшафта Росташинского нефтегазового месторождения в 1989 и 2018 гг. показывает основные закономерности: общее количество классов (типов урочищ) осталось стабильным при существенном снижении контурности (более чем на 25 %), т. е. сократилась степень дробности отдельных классов; рост неупорядоченности (энтропии) на месторождении противоречит общему снижению числа контуров, что свидетельствует о том, что в пределах отдельных классов произошло резкое снижение их количества, а в других — степень фрагментации практически не изменилась; сопоставимое количество классов и контуров при существенно различающейся площади техногеосистем Зайкинского и Росташинского месторождений показывает, что в сходных физико-географических условиях, сроках эксплуатации и объемах добычи, динамика техногеосистем нефтегазовых месторождений различных размеров обуславливает сходные закономерности. Данное обстоятельство указывает на целостность и полимасштабность техногеосистем, сформированных в результате добычи углеводородного сырья [12]. Значение коэффициента  $H_i$  (абсолютная организация ландшафта) отражает степень

выравненности геосистемы — насколько максимально возможное ее разнообразие отличается от реального. Для Зайкинского месторождения данный показатель в течение 1989-2018 гг. вырос, а для Росташинского — сократился.

Тенденции геосистем нефтегазовых месторождений заключаются в том, что их структура в советский период включала как объекты недропользования, так и систему сельскохозяйственного землепользования. При трансформации структуры экономики из системы природопользования стали выпадать в первую очередь сельскохозяйственные земли, что привело к формированию крупных массивов залежных земель, которые обладают высокой контурностью как результат сукцессионной динамики. Подобные залежные геосистемы широко охватили районы с нефтегазовыми месторождениями, поскольку деградация сельскохозяйственного производства происходила там быстрее за счет быстрого перетока трудовых ресурсов и снижения востребованности сельскохозяйственной продукции.

Исследование выполнено в рамках НИР ОФИЦ УрО РАН (ИС УрО РАН) № ГР АААА-А21-121011190016 -1.

### Библиографические ссылки

1. Бузмаков С. А., Костарев С. М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. 171 с.
2. Гареев А. М., Шакиров А. В. Природная среда и нефтегазовый комплекс Башкортостана. Географо-экологические аспекты взаимодействия. Уфа.: «Китап», 2000. 220 с.
3. Глазьева А. Б. Геоэкологическая оценка влияния нефтегазового хозяйства на окружающую среду Воронежской области. 2003. 24 с.
4. Географический атлас Оренбургской области / Под ред. А. А. Чибилева. М.: Изд-во: ДиК, 1999.
5. Чибилев А. А., Дебело П. В. Ландшафты Урало-Каспийского региона. Оренбург: Институт степи УрО РАН, Печатный дом «Димур», 2006. 264 с.
6. Викторов А. С. Математическая морфология ландшафта. М.: Трапек, 1998. 180 с.
7. Викторов А. С. Рисунок ландшафта. М.: Мысль, 1986. 179 с.
8. Ганзей К. С. Оценка ландшафтного разнообразия вулканически активных островов // Известия РАН. Сер. географ. 2014. № 2. С. 61-70.
9. Shannon C. E. The mathematical theory of communication // Bell Syst. Techn. J. 1948. V. 27. P. 379-423.
10. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
11. Иващутина Л. И. Николаев В. А. К анализу ландшафтной структуры физико-географических регионов // Вест. МГУ. 1969. № 4. С. 49-59.
12. Хорошев А. В. Полимасштабность структуры географического ландшафта // Вопросы географии. Изд.: РГО, 2014. № 138. С. 101-122.

УДК 911.375.5(908)

## ПАРК «КРАСНАЯ СЛОБОДА» КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

**А. В. Снитко**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [andreisnitko55@gmail.com](mailto:andreisnitko55@gmail.com)*

В работе изучены история столичного микрорайона Чижовка и парка «Красная Слобода», перечислены его физико-географические и социально-экономические особенности, которые служат факторами высокого туристско-рекреационного потенциала изучаемого объекта. Благодаря им, а также подробному анализу проблем парка, предложены пути их решения и перспективные направления развития парка «Красная Слобода». На основе обобщенных сведений об особенностях парка, его проблемах и перспективах развития, сделан вывод о важности данного объекта в формировании городской среды микрорайона Чижовка.

**Ключевые слова:** парк «Красная Слобода»; городская среда; элемент городской среды; туристско-рекреационный потенциал; перспективные направления развития.

## KRASNAYA SLOBODA PARK AS AN IMPORTANT ELEMENT OF THE URBAN ENVIRONMENT. PROMISING AREAS OF DEVELOPMENT

**A. V. Snitko**

*Belarusian State University, Nezavisimosti av., 4,  
220030, Minsk, Belarus, [andreisnitko55@gmail.com](mailto:andreisnitko55@gmail.com)*

The paper examines the history of the capital's Chizhovka microdistrict and Krasnaya Sloboda Park, lists physical, geographical and socio-economic features, which serve as factors of the high tourist and recreational potential of the studied object. Thanks to them, as well as a detailed analysis of the park's problems, ways to solve them and promising directions for the development of the Krasnaya Sloboda Park are proposed. Based on generalized information about the features of the park, its problems and prospects, it is concluded that this object is important in shaping the urban environment of the Chizhovka microdistrict.

**Keywords:** Krasnaya Sloboda Park; urban environment; element of urban environment; tourist and recreational potential; promising areas of development.

Наличие парков, зеленых зон, мест для отдыха играет основополагающую роль в показателе социально-экономического развития отдельно взятых регионов, создавая условия для развития туристической

отрасли, различных видов туризма и рекреации. В большинстве подобных зон богато разнообразие растительного и животного мира за счёт условий, созданных природой и человеком. Один из примеров — минский микрорайон Чижовка, который насчитывает три парка с крупным зеленым массивом и одну зону отдыха: Парк имени 900-летия Минска, экотропа «Чижовка», парк «Красная Слобода» и зона отдыха «Жара». Благодаря такому количеству озеленения, микрорайон можно назвать «лёгкими» Заводского района.

Из вышеперечисленного следует, что парк (от средневекового лат. *parricus* – «отгороженное место») — земельный участок с естественной или специально посаженной растительностью, обустроенными дорогами, аллеями, водоёмами, предназначенная для отдыха и прогулок открытая озеленённая территория, с продуманным ландшафтным дизайном, подчиняющимся рельефу местности, а городская среда — важный составляющий элемент потенциала города, благодаря которому он непосредственно выполняет функцию двигателя прогресса. Разнообразная и много контактная городская среда способствует возникновению и развитию нового в самых разнообразных сферах человеческой деятельности.

Парки содержатся государством и предоставляются для отдыха всем желающим. По размерам выделяют малые (до 30 га), средние (от 30 до 100 га), крупные (от 100 до 300 га) и крупнейшие парки (свыше 300 га).

Объектом исследования является один из малоизвестных парков города Минска «Красная Слобода», расположенный в юго-восточной части столицы. Предметом — физико-географические и социально-экономические характеристики парка, с помощью которых можно будет предложить наиболее перспективные направления для дальнейшего развития, а также его проблемы и преимущества.

Задачами работы являются оценка физико-географических и социально-экономических особенностей «Красной слободы», анализ проблем и преимуществ, вызванных особенностями местности и инфраструктуры, и поиск путей их решения и использования, а также оценка возможных сценариев развития парка.

Исходя из задач, цель исследования — установить значимость парка как важного элемента городской среды микрорайона Чижовка и предложить перспективные направления развития данной территории.

История «Красной слободы». Физико-географические и социально-экономические особенности парка. Свое название парк получил от рядом находящейся деревни Красная Слобода, документально известной ещё со времён Речи Посполитой. До 1923 г. она называлась Архиерейской Слободой. В 1967 г. деревня, вместе с территорией парка, вошли в состав города Минска наряду с другими деревнями, которые составили основу будущего микрорайона Чижовка.



Рис. 1, 2. Парк «Красная Слобода».

Парк «Красная Слобода» (рис. 1, 2) представляет собой поросший деревьями и кустарниками территорию с развитой системой естественных троп. По его территории протекает река Свислочь. Площадь «Красной Слободы» была измерена планиметром ресурса Яндекс Карты — около 396 тыс. м<sup>2</sup>, что делает его самым крупным парком в микрорайоне. По классификации площадей относится к среднему (от 30 до 100 га). Примерно 80 % всей территории занимают кустарники и деревья. В составе деревьев преобладают лиственные породы, такие как дуб, береза и клён ясенелистный. Рядом с рекой можно найти папоротники. «Красную Слободу» можно отнести к лесопарковому комплексу и к пейзажному парку, поскольку территория почти не тронута человеком (исключения — трубопровод, проходящий вдоль улицы Свислочьской, и дороги). Также ее особенностью является рельеф местности. Большие перепады высот земной поверхности подчеркивают уникальность ландшафта и парка в целом. Средняя отметка высоты одна из самых малых в городе — 180 метров над уровнем моря по данным «TessaDEM» (рис. 3). Такой рельеф мог стать результатом сожского оледенения, а также благодаря действию реки.

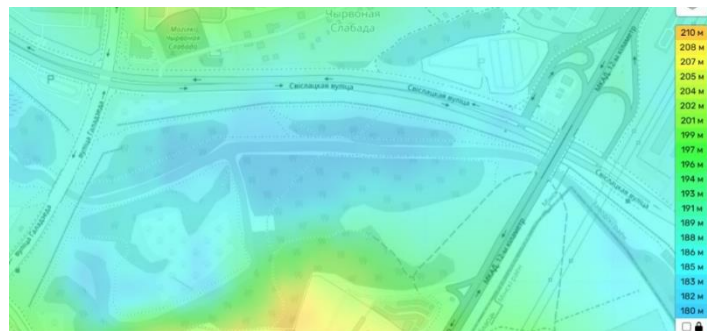


Рис. 3. Рельеф парка. Данные с портала TessaDEM.

Находясь на пересечении нескольких улиц и Минской кольцевой автодороги, парк имеет хорошую транспортную доступность. Стоит отметить близкое расположение жилых кварталов, что делает парк ещё более доступным для местных. За парком ведется уход со стороны людей



и коммунальных служб. К примеру, на территории можно заметить саженцы деревьев. О парке много хороших отзывов на тематических страницах в Яндекс и Google.

Рядом с южной границей парка расположена одна из потенциальных достопримечательностей Чижовки — парк авиационной техники Учебного аэродрома БГАА, состоящий из выведенных из эксплуатации советских вертолетов и самолетов, использующиеся в качестве тренажеров.

Исходя из вышеперечисленных характеристик, парк «Красная Слобода» имеет высокий туристско-рекреационный потенциал. Интересные места, уникальный ландшафт, доступность общественного транспорта и близкое местонахождение к жилым кварталам еще раз подтверждают его высокое значение для жителей микрорайона Чижовка.

Проблемы парка и их комплексное исследование. Пути решения возникших проблем.

Возвращаясь к вопросу внешнего вида парка, можно отметить следующее: внушительная высота деревьев и абсолютно зеленая среда «Красной Слободы» подтверждают, что парк почти не тронут человеком. Из этого следует первая проблема — отсутствие какой-либо инфраструктуры. На территории парка нет уличного освещения, скамеек, оборудованных дорожек (за исключением естественных тропинок) и др.

Высокая популярность «Красной Слободы» у жителей микрорайона вызвала проблему засорения территории парка мусором, в том числе и оставленными кострищами, от чего страдают экологическая и эстетическая составляющие, в т. ч. высок риск пожаров.

Крутые обрывы являются угрозой для безопасного передвижения по парку — перемещаться по такой территории в пешую может быть травмоопасно. Для объективной оценки рельефа парка «Красная Слобода» и ее воздействия на комфортность передвижения в парке был выполнен ее гипсометрический профиль (рис. 4). Выбор места выполнения профиля обусловлен прохождением гидрологического объекта в двух местах, что, в теории, может повлиять на процессы формирования ландшафта. Данные о высоте над уровнем моря получены при помощи цифровой модели рельефа TessaDEM.

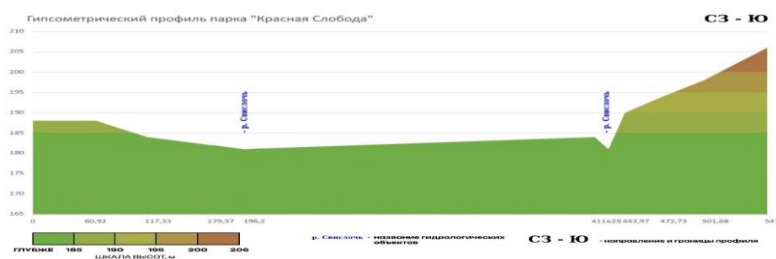
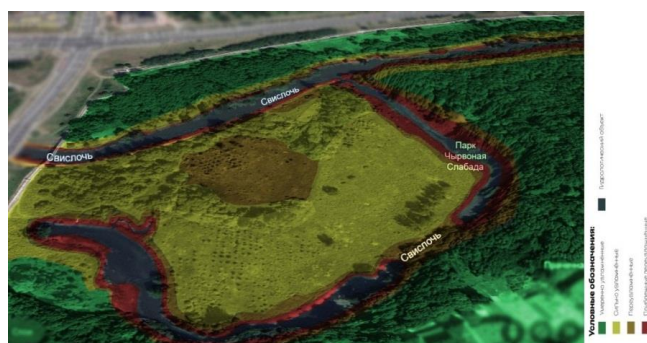


Рис. 4. Гипсометрический профиль парка «Красная Слобода» по линии СЗ-Ю (северо-запад - юг), где значения оси X - протяженность высот на местности в метрах, а значения оси Y - высота над уровнем моря в метрах.

Согласно гипсометрическому профилю, наибольшая крутизна наблюдается у берегов рек, что подтверждает участие Свислочи в образовании рельефа «Красной Слободы» на низменном участке парка. При таких условиях характерно падение деревьев у берегов. Можно предположить, что ледниковые отложения сожского возраста проявляются выше 190 метров по профилю с менее выраженной крутизной. Также на высоту значительно повлияло возведение дорог и зданий, за счет чего рельеф мог подняться примерно на 1–1,5 метра. Эти моменты объясняют наличие больших и крутых склонов в парке.

Пустырь, занимаемый 65 тыс. м<sup>2</sup>, представлен большим низинным болотом. Это обусловлено тем, что его границы являются для Свислочи пойменными лугами и по наличию участка, когда-то бывший руслом реки, где активно проходили речные процессы. Предположительно, на эту территорию оказывает влияние подток грунтовых вод вследствие низменного рельефа пустыря, из-за чего почва на нем остается сильно увлажнённой. На данном земельном участке, без проведения мелиоративных процедур, организовывать какую-либо деятельность по благоустройству не рекомендуется. Фрагмент топографической карты 1995 г. подтверждает выдвинутое ранее предположение (рис. 7). На основе имеющихся данных, а также на основе полевого наблюдения была составлена схема увлажненности территории парка «Красная Слобода» с учетом погодных условий времени проведения исследований (середина ноября 2023 г., средняя температура воздуха – 0 °С) (рис. 5).



*Рис. 5.* Схема увлажненности территории (по состоянию на ноябрь 2023 г.), где синий цвет – р. Свислочь, зеленый цвет – достаточное (умеренное) увлажнение, желтый цвет – сильное увлажнение, оранжевый цвет – наблюдается переувлажнение, красный цвет – берега реки.

С течением времени, русло реки Свислочь сильно изменилось, тем самым разбив парк на три участка, которые никак не взаимосвязаны (рис. 6, 7). Из этого следует проблема отсутствия переправ с одного участка суши на другой. Это сильно затрудняет передвижение по парку.



Рис. 6, 7. Фрагменты топографических карт, на которых изображены изменения русла реки Свисloch. (Карты 1935-го и 1995-го гг.)

Для решения данных проблем необходимо максимальное вовлечение интереса населения к проблемам парка, поскольку от этого напрямую зависит комфортность времяпрепровождения, эстетическая составляющая и мобильность данной территории. К примеру, проведение субботников поможет привести территорию «Красной Слободы» в порядок. Полное благоустройство парка поможет в решении более масштабных проблем парка.

Возможен вариант включения «Красной Слободы» в состав экотропы «Чижовка» как экологическая и ландшафтная (природная) достопримечательность. Предпосылками являются принадлежность реки Свисloch для обоих парковых комплексов, схожий ботанический состав, крайняя близость объектов и транспортная доступность.



Рис. 8. Экологическая тропа «Чижовка».

Перспективные направления развития «Красной слободы». Грамотное использование туристско-рекреационного и природного потенциала способствует благоприятному развитию не только самого парка, но и микрорайона и района в целом, так как парки являются их отражением. Главным приоритетом для «Красной Слободы» во всех

направлениях является сохранение природного баланса и биологического разнообразия территории.

Вновь рассматривая вариант включения парка «Красная Слобода» в состав Чижовской экотропы, можно выделить ряд преимуществ данной идеи, а именно уникальные экологические, ботанические, биологические, ландшафтные и гидрологические объекты в составе одного большого паркового комплекса, а также хорошая транспортная доступность. Возможно проложение экомаршрутов. Подобные уже имеются в экотропе «Чижовка» в большом количестве.

Второй вариант развития исследуемой территории — это полное благоустройство парка согласно имеющимся проблемам и их ликвидации. Данный сценарий трудоёмкий, поскольку включает в себя комплекс различных работ: мелиорация заболоченных участков, проложение пешеходных маршрутов и небольших набережных, обустройство мостов и зон отдыха, установка осветительных мачт, берегоукреплений для разграничения реки от прибрежной зоны, организация безбарьерной среды, оборудование склонов лестницами и поручнями для безопасного передвижения и т. д. (рис. 9). При всём объеме работ, данный сценарий является наиболее перспективным, поскольку он может более эффективно повлиять на развитие туристско-рекреационного потенциала парка.



*Рис. 9.* Концепт благоустроенного парка «Красная Слобода».

Парк «Красная Слобода» безусловно является важным элементом городской среды микрорайона Чижовка. Он является крупнейшей зеленой территорией микрорайона, что благоприятно сказывается на его экологической обстановке, и пользуется большой популярностью у местных жителей. Его история, особенности ландшафта и обширное озеленение делают парк уникальным во всём городе Минске, а хорошая транспортная доступность позволяет добраться до него без значительных

трудностей. Совокупность всех вышеперечисленных факторов составляют высокий уровень туристско-рекреационного потенциала объекта.

При комплексном изучении особенностей территории и имеющихся проблем, были предложены возможные варианты развития парка, проведены полевые наблюдения и изучена морфология рельефа. В зависимости от направления и от сложности реализации объект исследования может стать как парком культуры и отдыха для граждан, так и продолжением экологической тропы. При грамотном и рациональном подходе к реализации одного из вариантов развития, парк может стать одним из экологических и туристско-рекреационных центров микрорайона Чижовка, Заводского района и города Минска в целом.

### Библиографические ссылки

1. Предпоследняя ледниковая эпоха (Электронный ресурс): [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%B6%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5\\_%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%B6%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)

2. Актуальные проблемы геологии и поисков месторождений полезных ископаемых - V Университетские геологические чтения, г. Минск, 8—9 апреля 2011 г., Ответственный редактор В. П. Самодуров (Электронный ресурс) С. 10: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/4129/1/dynggeol2011.pdf>

3. Геохимическое изучение голоцена Белоруссии - К. И. Лукашев, В. К. Лукашев, Лаборатория геохимических проблем АН БССР, г. Минск в издании «Голоцен» издательства «Наука», г. Москва, 1969 г., Геохимические особенности болотных отложений. С. 34–35.

4. Городская среда как фактор развития микрорайона Чижовка – авторство А. В. Снитко, А. М. Чайгозева под научн. рук. А. Г. Леоновича. 2023 г.

5. Парк «Красная Слобода». Отзывы. Яндекс Карты (Электронный ресурс): <https://yandex.by/maps/157/minsk/geo/1965277916/?ll=27.659671%2C53.843419&z=16>

6. Парк «Красная Слобода». Отзывы. Google Карты (Электронный ресурс): <https://www.google.by/maps/place/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BA+%D0%A7%D1%8B%D1%80%D0%B2%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%8F+%D0%A1%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%B0%D0%B4%D0%B0/@53.8433805,27.6583863,17z/data=!4m6!3m5!1s0x46dbd26d1efb23f7:0xf24b367c2849ab19!8m2!3d53.8433805!4d27.6583863!16s%2Fg%2F1tj4xcyy?entry=ttu>

7. Замер площади проходил при помощи электронного ресурса (Яндекс Карты): <https://yandex.by/maps/157/minsk/?ll=27.555691%2C53.902735&z=12>

8. 3D-проекция для презентации – Google.Earth (Электронный ресурс): <https://www.google.com/earth/about/versions/>

9. Топографическая карта РККА Беларуси и Литвы 1935 года (Электронный ресурс): [http://www.etomesto.ru/view.php?map=belarus\\_rkka&key=1&x=27.658408&y=53.846463](http://www.etomesto.ru/view.php?map=belarus_rkka&key=1&x=27.658408&y=53.846463)

10. Спутниковая карта города Минска 1964 года (Электронный ресурс): [http://www.etomesto.ru/view.php?map=belarus\\_minsk\\_sputnik-1964&key=1&x=27.643022&y=53.843000](http://www.etomesto.ru/view.php?map=belarus_minsk_sputnik-1964&key=1&x=27.643022&y=53.843000)

11. Верстовка Беларуси – Центральная часть (Электронный ресурс): [http://www.etomesto.ru/view.php?map=belarus\\_verstovka\\_centra&key=1&x=27.656980&y=53.843922](http://www.etomesto.ru/view.php?map=belarus_verstovka_centra&key=1&x=27.656980&y=53.843922)

12. Топографическая карта города Минска 1995 года (Электронный ресурс): [http://www.etomesto.ru/view.php?map=belarus\\_minsk\\_topo&key=1&x=27.658129&y=53.844615](http://www.etomesto.ru/view.php?map=belarus_minsk_topo&key=1&x=27.658129&y=53.844615)

13. Цифровая модель рельефа TessaDEM (Электронный ресурс): <https://tessadem.com>

14. Геоморфологическая карта Республики Беларусь. Масштаб: 1:1250000. 2002 г. Национальный атлас Беларуси. Государственный комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете министров Республики Беларусь. Минск, Белкартография, 2002.

УДК 551.435.84(063)

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОСТРАНСТВА КУНГУРСКОЙ ЛЕДЯНОЙ ПЕЩЕРЫ: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

**М. М. Степина**

*Горный институт УрО РАН, Сибирская, 78а, 614007, г. Пермь, Россия,  
ООО «Сталагмит-Экскурс», 617472, с. Филипповка, Россия, [ledineya@yandex.ru](mailto:ledineya@yandex.ru)*

Периодические наблюдения ученых в прошлых веках, первые описания процессов карстообразования в XVIII в. заложили основу дальнейших научных исследований в пещере. Показано формирование современной природно-антропогенной системы подземного лабиринта Кунгурской Ледяной пещеры с 1914 г. до современности. Воспитание современной геоэкологической культуры посетителей памятника природы осуществляется через экскурсионную и научную деятельность.

**Ключевые слова:** Кунгурская Ледяная пещера; карст; система мониторинга; экскурсии; опыт режимных наблюдений.

## GEOECOLOGICAL ASPECTS IN USE SPACES OF THE KUNGUR ICE CAVE: HISTORICAL ANALYSIS

**M. M. Stiopina**

*Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Sibirskaya, 78a, 614007, Perm, Russia, LLC "Stalagmit-Excurs",  
617472, Filippovka village, Russia, [ledineya@yandex.ru](mailto:ledineya@yandex.ru)*

Periodic observations of scientists in the past centuries the first descriptions of karst formation processes in the XVIII century laid the foundation for further scientific research in the cave. The formation of the modern natural and anthropogenic system of the underground labyrinth of the Kungur Ice Cave from 1914 to the present is shown. The education of the modern geo-ecological culture of visitors to the natural monument is carried out through sightseeing and scientific activities.

**Keywords:** Kungur Ice cave; karst; monitoring system; excursions; experience of routine observations.

Кунгурскую Ледяную пещеру относят к уникальным туристским и научным объектам России, имеющим и определенную известность за рубежом. За последние десятилетия подземный лабиринт ежегодно осматривает более 100 тыс. туристов. Исключительную роль в посещаемости Кунгурской пещеры имеют собственные внутренние свойства объекта: многолетние льды, снежно-ледяные отложения,

сублимационные кристаллы, разнообразные формы натечного сезонного оледенения. Многообразие оледенения отражается в названии пещеры «Ледяная», которое известно с XVIII в. Площадь оледенения остается неизменной с 1960-х г.; она охватывает несколько первых гротов на протяжении 350 м от входа. Остальная часть пещеры, не имеющая льда, представляет не меньший интерес: чередование объемных гротов и узких проходов, высокая обводненность (70 озер), причудливые формы рельефа. Общая длина подземного лабиринта составляет 8150 м, длина экскурсионной тропы — около 2 км, площадь 63.8 тыс. м<sup>2</sup>, объем 223 тыс. м<sup>3</sup>. Пещера является одной из длиннейших по протяженности гипсовых пещер России и самой крупной по объему. Высокая аттрактивность туристского маршрута сегодня — это результат многолетней работы по адаптации природного объекта, вложений значительных затрат труда и капитала. Еще одна причина высокой посещаемости памятника природы кроется в исключительно выгодном транспортно-географическом положении объекта на автомобильной и железнодорожной магистралях. Близость к крупнейшим агломерациям Урала и Поволжья позволяет привлекать туристов в пещеру, а этот факт усиливает и антропогенную нагрузку на природную среду.

Научные исследования в пещере начинались с XVIII в. 300 лет назад созданная в С.-Петербурге Академия наук направляет в пещеру академические экспедиции И. Г. Гмелина и Г. Ф. Миллера, И. И. Лепехина, И. П. Фалька. В XIX в. в ней побывали профессора И. Ф. Эрдман и М. Я. Киттары. В трудах ученых того времени речь об охране уникального мира природы пещеры не стояла, поскольку посетителей не так много было. Выдающийся кристаллограф Е. С. Федоров впервые в русской литературе использовал термин «карст» [1], раскрыл причины возникновения пещерных форм, дал кристаллографическую характеристику подземных льдов. Он же в 1883 г. первым подчеркнул необходимость охраны льдов Кунгурской пещеры [2]. В 1914 г. участок с пещерой арендовал кунгурский мещанин А. Т. Хлебников для проведения в ней экскурсий, а через пять лет пещера перешла в ведение Отдела народного образования Кунгурского горсовета. В 1933 г. на Всесоюзном съезде по охране и развитию природных богатств СССР Кунгурской пещере было уделено значительное внимание. Хлебников выступил с докладом, в котором предлагал развернуть научно-исследовательскую работу и выделить средства на охрану уникального природного объекта страны. Но его ходатайство в ВООП в 1937 г. о признании пещеры памятником природы не было удовлетворено [3]. А состояние пещеры ухудшалось, о чем можно судить по документам к подготовке XVII-го Международного геологического конгресса в 1937 г.: «недопустимо, чтобы объект, включенный в Пермский маршрут экскурсий, находился в столь запущенном состоянии». Речь в первую очередь шла о прекращении использования керосиновых ламп и факелов, от которых до сей поры



остались следы копоты, проведении в пещере электрического освещения, а также расчистке ходов, установке крепей и пробивке входного тоннеля. К приезду делегатов Международного конгресса из всего запланированного был пробит только входной тоннель. Его сооружение велось без расчетов скорости движения воздушных потоков (уральской школы климатологии пещер еще не существовало). В результате к концу 1940-х гг. исчезла былая красота, и льда практически не стало. Особенно удручающее впечатление производил знаменитый Бриллиантовый грот, где посетителей встречали голые каменные своды, покрытые копотью [4].

В 1946 г. на базе Уральского филиала Комплексной научно-исследовательской станции МГУ организован Кунгурский стационар [5]. Его руководителем стал В. С. Лукин. Вместе с научными сотрудниками он энергично взялся за благоустройство пещеры. Были удалены отвалы, оставшиеся в пещере от проходки входного тоннеля; для ликвидации утечек холодного воздуха затампонированы трещины в тоннеле; расчищен ото льда ход, по которому шла струя теплого воздуха в Бриллиантовый грот, что способствовало росту сублимационных кристаллов; реконструированы крепи и ограждения; запрещено применение керосиновых факелов (выдавались только свечи и аккумуляторные фонари). Но самое главное - В. С. Лукин первым в нашей стране посчитал тепловой баланс пещеры, разработал теоретические основы восстановления в ней ледяного убранства, потерянного после проходки входного тоннеля и нарушения системы циркуляции воздуха в ней [4]. Именно В. С. Лукин открыл и объяснил температурные аномалии в пещерах и создал уральскую школу климатологии пещер [6]. Постепенно пещера становится естественной научно-исследовательской базой. Упорядочиваются и правила ее осмотра для посетителей. В 1946 г. впервые были опубликованы правила посещения пещеры за подписью директора пещеры А. К. Воронихина, изложенного в 12 параграфах официального документа (неопубликованный документ из фондов музея карста и спелеологии ГИ УрО РАН). Читая его, находишь параллели и с современными условиями посещения пещеры в XXI в.

Директор пещеры, краевед А. К. Воронихин писал: «Все экскурсанты в пещере обязаны беспрекословно выполнять указания и распоряжения проводника; все экскурсанты обязаны идти цепочкой, не забегать впереди идущего товарища, не отставать. Соблюдать тишину. Категорически запрещается без ведома проводника взбираться на осыпи, уходить в боковые ответвления, отбивать камни от стен и ломать сталагмиты. Производить какие-либо надписи». Разработанные правила отражали картину внутреннего состояния пещеры и поведения туристов в то время. Какие-то формулировки звучат безапелляционно: не трогать руками кристаллы, не сходить с тропы, не взбираться на осыпи, не курить, не оставлять мусор... В настоящее время они сопровождаются подробными обоснованиями, объясняющими ценность и уязвимость пещер.

Допустимым воздействием на внутреннюю среду пещер являются такие, которые не выходят за пределы размаха естественных колебаний компонентов природной среды, так как вызываемый ими эффект обратим. Критическим по отношению к внутренней среде являются воздействия, превышающие допустимые и приводящие к необратимому сдвигу сложившегося равновесия и ведущие к разрушению цепей внутренних взаимосвязей системы. Ценность и уязвимость пещер заставляет по-особому относиться к их охране. Специфические черты их строения, особенность процессов, происходящих в них, требуют охраны, бережного использования пещер [3]. В Кунгурской пещере, исходя из определенных температурных значений внешнего фона, меняется регламент посещений: в весенне-летний период число посетителей в экскурсионной группе не должно превышать 25 человек, интервал между группами на входе - 15 минут. В зимнее время интервал сокращен до 10 минут, а количество участников экскурсии увеличивается до 35 человек. Регламент посещений пещеры разработан по математической модели теплового баланса, объемов пустот, сечению ходов, выноса и привноса тепла. Кунгурская пещера представляет собой эталонную систему «печной тяги» воздуха [3]. Движения воздуха в пещере определяется наличием нескольких входов на склоне Ледяной горы и существованием недоступных для человека трещинных выходов на ее платообразной поверхности. В холодный период воздух находится в восходящем движении, в теплый — в нисходящем движении [6].

Первые данные о воздушном режиме пещеры были получены на основании спорадических наблюдений, выполненных Е. С. Федоровым (XIX в.). И только после создания Кунгурского стационара начались систематические наблюдения за движением воздуха [6]. Сегодня на основе длительных наблюдений (1946-2001 гг.) условия туристского посещения без ущерба внутреннему климату пещеры предусматривают возможность поддержания четырех режимов проветривания пещеры. Закономерным является перемещение воздуха в сторону более высокой температуры: в зимнее время — с поверхности в пещеру, в летнее время — из пещеры на дневную поверхность. Опрокидывание воздушной струи при всех режимах проветривания происходит при выравнивании температур на поверхности и внутри пещеры, и находится в пределах +5 °С.

Новый этап в научной деятельности стационара начался с 2001 г., когда заведующей лабораторией была назначена О. И. Кадебская [5]. Многолетнее сотрудничество с профессором В. Н. Дублянским привело к дальнейшему позитивному развитию геоэкологических исследований в новом XXI в. Среди основных результатов — систематизация, анализ и перевод на электронные носители материалов многолетних наблюдений в Кунгурской пещере и пятитомного отчета, создание базы данных инженерно-геологических изысканий на территории г. Кунгура.

При объяснении экскурсантам многих удивительных процессов, протекающих под землей, мы прививаем им геоэкологическую культуру через разнообразные тематические экскурсии, лекции, геопроезды, геоконцерты. Широкое просветительское применение разнообразных форм работы с посетителями Кунгурской Ледяной пещеры способствует пониманию, что все пещеры Земли различаются особым микроклиматом, геоморфологическими характеристиками полости, геологическими, гидрогеологическими и гидрохимическими особенностями, а также наличием органического вещества [3]. Благодаря этому, в каждой пещере создаются неповторимые фациальные обстановки минералообразования. С 2001 г., согласно указу губернатора Пермской области № 163 от 26 июня, Ледяная гора и Кунгурская Ледяная пещера представляют собой историко-природный комплекс, в котором не прекращается работа режимных наблюдений, создана современная система мониторинга, включающая геологический мониторинг и маркшейдерский контроль, микроклиматические, гидрогеологические, гляциологические исследования [7]. Постоянные наблюдения позволяют отслеживать изменения подземного пространства в условиях 110-летней экскурсионной деятельности в пещере.

### Библиографические ссылки

1. Комплексное использование и охрана подземных пространств: Мат. Междунар. науч.-практ. конф., посв. 100-летию юбилею науч. и туристско-экскурсионной деятельности в Кунгурской Ледяной пещере и 100-летию со дня рождения В. С. Лукина / ГИ УрО РАН; под общ. ред. О. Кадебской, В. Андрейчука. Пермь, 2014.
2. К 95-летию со дня рождения В. С. Лукина // Пещеры: сб. науч. тр. / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2009. Вып. 32. С. 154-165.
3. Кунгурская Ледяная пещера: опыт режимных наблюдений / под ред. д.г.-м.н. В.Н. Дублянского. Екатеринбург: УрО РАН, 2005.
4. Андрейчук В. Н. Полвека у Ледяной пещеры / Силезский ун-т, ф-т наук Земле. Sosnowiec. 2000.
5. Наумкин Д. В. Кунгурской лаборатории-стационару Горного института УрО РАН - 70 лет // Девятнадцатые Всероссийские научные чтения памяти ильменского минералог В. О. Полякова / под ред. С. С. Потапова. Миасс: ИМин УрО РАН, 2018. С. 85-92.
6. Мавлюдов Б. Р. Климатические системы пещер // Вопросы физической спелеологии. М.: МФТИ, 1994. С. 6-24.
7. Кадебская О. И. Геоэкологическое состояние Кунгурской Ледяной пещеры и прилегающей территории ее охрана и рациональное использование. Автореф. дисс. канд. географ. наук. Пермь, 2004.

УДК 504.54.062:001.26

## ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОРГАНИЗАЦИИ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИГОРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

**М. И. Струк, С. Г. Живнач**

*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси,  
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь, [Struk-17@mail.ru](mailto:Struk-17@mail.ru)*

Приведено методическое обоснование оценки организации природных экосистем пригородной территории. Определены требования к ее внутренней дифференциации по условиям выполнения ими средоформирующих функций в интересах города с опорой на ландшафтную, бассейновую и секторально-поясную модели организации пространства. Представлен исследовательский алгоритм оценки.

**Ключевые слова:** оценка; природные экосистемы; пригородная территория; ландшафты; бассейны; леса.

## ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ASSESSMENT OF THE ORGANIZATION OF NATURAL ECOSYSTEMS IN SUBURBAN AREA

**M. I. Struk, S. G. Zhivnach**

*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, 10, F.  
Skoriny Str., 220076, Minsk, Republic of Belarus, [Struk-17@mail.ru](mailto:Struk-17@mail.ru)*

The methodological substantiation of the assessment of the organization of the natural ecosystems of the suburban area is given. The requirements for its internal differentiation according to the conditions of their performance of environmental-forming functions in the interests of the city, based on landscape, basin and sectoral-belt models of space organization, are determined. A research algorithm for evaluating each of them is presented.

**Keywords:** assessment; natural ecosystems; suburban are; landscapes; catchments; forests.

Природные экосистемы играют ведущую роль в формировании окружающей среды. Ее состояние зависит от занимаемой ими площади, вида, размещения.

Средоформирующее значение природных экосистем учитывается в используемых для оценки указанного состояния показателях. Так, их доля в общей площади территории принимается во внимание при оценке природного равновесия [1], антропогенного преобразования ландшафтов [2,3], экодиагностике территории [4] и др.

В рамках обоснования экологически наиболее эффективного размещения природных экосистем наработаны принципиальные схемы их оптимальной планировочной организации, которые выступают в форме экологической сети или экологического каркаса [5]. В основу этих схем положены идеи взаимосвязи данных экосистем, а также их ранжирования по экологической значимости.

Подобные схемы, очевидно, применимы к территориям различного иерархического уровня и назначения. В то же время при их разработке необходимо учитывать социально-экономические и экологические особенности этих территорий, что призвано обеспечить адекватный выбор для них приоритетов природоохранной деятельности.

Основное назначение природных экосистем пригородной территории заключается в их направленности на удовлетворение экологических потребностей города. Поэтому, организацию данных экосистем следует оценивать, исходя из названных потребностей, для чего нужна разработка соответствующего исследовательского инструментария.

Целью исследования выступила разработка методического обоснования оценки организации природных экосистем пригородной территории.

Задачи исследования:

- определить приоритетные экологические функции природных экосистем пригородной территории и обосновать выбор географических моделей ее дифференциации по условиям выполнения этих функций;
- разработать исследовательский алгоритм применительно к каждой из этих моделей

Объектом исследования выступили природные экосистемы пригородной территории. В ходе развития субурбанизации происходит увеличение ее застройки для селитебных, производственных, транспортно-логистических, коммунальных и иных нужд города. Соответственно, возрастает риск деградации этих экосистем и общего снижения их средоформирующего потенциала с уменьшением его стабилизирующего влияния на город. В связи с этим повышается значение оптимальной планировочной организации данных экосистем.

*Приоритетные экологические функции природных экосистем пригородной территории и выбор географических моделей ее дифференциации по условиям выполнения этих функций.* Научно-методическую основу исследования составил интегральный эколого-географический подход. Он опирается на совместное использование двух частных по отношению к нему подходов: экосистемного и геосистемного. Экосистемный подход подразумевает выделение субъекта и объекта

исследования. В рассматриваемом случае роль субъекта выполняет город, объекта — природные экосистемы пригородной территории.

Указанные экосистемы изначально обладают средоформирующими свойствами. Их стабилизирующее влияние распространяется не только на саму пригородную территорию, но и на город. Эффективность такого влияния зависит от местоположения этих экосистем, из чего следует необходимость внутренней дифференциации данной территории. Подобная дифференциация предполагает применение соответствующих географических моделей организации пространства — геосистемного подхода.

Выбор указанных моделей зависит от того, какие средоформирующие функции в интересах города выполняют природные экосистемы пригородной территории. По месту проявления эти функции можно разделить на внешние и внутренние. Первые направлены на обеспечение благоприятной окружающей среды собственно города и заключаются в поставке в него чистого воздуха и чистой воды. Вторые — на обеспечение благоприятного экологического состояния необходимых для функционирования города объектов, которые располагаются на пригородной территории — водозаборов, а также зон отдыха и оздоровления городского населения. Соответственно для рассматриваемых экосистем, основное значение будут иметь санитарно-гигиеническая, водоохранная и водорегулирующая, а также рекреационная функции.

Выполняют указанные функции природные экосистемы различного вида: лесные, луговые, болотные, водные. Их наличие, состав, свойства, а также пространственная организация зависят от ландшафтного строения территории, из чего следует необходимость ее ландшафтной дифференциации для оценки подобной организации. Использование ландшафта как пространственной единицы оценочных эколого-географических исследований обеспечивает деление территории на однородные по условиям природопользования и реакции на внешние воздействия выделы и создает основу выбора ландшафтно-адаптированных оптимизационных мер.

Свои требования к дифференциации пригородной территории выдвигаются в связи с размещением в ее пределах водоемов, используемых для водоснабжения города и отдыха проживающих в нем жителей. Качество воды и режим функционирования этих водоемов определяются, не только их гидрологическими параметрами, но и экологическим состоянием водосборных бассейнов. Отсюда потребность в бассейновой дифференциации территории для проводимого оценочного исследования.

В составе природных экосистем наиболее высокой эффективностью выполнения функций оздоровления атмосферного воздуха города,

обеспечения благоприятного водного режима и качества поверхностных и подземных вод, используемых для городских нужд, а также рекреационной отличаются леса. При этом их оздоровительный эффект зависит от размещения лесов. В данном случае имеет значение, во-первых, фактор их удаления от городских границ, поскольку по мере его увеличения этот эффект снижается. Во-вторых, фактор распределения лесов по сторонам горизонта, от чего зависит их влияние на состояние воздушных потоков, поступающих в город и выносимых из него с учетом «розы ветров». Соответственно, получение искомой оценки предполагает дифференциацию рассматриваемой территории на пояса и сектора.

*Алгоритм исследования.* С учетом приведенных выше критериев дифференциации пригородной территории, проведение исследования включает 3 соответствующие им направления: ландшафтное, бассейновое и секторально-поясное. По каждому из них предполагается последовательная реализация трех этапов: инвентаризационного, оценочного и конструктивного с соответствующим набором процедур.

*Ландшафтное направление:*

- природно-ландшафтное картографирование территории в масштабе, соответствующем требованиям ландшафтного планирования;
- определение структуры ландшафтов по составленной карте;
- оценка свойств ландшафтов и их устойчивости к внешним воздействиям;
- природно-ландшафтное районирование территории;
- картографирование хозяйственного использования территории с выделением видов земель;
- оценка степени антропогенного преобразования ландшафтов и сохранности природных экосистем в их пределах;
- ландшафтно-типологическое районирование территории с выделением районов, однородных по хозяйственному использованию в интересах города, природно-ландшафтному строению, антропогенному преобразованию и сохранности естественных экосистем;
- обоснование приоритетов оптимизационной деятельности для природных экосистем выделенных районов.

*Бассейновое направление:*

- составление перечня водных объектов пригородной территории, используемых для нужд города;
- бассейновое картографирование территории;
- бассейново-типологическое районирование территории с выделением районов трех типов: 1) объединяющих бассейны водных объектов, используемых для нужд города; 2) бассейны водных объектов, подверженных загрязняющему влиянию города; 3) бассейны водных объектов, не

используемых для нужд города и не подверженных его загрязняющему влиянию;

- оценка устойчивости водных объектов, используемых для нужд города, к внешним воздействиям;

- оценка экологического состояния водосборных бассейнов водных объектов, используемых для нужд города;

- оценка загрязнения вод водных объектов, используемых для нужд города и влияния на него водосборных бассейнов;

- обоснование водоохраных мер по оптимальной организации природных экосистем водосборных бассейнов.

*Секторально-поясное распределение лесов:*

- картографирование лесов пригородной территории с выделением поясов, расположенных на различном удалении от города и секторов по сторонам горизонта;

- определение доли земель, преобразованных хозяйственной деятельностью, рекреационно-оздоровительных объектов и густоты дорожной сети по выделенным поясам и секторам;

- определение лесистости по поясам и секторам и ее сопоставление с розой ветров;

- определение степени раздробленности лесов по секторам и поясам;

- обоснование приоритетных направлений охраны и рационального использования пригородных лесов по поясам и секторам.

*Выводы.* Проведение оценочного исследования организации природных экосистем пригородной территории с использованием географических моделей дифференциации пространства – ландшафтной, бассейновой и секторально-поясной обеспечивает возможность выделения в ее пределах ареалов, экологически наиболее значимых для города и адекватный выбор приоритетов природоохранного планирования.

### **Библиографические ссылки**

1. Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль. 1990.
2. Шищенко П. Г. Принципы и методы ландшафтного анализа в региональном проектировании. Киев: Фитосоцицентр. 1999. 284 с.
3. Марцинкевич Г. И. Ландшафтоведение: Пособие. Минск.: БГУ, 2005.
4. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск: СГУ. 1999.
5. Струк М. И., Живнач С. Г. Территориальная организация земель пригородной зоны Минска // Природопользование. Сб. науч. тр. Институт природопользования НАН Беларуси. 2017. Вып. 31. С. 65-72.



УДК 502.15:911.373:711.134 (476.2)

## ПРИОРИТЕТНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

М. И. Струк<sup>1)</sup>, Т. Г. Флерко<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», ул. Скорины, 10,  
220076, г. Минск, Беларусь, [Struk-17@mail.ru](mailto:Struk-17@mail.ru)

<sup>2)</sup>УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,  
ул. Советская, 104, 246028, г. Гомель, Беларусь, [tflerco@mail.ru](mailto:tflerco@mail.ru)

Выделены две группы наиболее значимых экологических проблем сельских населенных пунктов Гомельской области, связанных со снижением потенциала природных ресурсов и загрязнением окружающей среды. Определенно пространственное распределение по территории проблем сельских поселений, связанных с опасностью дегумификации почв и деградации луговой растительности, радиоактивным загрязнением, загрязнением вод колодцев и подверженностью наводнениям. Предложены возможные пути их решения.

**Ключевые слова:** экологические проблемы; сельские населенные пункты; дегумификация почв; деградация луговой растительности; радиоактивное загрязнение; загрязнение вод колодцев; подверженность наводнениям.

## PRIORITY ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF RURAL SETTLEMENTS IN THE GOMEL REGION AND POSSIBLE WAYS TO SOLVE THEM

M. I. Struk<sup>1)</sup>, T. G. Flerko<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus,  
10 F. Skoriny str., 220076, Minsk, Belarus, [Struk-17@mail.ru](mailto:Struk-17@mail.ru)

<sup>2)</sup>Francisk Skorina Gomel State University,  
104 Sovetskaya str., 246028, Gomel, Belarus, [tflerco@mail.ru](mailto:tflerco@mail.ru)

Two groups of the most significant environmental problems of rural settlements in the Gomel region, related to the reduction of the potential of natural resources and environmental pollution, are identified. The spatial distribution of problems of rural settlements, related to the danger of soil dehumification and degradation of meadow vegetation, radioactive pollution, well water pollution and flood susceptibility, is definitely determined. Possible ways to solve them are proposed.

**Keywords:** environmental problems; rural settlements; soil dehumidification; degradation of meadow vegetation; radioactive pollution; well water pollution; flood susceptibility.

Применительно к сельским поселениям Гомельской области можно выделить две группы наиболее значимых экологических проблем. Одну из них составят проблемы, имеющие отношение к снижению потенциала природных ресурсов, вторую — к загрязнению окружающей среды. К первой группе относятся, прежде всего, проблемы, связанные с опасностью дегумификации почв приусадебных земель и деградации естественной луговой растительности на прилегающих к поселениям территориях. Ко второй — проблемы радиоактивного загрязнения, загрязнения вод колодцев, а также подверженности поселений наводнениям.

Цель работы — выявить ключевые экологические проблемы, характерные для сельских населенных пунктов Гомельской области, предложить возможные пути их решения.

Комплексные исследования экологического состояния сельской системы расселения ранее не проводились. Сельские населенные пункты рассматривались с позиции возникновения в них отдельных экологических угроз. Уделялось внимание вопросам качества питьевых вод в сельских населенных пунктах [1], радиоактивного загрязнения [2], затрагивались проблемы загрязняющего влияния на окружающую среду животноводческих комплексов [3], нерационального использования земель поселений и др. [4].

За постчернобыльский период произошла трансформация значимых для экологического состояния сельских поселений производственных функций, которая проявилась в снижении их сельскохозяйственного и повышении рекреационного значения. В хозяйствах населения поголовье крупного рогатого скота сократилось в 16 раз, свиней — в 5 раз — до одной и четырех голов на 10 домохозяйств, соответственно.

Усиление роли рекреационной функции выразилось в создании таких объектов как агроусадьбы. Доля сельских поселений, в которых имеются агроусадьбы, составила в 2020 г. 5,3 %. В их размещении прослеживается зависимость от потребителя услуг и природно-ресурсного потенциала — самая высокая концентрация агроусадоб имеет место в районах с большими городами (обеспеченность более 10 %) и вблизи крупных рек.

Функционирование сельских поселений в сочетании с внешними воздействиями сопровождается возникновением экологических проблем. Опасность дегумификации почв приусадебных земель связана со значительным (двенадцатикратным) уменьшением образования органических удобрений, обусловленным сокращением поголовья скота в хозяйствах населения. Их внесение на 1 га пашни составило в 2020 г. 4,4 т, что ниже минимальной для Гомельской области потребности в 3,5 раза, а с учетом специализации этих хозяйств на выращивании картофеля — в 9 раз. Проблема проявляется повсеместно, но особенно интенсивно — в

поселениях с песчаными почвами, которые преобладают в центральной и юго-западной частях области.

Опасность деградации луговой растительности выражается в активизации процессов зарастания луговых экосистем рудеральной и древесно-кустарниковой растительностью, а также их заболачивании из-за прекращения сенокосения и выпаса скота. С учетом сложившегося очень низкого поголовья КРС в хозяйствах населения (в среднем 6 голов на одно поселение) проблема будет характерна для сельских населенных пунктов, где не имеется ферм по его содержанию; доля таких населенных пунктов составляет 75 % от их общего числа. Этот показатель, а, следовательно, и острота проблемы, являются более высокими в восточной части области, что может быть связано с меньшей величиной расположенных в ее пределах сельских поселений и, соответственно, их меньшей пригодностью для размещения ферм.

Проблема радиационного загрязнения фиксируется в половине сельских населенных пунктов, расположенных в 19-ти административных районах. Наибольшей ее остротой, определяемой по доле поселений с радиоактивным загрязнением с учетом его мощности, характеризуются районы, находящиеся в восточной и южной частях области. Со временем данная острота снижается вследствие естественного распада радионуклидов. Однако в почвах сельских поселений, особенно песчаных, проявляются процессы, способствующие повышению миграционной активности радионуклидов, связанные с уменьшением содержания в них гумуса, что создает дополнительную опасность загрязнения выращиваемых культур. Почвы данного гранулометрического состава распространены на землях более чем половины поселений с радиационным загрязнением, которые расположены, преимущественно, в юго-западной части области.

Химическое загрязнение вод колодцев сельских поселений Гомельской области выше среднего для страны уровня, что соответствует их более низкой естественной защищенности и отмечается в различные годы у 33–63 % водных проб. Решающий вклад в него вносят нитраты, на которые приходится 3/4 таких проб. За 2000-е гг. прослеживается снижение уровня данного загрязнения, которое согласуется с уменьшением применения органических удобрений в хозяйствах населения и минеральных — в сельскохозяйственных организациях. В большей степени химическое загрязнение вод колодцев проявляется в южной и западной частях области, которые заняты преимущественно низинными ландшафтами.

Опасности подтопления вследствие наводнений подвергается 8 % сельских населенных пунктов Гомельской области, в которых проживает 12 % сельского населения. Ее степень зависит от занимаемого ими гипсометрического уровня — доля таких поселений, находящихся на высоте 130

м и меньше в 2,5 раза выше среднего значения. Преобладающая часть подтапливаемых сельских населенных пунктов (почти 3/4) располагается в бассейне р. Припяти, особенно в его западной части.

Целостное представление об экологическом состоянии сельских поселений обеспечивает его интегральная оценка, которая выполнена с выделением двух групп проблем, отражающих, во-первых, загрязнение окружающей среды, во-вторых, снижение потенциала природных ресурсов. Опираясь на нее, проведено ранжирование районов Гомельской области по степени экологической напряженности. В пространственном распределении районов по первой группе проблем выделяются 2 крупных ареала ее повышенной степени, которые согласуются с плотностью радиоактивного загрязнения территории и располагаются, соответственно, в ее южной и восточной частях. По второй группе — более высокая экологическая напряженность имеет место в западных и центральных районах и снижается в восточных, что соответствует распространению песчаных почв.

Полученные результаты исследования создают основу выбора приоритетов по решению экологических проблем сельских поселений, а также обеспечивают возможность уточнения принимаемых в данном отношении мер. Оптимальным направлением их практического использования является включение в экологическое и социально-экономическое планирование различного уровня.

Из состава рассмотренных проблем государственное регулирование проводится только связанным с загрязнением окружающей среды. Осуществляется оно в форме целевых государственных программ. Для проблем, имеющих отношение к снижению потенциала природных ресурсов, подобного рода регулирование не предусмотрено. Наличие таких инструментов регулирования экологических проблем сельских поселений как целевые государственные программы способствует их решению. Вместе с тем важно принимать во внимание и происходящее со временем изменение степени остроты этих проблем, обусловленное природными или социально-экономическими факторами.

Острота проблемы радиационного загрязнения со временем снижается из-за естественного распада радиоактивных веществ. В поселениях, для которых данная проблема остается актуальной, рекомендуется в личных подсобных хозяйствах придерживаться правил, разработанных для сельскохозяйственных организаций. Они предусматривают известкование кислых почв, внесение в повышенных дозах калийных и фосфорных удобрений. При подборе культур для огородов необходимо выбирать сорта с минимальной способностью накапливать радионуклиды. На территории самих сельских населенных пунктов следует провести инвентаризацию неиспользуемых объектов, зданий и

сооружений. Они являются источниками дополнительного накопления и излучения радионуклидов, поэтому подлежат ликвидации.

Для решения проблемы загрязнения питьевых вод рекомендуется провести инвентаризацию и обследование источников нецентрализованного водоснабжения, разработать и реализовать мероприятия по улучшению их санитарного состояния. Решение проблемы подтопления населенных пунктов осуществляется с помощью инженерных мероприятий. Они проводятся в населенных пунктах, расположенных в паводкоопасных районах. Острота данной проблемы снижается из-за естественного сокращения числа таких поселений.

Опасность дегумификации почв приусадебных земель повышается из-за последовательного сокращения поголовья КРС, а, следовательно, и производства органических удобрений в хозяйствах населения. Снижение остроты этой проблемы можно обеспечить путем организации продажи этих удобрений сельскохозяйственными предприятиями и фермерскими хозяйствами, в которых имеются животноводческие фермы. Оптимальным способом решения проблемы деградации луговой растительности вблизи сельских поселений могло бы выступить создание в этих поселениях фермерских хозяйств, специализирующихся на выращивании скота.

### **Библиографические ссылки**

1. *Кудельский А. В., Пашкевич В. И.* Качество питьевых подземных вод в сельских населенных пунктах Беларуси. Минск, 1997. № 5(12). 22 с.

2. *Кудельский А. В.* [и др.] О радиоактивном загрязнении природных вод и водной миграции радионуклидов на юго-востоке Белоруссии // Докл. Акад. наук БССР. 1990. № 11. Т. 34. С. 1039–1042.

3. *Струк М. И., Кузнецов Д. П.* Влияние животноводческих ферм и комплексов на природопользование в условиях Припятского Полесья // Природные ресурсы Полесья: оценка, использование, охрана. Материалы международной научно-практической конференции. 8–11 июня 2015 г., г. Пинск. Пинск: Пинский государственный университет, 2015. С. 80–84.

4. *Гарцуева Е. Я.* [и др.] Экспериментальная схема землеустройства Браславского района: стратегия устойчивого землепользования // Земля Беларуси. 2009. № 3. С. 39–48.

УДК: 572.021(571.56)

## ВЛИЯНИЕ ДЕГРАДАЦИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ЛОКАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ ЯКУТИИ

**А. А. Сулейманов**

*Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН»,  
ул. Петровского, 1, 677027, г. Якутск, Россия, [alexas1306@gmail.com](mailto:alexas1306@gmail.com)*

Рассматриваются масштабы и последствия деградации многолетнемерзлых пород для ряда сельских населенных пунктов Якутии. В поселениях термокарстовые процессы создают препоны для традиционной хозяйственной деятельности. Показано, что деградация «вечной мерзлоты» приводит к проблемам с сохранностью жилого фонда, трансформации привычной структуры домохозяйств, затрудняет транспортное сообщение. Происходящие изменения влекут за собой увеличение финансовой нагрузки на население, хозяйствующие субъекты и местные администрации, негативно сказываются на социальном самочувствии сельчан.

**Ключевые слова:** Якутия; коренные народы Арктики; деградация многолетнемерзлых пород; термокарстовые процессы; сельская местность; традиционное хозяйство.

## IMPACT OF PERMAFROST DEGRADATION ON LIVELIHOODS OF YAKUTIA RURAL SETTLEMENTS

**A. A. Suleymanov**

*Federal Research Center "Yakut Scientific Center SB RAS", st. Petrovsky, 1,  
677027, Yakutsk, Russia, [alexas1306@gmail.com](mailto:alexas1306@gmail.com)*

The scale and consequences of permafrost degradation for a number of rural settlements in Yakutia are considered. In settlements, thermokarst processes create obstacles to traditional economic activities. It is shown that the degradation of permafrost leads to problems with the safety of the housing stock, transformation of the usual structure of households, and complicates transport communications. The ongoing changes entail an increase in the financial burden on the population, business entities and local administrations, and have a negative impact on the social well-being of villagers.

**Keywords:** Yakutia; indigenous peoples of the Arctic; degradation of permafrost; thermokarst processes; rural areas; traditional economy.

Республика Саха (Якутия) занимает площадь, равную 3103,2 тыс. км<sup>2</sup>, и по этому показателю является не только крупнейшим субъектом Российской Федерации, но и самой большой административно-

территориальной единицей в мире. Практически полностью обширная территория региона находится в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП) — «вечной мерзлоты». Именно здесь этот природный феномен достигает своей максимальной мощности, составляющей порядка 1,5 км.

Сильнольдистые породы занимают 31 % от общей площади Якутии [1]. В условиях современного изменения климата с быстрым повышением среднегодовой температуры воздуха в Арктике и Субарктике именно они находятся в зоне повышенного риска [2]. Разбалансировка климатического режима, наряду с последствиями антропогенного воздействия привела к форсированию процессов деградации ММП.

Проведенные в рамках поддержанного в 2019 г. Российским научным фондом проекта «Антропология холода: естественные низкие температуры в системе жизнеобеспечения сельских сообществ Якутии (традиционные практики, вызовы современности и стратегии адаптации)» в ряде сельских населенных пунктов Якутии исследования показали, что для территорий, подвергшихся антропогенному воздействию (распашка земель), характерно ежегодное углубление межполигональных понижений. На ключевом участке исследований в с. Амга за период наблюдений поверхность рельефа проседала в среднем на 5,5 см в год, в с. Юнкюр — на 7 см в год. Вместе с тем, на отдельных участках скорость просадок может достигать до 90 см в год. Вследствие углубления таких западин и их слияния образуются дюеды — формы термокарстового рельефа, которые представлены в виде круглых углублений, заполненных водой, и являются фактически первоначальными термокарстовыми озерами. 21 такое озеро было выявлено на территории с. Юнкюр. Максимальная их площадь составляет 10672 кв. м, минимальная 620 кв. м. При этом за период наблюдений площадь поверхности некоторых озер увеличилась до 40 %. В целом же, как показали проведенные исследования, негативными криогенными процессами охвачено 19,5 % земель от всех дворовых территорий в с. Юнкюр и 18 % в с. Амга. При этом, например, в Амге на деградирующих ландшафтах расположено 540 жилых и хозяйственных строений [3].

Отмеченные процессы привели к целому ряду негативных последствий для сложившихся систем жизнеобеспечения Амги и Юнкюра. Так, деградация ММП имеет следствием деформацию жилых и хозяйственных построек, часть из которых местное население вынуждено регулярно ремонтировать, а некоторые вовсе забрасывать и отстраиваться на новом месте. Наиболее показателен в этом отношении пример одного из многоквартирных домов в с. Амга, расположенном на улице Мира. Муниципалитет был вынужден расселить данный дом из-за угрозы его обрушения вследствие оттайки «вечной мерзлоты». Упомянутое образование

полигонального микрорельефа приводит к сокращению пригодных для строительства площадей по причине образования быларов и обводнения территории из-за деградации многолетнемерзлых пород, что крайне лимитирует возможности пространственного развития сел. Все эти факторы сказываются на удорожании строительных работ из-за необходимости предварительной отсыпки территории для создания термоизоляционной «подушки», возведения свайного фундамента, а также размещения объектов в труднодоступных с логической точки зрения местах. Возросшая финансовая нагрузка, в том числе, определяет и жизненные стратегии местных жителей, которые, например, вынуждены продолжать работать вместо ухода на заслуженный отдых, чтобы оплачивать необходимые ремонтные работы и/или строительство нового дома. В исследованных селах происходит деформация путей сообщения, как внутри исследованных населенных пунктов, так и связанных с сельскохозяйственными и охотничьими угодьями местных жителей. Значительно возросла нагрузка и на местные администрации, вынужденные производить дополнительную отсыпку территорий общего пользования, решать вопросы расселения пострадавших жильцов, восстановления дорог и перераспределять на эти работы и без того ограниченные финансовые ресурсы, отвлекая их от решения других важных задач [4].

Нарушение температурного режима ММП сказывается также на традиционной хозяйственной деятельности населения. Так, растепление ледников приводит к сокращению сроков или полной невозможности их использования. Возникший полигональный микрорельеф делает фактически невозможным повторный ввод данных территорий в сельскохозяйственный оборот. Кроме того, деградация «вечной мерзлоты» лимитирует возможности ведения сельскохозяйственной деятельности в пределах личных приусадебных участков местных жителей и выращивания привычных сельскохозяйственных культур. Все это, естественно, оказывает негативное влияние на социальное самочувствие местного населения, его уверенность в завтрашнем дне [4].

Позволили подтвердить и дополнить выявленную картину последствий деградации ММП для сложившихся локальных систем жизнеобеспечения исследования в других сельских населенных пунктах Якутии — Сырдахе, Улахан-Ане, Аргахтахе и Липпе-Атахе. Так, деформация сооружений и сокращение возможностей использования ледников в Аргахтахе происходит по причине наводнений, вызванных ростом количества надмерзлотных грунтовых вод за счет увеличения глубины сезонного протаивания и деградации сильнольдистых грунтов [5]. При этом наводнения привели к сокращению пастбищных угодий и значительному секвестру масштабов традиционного занятия скотовод-



ством. Кроме того, существенно ухудшилась транспортная доступность Аргахтаха. Данное село расположено в арктической зоне Республики Саха (Якутия) и традиционно связано с административным центром улуса — Среднеколымском стабильной сухопутной связью только в зимнее время посредством зимника «Арктика». Летом же в Аргахтах совершал рейсы самолет. В 2017 г. взлетная площадка была затоплена и пострадала настолько, что стало возможным лишь использование дорогостоящего вертолетного сообщения. При этом вертолеты совершают свои рейсы в село всего два раза в месяц [6]. Ухудшение транспортной доступности стало важнейшим следствием деградации ММП также и для жителей с. Липпе-Атах. Здесь они привели к невозможности эксплуатации одной из двух дорог (более короткой), связывающих село с районным центром — Верхневилуйском. В отношении Улахан-Ана показательно, что, как и в случае с Амгой, одними из основных пострадавших от негативных проявлений криогенных процессов являются молодые семьи, которые, как правило, еще не имеют надежной экономической основы для комфортного проживания и которым выделяются участки на территории заброшенных ранее сельскохозяйственных угодий.

Проведенные исследования позволили выявить ряд адаптационных механизмов, дающих возможность представителям сельских сообществ Якутии в той или иной степени нивелировать возникшие вызовы, связанные с трансформациями состояния окружающей среды: 1. изменение привычной для сельских сообществ Якутии технологии строительства из-за активизации термокарстовых процессов, включая предварительную отсыпку участков для постройки домов в целях создания теплоизоляционной подушки и сооружение домов на свайном фундаменте; 2. интенсификация использования земель, пригодных для строительства, включая более плотную застройку, качественно меняющую облик и структуру поселения; 3. усиление запроса со стороны представителей сельских сообществ Якутии к получению научно обоснованных данных по «взаимодействию» с многолетней мерзлотой, включая помощь в выборе для строительства мест со слабльдистыми многолетнемерзлыми породами; 4. главное — социальные отношения и традиционный коллективизм, во многом присущий для представителей сельских сообществ Якутии. Взаимная поддержка, прочные родственные связи позволяют местным жителям легче переносить различные стрессовые ситуации, сокращают угрозу десоциализации в случае форс-мажорных обстоятельств и делают систему жизнеобеспечения населения исследованных сел более устойчивой к различным потрясениям [3; 4].

Таким образом, деградация ММП в настоящее время имеет самые серьезные последствия для сложившихся на локальном уровне систем жизнеобеспечения сельских поселений Якутии.

### Библиографические ссылки

1. *Fedorov A. N., Vasilyev N. F., Torgovkin Ya. I. et al.* Permafrost-landscape map of the Republic of Sakha (Yakutia) on a Scale 1:1,500,000 // *Geosciences*. 2018. №8(12). P.465.
2. *Мохов И. И.* Особенности современных изменений климата в Арктике и их последствий // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2020. №4. С. 446–462.
3. *Lytkin V., Suleymanov A., Vinokurova L. et al.* Influence of permafrost landscapes degradation on livelihoods of Sakha Republic (Yakutia) rural communities // *Land*. 2021, vol. 10, № 2. P. 1–22.
4. *Сулейманов А. А., Лыткин В. М., Винокурова Л. И.* и др. Сельские сообщества Якутии в условиях деградации многолетнемерзлых пород: ключевые риски, социальные последствия, механизмы адаптации // *Арктика и Север*. 2023. № 52. С. 199–231.
5. *Готовцев С. П., Копырина Л. И., Ефимова А. П. и др.* Криоэкосистемы бассейна реки Алазеи. Новосибирск: Гео. 2018.
6. *Сулейманов А. А.* Последствия наводнений и деградации многолетней мерзлоты для системы жизнеобеспечения населения бассейна реки Алазея (на материалах второй половины XX-XXI в.) // *Научный диалог*. 2022. Т. 11, № 8. С. 470–487.

УДК 911.52

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ УРБОЛАНДШАФТОВ г. БОБРУЙСКА

**И. И. Счастливая, Д. С. Воробьев, А. А. Карпиченко**

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, [shchasnaya@bsu.by](mailto:shchasnaya@bsu.by)*

Проведена классификация урболандшафтов г. Бобруйска, выполнено их картографирование с выделением 14 видов и 5 групп видов городских комплексов. На основе полученного материала по оригинальной методике с использованием серии тепловых космических снимков спутника Landsat 8 и результатов анализа семи химических элементов (Cu, Pb, Mn, Zn, Ni, Cr, Co) и их суммарного накопления в почвах выполнена оценка теплового и геохимического загрязнения города. Расчеты варьирования этих показателей по урболандшафтам позволили выполнить оценку и создать карты экологических (эколого-тепловых, эколого-геохимических) рисков Бобруйска.

**Ключевые слова:** урболандшафт; тепловое загрязнение; геохимическое загрязнение; экологические риски.

## ASSESSMENT OF ECOLOGICAL RISKS OF URBOLANDSCAPES OF BABRUJSK

**I. I. Shchasnaya, D. S. Varabyou, A. A. Karpichenka**

*Belarusian State University, 4 Niezalieznasci Ave.,  
220030, Minsk, Belarus, [shchasnaya@bsu.by](mailto:shchasnaya@bsu.by)*

The classification of urban landscapes of Babrujsk was carried out, their mapping was performed with the allocation of 14 species and 5 groups of species of urban complexes. Based on the obtained material according to the original methodology using a series of thermal satellite images of the Landsat 8 satellite and the results of the analysis of seven chemical elements (Cu, Pb, Mn, Zn, Ni, Cr, Co) and their total accumulation in soils, an assessment of thermal and geochemical pollution of the city was performed. Calculations of the variation of these indicators for urban landscapes allowed us to assess and create maps of the environmental (ecological-thermal, ecological-geochemical) risks of Babrujsk.

**Keyword:** urban landscape; thermal pollution; geochemical pollution; environmental risks.

В XXI в. удельный вес городского населения в Беларуси возрос почти до 75 % за счет внутренних и внешних миграционных процессов. Очевидно, что при такой системе расселения экологическая безопасность городской среды становится наиболее актуальной проблемой и

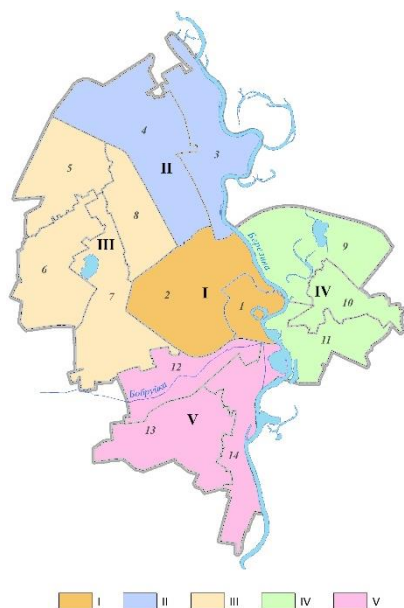
неотъемлемой частью устойчивого развития современных, особенно промышленных городов. Экологическая безопасность подразумевает необходимость выявления и изучения закономерностей распространения опасных природных и техногенных процессов, протекающих в городской среде и формирующих экологические риски.

В Республике Беларусь научные исследования проблемы рисков начались в первые годы XXI в. и сразу же приобрели экологическую направленность. Исследователи опубликованных в этот период работ понимали риск как вероятность возникновения угрозы для здоровья людей под влиянием загрязнения окружающей среды [1-3]. Придерживаясь этих же взглядов, авторы, при изучении экологических рисков промышленных городов нашей страны, выявили, что такие исследования рациональнее делать с учетом особенностей внутреннего строения городских территорий (урболандшафтов), формирование которых зависит как от природных (водные объекты, специфика рельефа) и социально-экономических факторов (географическое положение, геополитическая ситуация, развитие торговли и ремесел, войны, строительство железной дороги), так и связанных с ними архитектурно-планировочных (преемственность планировочной структуры, сохранность памятников истории, культуры и архитектуры) пред-посылок. И в силу своеобразия образования урболандшафтов (УЛ) для каждого из них характерны свои особенности формирования экологических рисков.

Анализ истории формирования города Бобруйска и учет всех факторов его развития позволили выделить по разработанной методике [4] 14 видов, объединенных в 5 групп видов урболандшафтов (рис. 1).

Центральная группа видов (13,6 % от площади города) охватывает самую старую ее часть и включает 2 вида УЛ. Северные урболандшафты занимают 19,8 % территории города и также представлены 2 видами УЛ (3, 4). Именно в пределах северных комплексов расположен большой блок промышленных предприятий — ОАО «Белшина», ОАО «Бобруйский завод биотехнологий» и др. Доминирует в городе группа западных урболандшафтов (28,5 %), которые представлены 4 видами (5-8).

На левобережье р. Березины выделена восточная группа урболандшафтов, занимающая 18,1 % площади города. Группа, включает три вида УЛ (9-11). Южная группа урболандшафтов (20,0 % площади города) охватывает 3 вида УЛ (12-14), ей характерна мозаичность застройки.



Группы (I-V) и виды (1-14) урболандшафтов:

I. Центральные на моренной равнине и пойме р. Березины (виды 1-2), II. Северные на водно-ледниковой равнине и пойме р. Березины (виды 3-4), III. Западные на моренной и водно-ледниковой равнине (виды 5-8), IV. Восточные на пойме и надпойменной террасе р. Березины, озерно-болотной низине и участками водно-ледниковой равнины (виды 9-11), V. Южные на моренно-зандровой равнине и пойме р. Березины (виды 12-14)

Рис. 1. Урболандшафты г. Бобруйска

Сложившаяся структура УЛ г. Бобруйска использована в качестве операционной единицы для оценок теплового и геохимического загрязнений. Особенности теплового излучения территорий, их динамика и источники изучены с использованием геоинформационных технологий и материалов дистанционного зондирования Земли. Оценка температуры земной поверхности выполнена на основе космических снимков Landsat 8 (2013-2021 гг.) в программном пакете QGIS по методике оценки экологических рисков урболандшафтов в промышленных городах [4].

Оценка температуры поверхности урболандшафтов г. Бобруйска показала, что структура теплового поля во многом обусловлена особенностями застройки города. Выявлено, что в летний период в центральной части города в силу комплексного характера застройки, в которой присутствуют крупные производственные объекты, формируется несколько «островов тепла». На этой территории температуры излучения поверхности в летний период достигают 40 °С, что почти на 20 °С выше температуры воздуха в утренние часы наблюдения. Анализ распространения температуры земной поверхности по урболандшафтам позволил выявить 4 уровня их теплового загрязнения (рис. 2А).

Проведен также геохимический анализ почвенного покрова урболандшафтов г. Бобруйска. Обработка полученных данных позволила выполнить оценку геохимического загрязнения их почвенного покрова, которая базируется на анализе распространения семи химических элементов (Cu, Pb, Mn, Zn, Ni, Cr, Co) и их суммарного накопления (*Kc*). Выявлено 4 уровня геохимического загрязнения (рис. 2Б).

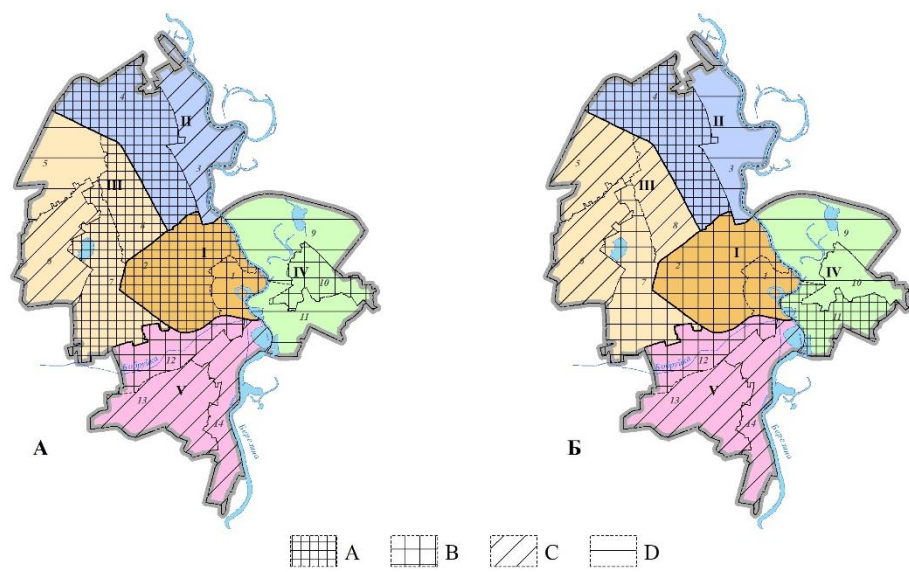


Рис. 2. Уровень теплового (А) и геохимического (Б) загрязнения урболандшафтов г. Бобруйска:  
 А – высокий, В – повышенный, С – средний, D – низкий

Оценка экологических рисков урболандшафтов опирается на результаты оценки теплового и геохимического загрязнения. Изучение, расчеты и анализ соотношения уровней их загрязнения позволили выделить 4 уровня экологических рисков и сделать выводы об особенностях их распространения по группам урболандшафтов.

Высокий уровень эколого-тепловых рисков выявлен в двух группах УЛ – центральной и северной и распространен на 33,4 % площади города (рис. 3А). Повышенная степень риска сформировалась в рамках очень разнородной южной группы УЛ. Средний уровень эколого-тепловых рисков характерен только для западной группы урболандшафтов, низкий уровень отмечен в восточной группе УЛ.

Самая высокая степень эколого-геохимических рисков выявлена в северной группе городских ландшафтов (рис. 3Б). Повышенный уровень характерен для центральной группы. Средняя степень эколого-геохимических рисков отмечена на 48,5 % территории города в рамках западной и южной групп городских комплексов. Низкая степень рисков представлена в восточной группе урболандшафтов.

Степень геохимических и тепловых рисков в рамках групп городских ландшафтов преимущественно совпадает. Так, для северных УЛ характерна высокая степень и эколого-тепловых и эколого-геохимических рисков. В западной группе городских ландшафтов выявлена средняя степень рисков, в восточной — низкая степень рисков. В центральной и южной группах отмечены небольшие различия в уровнях экологических рисков.

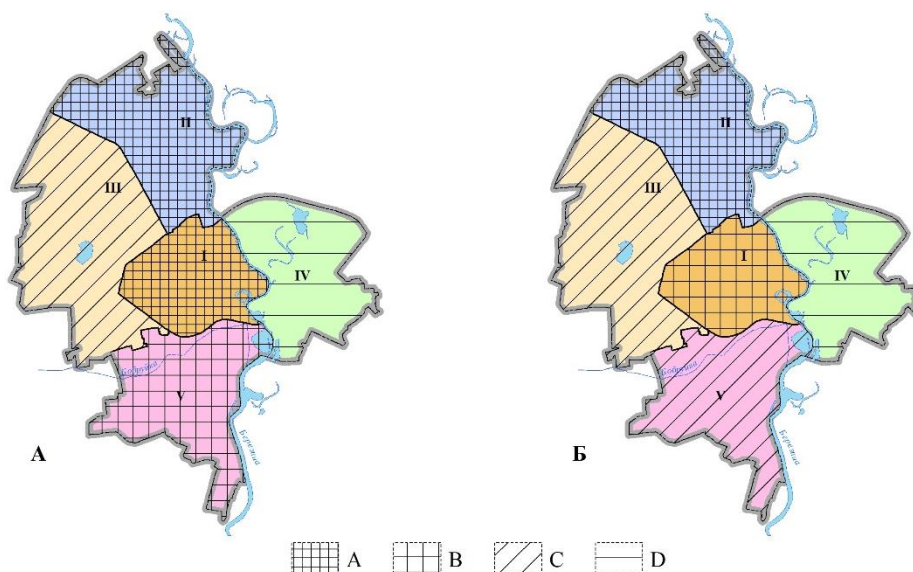


Рис. 3. Уровень эколого-тепловых (А) и эколого-геохимических (Б) рисков групп урболандшафтов г. Бобруйска:  
А – высокий, В – повышенный, С – средний, D – низкий

Установлено, что в целом для г. Бобруйска, в условиях сложившейся структуры урболандшафтов уровень экологических рисков соответствует категориям «приемлемые» и управление рисками в этой ситуации сводится к разработке предложений по экологической оптимизации городских комплексов.

### Библиографические ссылки

1. Светлогорск. Экологический анализ города / В. С. Хомич [и др.]. Минск: Минсктиппроект, 2002. 212 с.
2. Хомич В. С., Какарека С. В., Кухарчик Т. И. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси. Минск: Минсктиппроект, 2004. 259 с.
3. Струк М. И. Региональные особенности оптимизации окружающей среды Беларуси. Минск: Белорусская наука, 2007. 252 с.
4. Марцинкевич Г. И., Счастливая И. И., Карпиченко А. А., Воробьев Д. С. Формирование и оценка экологических рисков урболандшафтов в промышленных городах Беларуси // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2021. 2. С. 45-62.

УДК 551.3

**ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ И ИХ  
ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭКОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКУЮ  
ОБСТАНОВКУ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ АЗЕРБАЙДЖАНА  
(НА ПРИМЕРЕ ТАЛЫШ-ЛЕНКОРАНСКОГО РЕГИОНА)**

**С. А. Тарихазер**

*Институт Географии им. акад. Г. А. Алиева МНУО Азербайджана,  
пр. Г. Джавида, 115, AZ1143, г. Баку, Азербайджан, [kerimov17@gmail.com](mailto:kerimov17@gmail.com)*

В статье в качестве исследования факторов развития селевых процессов в бассейне р. Ленкоранчай и их воздействие на экогеоморфологическую обстановку выбран Талыш-Ленкоранский регион. Дана геолого-геоморфологическая характеристика и выявлены новые селевые очаги в бассейне р. Ленкоранчай, указаны основные факторы их формирования. В ходе анализа селевой опасности использовались космические снимки высокого разрешения CNES/Airbus, Maxar Technologies (GeoEye-1), и среднего разрешения Sentinel-2A и 2B.

**Ключевые слова:** сель; риск; экогеоморфологическая обстановка; рекреация; селевой очаг.

**FACTORS OF THE DEVELOPMENT OF MUDFLOWS AND  
THEIR IMPACT ON THE ECOGEOLOGICAL  
CONDITION OF MOUNTAIN TERRITORIES OF AZERBAIJAN  
(USING THE EXAMPLE OF THE TALYSH-LANKARAN REGION)**

**S. A. Tarikhazer**

*Institute of Geography named by acad. H. A. Aliyev of Ministry of Science and Education of  
Azerbaijan, H. Javid str., 115, AZ 1143, Baku, Azerbaijan, [kerimov17@gmail.com](mailto:kerimov17@gmail.com)*

In the article, as a study of factors in the development of mudflow processes in the Lankaranchay river basin and their impact on the ecogeomorphological situation were selected in the Talysh-Lankaran region. Geological and geomorphological characteristic was given, and new mudflow hearts were identified in the Lankaranchay river basin, the main factors of their formation are indicated. During the mudflow hazard analysis, the high-resolution space images from CNES/Airbus, Maxar Technologies (GeoEye-1), and medium-resolution Sentinel-2A and 2B were used.

**Keywords:** mudflow; risk; ecogeomorphological situation; recreation; mudflow hearts.

Снижению риска стихийных бедствий сегодня уделяется особое внимание как одному из важнейших факторов устойчивого развития стран. По данным МЧС с января по сентябрь 2023 г. в Азербайджане выявлено 12



425 эпизодов природного и антропогенного характера. В следствие этих происшествий погибли 48 человек, еще 181 пострадал.

Согласно многолетним статистическим данным, в этом году зафиксировано самое большое количество селей и наводнений за последние 57 лет. В 2023 г. с апреля и до 30 июня зарегистрирован 81 эпизод проявления селей, что превышает прошлогодний рекорд (в 2022 г. — 43). За последние 10 лет в июне в среднем регистрировалось от 3 до 9 случаев проявления селей, в прошлом году их было 18, а в этом году за 15 дней июня произошло 26 таких случаев.

В качестве исследования факторов развития селевых процессов и их воздействие на экогеоморфологическую обстановку выбран Талыш-Ленкоранский регион. Здесь в последние годы наблюдается активизация проявления селевых явлений, что по-нашему мнению, связано с глобальными климатическими изменениями, когда отдельные ливни порождают неструктурные селевые потоки. Кроме того, в регионе полномасштабно идет процесс формирования рекреационно-туристической индустрии. Следовательно, все больше объектов инфраструктуры возводятся в непосредственной близости в зонах активного формирования угрожающих естественных процессов, включая и на селеопасные районы. Значит, огромную важность получает усовершенствование достоверности прогноза проявления и учета селеопасных процессов [1, с. 177].

Значительная роль в формировании рельефа Талыш-Ленкоранского региона принадлежит вулканической деятельности, имевшее наибольшее развитие в эоцене. Блоковое строение, обусловленное разрывной тектоникой, проявляется в ступенчатости его рельефа. Первая ступень, высотой 800-900 м, отвечает водоразделу Буроварского хребта, восточный склон которого срезан Предталышским глубинным разломом. Речные долины, пересекающие водораздел, широкие и плоскодонные, сопровождающиеся серией аккумулятивных и эрозионно-аккумулятивных террас. Здесь внутригорные котловины характеризуются большими мощностями заполняющих их континентальных отложений. Вторая ступень, которая возвышается над первой, высотой 1400-1600 м, занимает бассейн правых притоков р. Ленкоранчай в ее среднем течении. Речные долины узкие и крутосклонные, в которых развиты эрозионные террасы. С юго-запада она ограничена глубинным разломом, отделяющим Лерикский синклиорий от Астаринского хребта. Третья ступень, высотой 700-800 м на юго-востоке и 2200 м на северо-западе отвечает высоким вершинам Пештасарского хребта. На юго-западе также проходит глубинный разлом. Четвертая ступень, высотой 2400 м, соответствует Талышскому хребту, которая с северо-востока ограничена глубинным разломом. Здесь склоны речных долин крутые и их днища имеют большие уклоны.

В Талыш-Ленкоранском регионе широко распространены гравитационные процессы - обвалы, осыпи, оползни. Обвалы развиты фрагментарно, главным образом по юго-западному склону Пештасарского хребта. Осыпи наибольшее развитие имеют в Госмальянской и Дыманской внутривулканических котловинах. На Пештасарском хребте крутые склоны моноклиналичных гребней почти сплошь покрыты осыпным материалом. Оползни развиты на северо-восточных склонах Пештасарского хребта и в зоне перехода его в Ярдымлинскую межгорную впадину. Ярдымлинская котловина, большая часть северо-восточных склонов Буроварского хребта, сложенных песчано-глинистыми отложениями, характеризуются широким развитием оползневых процессов, придающие районам их развития типичный оползневой ландшафт. Повсюду распространены флювиальные процессы. В пределах возвышенностей развиты эрозионно-денудационные, в понижениях — аккумулятивные флювиальные процессы. Плоскостной смыв, формирующий делювиальные шлейфы, проявляется по всей территории. Плоскостной смыв интенсивно проявляется на участках, лишенных почвенно-растительного покрова. Например, пролювиально-делювиальные суглинистые отложения, которые местами сплошным чехлом покрывают предгорную и низкогорную зоны, имея большой коэффициент непроницаемости, способствуют интенсивному развитию плоскостного смыва [2, с. 41].

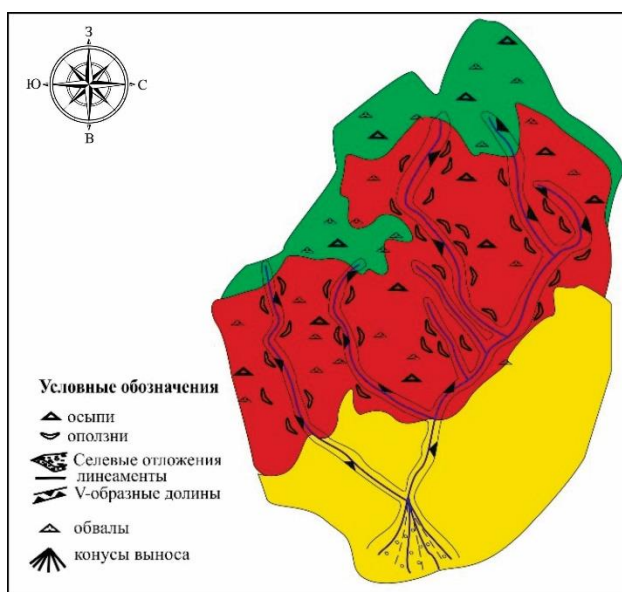
Для анализа факторов развития селевых потоков на примере наиболее селеопасного бассейна р. Ленкоранчай (таблица) на базе материалов собственных полевых геолого-геоморфологических работ, в том числе фондовой литературы выявлены новые селевые очаги (рис. 1, 2). Для этого использовались космические снимки (КС) высокого разрешения CNES/Airbus, Maxar Technologies (GeoEye-1), и среднего разрешения Sentinel-2A и 2B. Помимо этого проведено визуальное и полуавтоматическое дешифрирование (классификация с обучением) на основе ArcGIS. При помощи этого метода возможно достоверно определить положение районов формирования комплекса экзогеоморфологических процессов, а также дать оценку степени их опасности. Риски следует выявить и анализировать, не дожидаясь последствий — воздействия реализованного риска на экосистему [3, с. 1227; 4, 265].

**Даты прохождения наиболее опасных селевых потоков  
на р. Ленкоранчай (за 2000-2023 гг.)**

№	Дата прохождения селея	Последствия селея
1	03.09.2000 г.	Нанесен материальный ущерб цитрусовым и чайным плантациям. Затоплены подвалы жилых помещений.
2	13.09.2003 г.	Селевой поток причинил урон 3 жилым постройкам.
3	05.06.2006 г.	В с. Сиявар затопило улицы, а также около 100 участков дворов. Большинство домашней птицы унесено селем.
4	29.09.2009 г.	Селевые потоки нанесли серьезный ущерб собственным хозяйствам сельчан. Под водой остались земельные участки, стога сена, домашняя утварь.
	03.04.2010 г.	Селевой поток повредил линии электрических столбов, жители ряда сел и г. Ленкорань остались без света. Погибло несколько голов домашнего скота и птиц.
5	27.10.2014 г.	В сс. Гейшабан и Шаглакюджа затопило дворы жилых помещений. Дождевые воды смыли посевы зерновых полей.
6	25.11.2014 г.	Затопило более 1000 жилых помещений г. Ленкорань, здание электросети и районного отделения Госслужбы по мобилизации и призыву на военную службу. В с. Хавзава 20 построек остались без света.
7	18.04.2016 г.	Селевым потоком поврежден мост, несколько пешеходных дорог, погибло большое число домашней птицы и скота, нанесен материальный ущерб пахотным полям.
8	28.10.2016 г.	Селевой поток заполнил подвалы 35 жилых помещений в с. Сиявар.
9	15.11. 2022 г.	Селевым потоком нанесен материальный ущерб цитрусовым садам. По берегам реки оживились оползневые процессы.
10	15.05.2023 г.	Селевой поток затопил посевные поля. Нанесен ущерб фруктовым садам. Разрушена часть сельской дороги.
11	17.09. 2023 г.	Селевой поток затопил 50 жилых помещений и дворов, расположенных в г. Ленкорань и в с. Сютемурдов. Разрушен железобетонный мост длиной 25 м и шириной 10 м в с. Ваго. Прервана связь с 24 селами сельсовета административно-территориального округа Сияку, 10 селами представительства сельсовета Асханакеран и 6 селами представительства сельсовета Хамошам.
12	16.10.2023 г.	Селевой поток разрушил пешеходный мост.



Рис. 1. Селевые очаги в бассейне р. Ленкоранчай



М 1:500 000

- высокие, интенсивно расчлененные горы
- высокие и средние, интенсивно расчлененные складчатые горы
- низкие, интенсивно расчлененные складчатые горы

Рис. 2. Геоморфологическая картосхема р. Ленкоранчай

Территориальная дифференциация селевых очагов бассейна р. Ленкоранчай обусловлена большой густотой и глубинным расчленением рельефа, крутизной поверхности и экспозиции склонов [5, с. 135]. Развитие и распространение селевых очагов строго подчиняется законам высотной зональности всех геолого-геоморфологических факторов (оползни, обвалы, осыпи и пр.) и в зависимости от пространственной ориентации склонов по-разному проявляется характер этих явлений и отчетливость их дифференциации.

Из вышеизложенного следует, что по причине активного, а порою и бесконтрольного антропогенного воздействия, а также и глобальных климатических изменений значительно выросли риски и опасности возникновения селевых очагов и потоков в бассейне р. Ленкоранчай. Для уменьшения отрицательного воздействия селей на различные, в первую очередь рекреационные объекты, необходимо постоянно вести мониторинг с целью предотвращения их возможной активизации. Считаем, что данное исследование сыграет существенную роль в разрешении сложного вопроса, как прогнозирование селей с целью реализации устойчивого развития горных регионов и Азербайджана, и сходных регионов Альпийско-Гималайского пояса.

### Библиографические ссылки

1. *Tarikhazer S. A.* The geographical prerequisites for the identification and prevention of dangerous geomorphological processes in the mountain geosystems of the Alpine-Himalayan belt (on the example of the Major Caucasus of Azerbaijan) // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. Украина, Днепропетровск. 2020. № 1. С. 176-187. DOI <https://doi.org/10.15421/112016>
2. *Шуринов Н. Ш.* Проблемы экзогенного морфогенеза (по материалам территории Азербайджанской ССР) // *Известия АН Азерб. ССР. Серия наук о Земле*. 1985. № 3. С. 39-45.
3. *Guliyeva S. Yu., Tarikhazer S. A., Kuchinskaya I. Ya., Karimova E. J.* Natural and anthropogenic factors in hazard assessment of the Alpine-Himalayan montane ecosystems (at the example of the Azerbaijan Caucasus) // *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*. 2019. Volume 72. Issue № 9. P. 1227-1233 DOI: 10.7546/CRABS.2019.09.10
4. *Tarikhazer S. A.* Assessment of ecological strength and risk of geosystems of the north-eastern slope of the Great Caucasus (within Azerbaijan) // *Вестник Хар. Нац. Ун-та им. В. Н. Каразина – серия «Геология. География. Экология»*. 2022. Вып. 56. С. 264-276 <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-20>
5. *Будагов Б. А.* Генетическая классификация селеобразующих очагов // *Известия АН Азерб. ССР, серия наук геолого-географическая*. 1961. № 5. С. 133-141.

УДК 911.3

## ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ ОБ УСТЬЕВЫХ ОАЗИСАХ КАК ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

**В. Н. Федорко**

*Средняя общеобразовательная школа № 233, Алмазарский район,  
массив Кара-Камыш 1/2, 100098, г. Ташкент, Узбекистан, [viktor-f-89@mail.ru](mailto:viktor-f-89@mail.ru)*

На основе обобщения выводов об особенностях природных и хозяйственных условий оазисов, приуроченных к речным дельтам, конусам выноса и приустьевым террасам рек аридных и семиаридных территорий, сформулировано определение устьевых оазисов. Охарактеризованы геопозиционный, ландшафтно-генетический, культурно-ландшафтный, экономико-географический, геоэкологический и структурно-пространственный аспекты природно-хозяйственной организации устьевых оазисов.

**Ключевые слова:** устьевой оазис; дельта; конус выноса; орошаемое земледелие; территориальная природно-хозяйственная система.

## GENERAL CONCEPT OF MOUTH OASIS AS TERRITORIAL NATURAL ECONOMIC SYSTEMS

**V. N. Fedorko**

*Secondary school No. 233, Almazar district,  
Kara-Kamysh 1/2 massif, 100098, Tashkent, Uzbekistan, [viktor-f-89@mail.ru](mailto:viktor-f-89@mail.ru)*

Based on a generalization of conclusions about the features of the natural and economic conditions of oases confined to river deltas, alluvial fans and estuarine terraces of rivers in arid and semiarid territories, a definition of mouth oases has been formulated. The geopositional, landscape-genetic, cultural-landscape, economic-geographical, geoecological and structural-spatial aspects of the natural and economic organization of mouth oases are characterized.

**Keywords:** Mouth oasis; delta; alluvial fan; irrigated agriculture; territorial natural-economic system.

Исторически в условиях аридных регионов, в частности, Центральной (Средней) Азии, в становлении цивилизации, основанной на орошаемом земледелии и оазисном расселении, роль устьев рек исключительна. Орошаемое земледелие в Средней Азии зародилось в VI тысячелетии до н.э. в низовьях небольших речек, стекающих со склонов Копетдага, где сформировались очаги неолитической джейтунской

культуры, а первые крупные оазисы в регионе были созданы в V-IV тыс. до н.э. в дельтах Теджена и Мургаба [1-2].

Устьевые геосистемы развиваются на основе аккумулятивных литолого-геоморфологических систем — дельт, конусов выноса, приустьевых террас. С особенностями литологии и рельефа устьевых образований связаны характерные черты их гидрогеологических условий, в частности значительные запасы грунтовых вод, их относительно близкое к поверхности залегание, специфический химический состав и т. д. Своеобразие гидрогеологической организации способствовало развитию в пределах устьевых участков речных бассейнов гидроморфных и полугидроморфных типов почв, особенно, в условиях равнин. Именно литолого-геоморфологические, гидрогеологические и почвенные условия играют определяющую роль в формировании *интразональных* признаков природного облика устьевых геосистем аридных регионов.

В пределах дельт и конусов выноса русла речных потоков становятся неустойчивыми, зачастую образуя систему рукавов. В результате развития орошения гидрографические сети этих территорий трансформировались в *оросительные «веера»* отводов, каналов, коллекторов, арыков. Многие реки в странах Центральной Азии вследствие интенсивного водозабора в современных условиях заканчиваются, рассеиваясь в ирригационных веерах, никуда не впадая. Устья таких рек, как известно, называются «слепыми» [3]. «Слевыми» являются, к примеру, устья Зарафшана, Мургаба, Теджена, Кашкадарьи, Соха, Чу, Таласа, Исфары, Исфайрамская, Акбуры. За пределы «слепых» дельт и конусов выноса региона вытекают только коллекторно-дренажные воды, хозяйственное значение которых в нынешних условиях невелико.

Многовековой опыт поливного земледелия в дельтах и на конусах выноса аридных территорий вызвал существенные изменения гидрографической сети, литологии поверхностных отложений, рельефа, гидрогеологических условий, почвенного покрова, органического мира. Так, например, они отличаются наличием мощных толщ агроирригационных наносов и широким развитием техногенных форм рельефа, в тесной связи с глубокой трансформацией режима поверхностных вод претерпели коренные изменения уровень залегания, режим и минерализация подземных вод. Следовательно, рассматриваемые территории представляют собой глубоко преобразованные многовековой хозяйственно-селитебной эксплуатацией природно-антропогенные геосистемы. В этой связи верным и обоснованным представляется выделение А. Н. Ходжиматовым [4] таких классификационных разновидностей оазисных ландшафтов Узбекистана, как оазисы на дельтовых равнинах, оазисы на низких (I, II) террасах рек, оазисы на конусах выноса и оазисы на пролювиальных шлейфах.

В пределах устьевых геосистем стран Центральной Азии, Афганистана, Ирана, Азербайджана, Синьцзян-Уйгурского автономного района КНР и других стран и территорий мира с аридным и семиаридным климатом исторически сложились своеобразные системы производства и расселения, стержневую основу которых составляет орошаемое земледелие и ирригационная инфраструктура. В некоторых дельтах и конусах выноса сформировались крупные формы городского и сельско-городского расселения агломерационного характера. Особенности ландшафтных и хозяйственно-селитебных комплексов устьев рек способствуют развитию специфических геоэкологических процессов. Можно сказать, что природно-антропогенные ландшафты и взаимодействующие с ними социально-экономические структуры в устьях рек образовали самобытные территориальные природно-хозяйственные системы, имеющие характерные пространственные контуры, которые просматриваются на общегеографических картах различных масштабов (особенно, средне- и крупномасштабных) и космофотоснимках. Эти интегральные геокомплексы именуется автором *устьевыми оазисами*. Определение данного понятия представляется возможным сформулировать следующим образом:

*Устьевые оазисы* — это территориальные природно-хозяйственные системы, приуроченные к устьевым аккумулятивным образованиям — дельтам, конусам выноса, устьевым террасам рек аридных и семиаридных регионов, пространственно-временная структура, функционирование и развитие которых обусловлены развитием и размещением орошаемого земледелия с характерными для него селитебными структурами.

Пространственные контуры устьевых оазисов определяются природными (гидрографическими, литолого-геоморфологическими, почвенными) рубежами, очерчивающими дельты, конусы выноса и устьевые террасы рек. В некоторых случаях целесообразно учитывать территориально-хозяйственную целостность устьевых геосистем и прилегающих к ним земель иного ландшафтно-морфологического типа, ведущим фактором которой является единство водохозяйственной инфраструктуры.

Устьевые оазисы заметно отличаются от территориальных природно-хозяйственных систем речных долин, горных хребтов, пустынных равнин, межгорных котловин аридных и семиаридных регионов не только физико-географическими условиями, но и своим естественно-ресурсным потенциалом, специализацией и территориальной структурой хозяйства, расселением населения, геоэкологической и медико-географической обстановкой. Типологическая общность устьевых оазисов проявляется в следующих аспектах:

- *геопозиционный*: устьевые оазисы, расположенные на различных гипсометрических уровнях региона, занимают характерное концевое географическое положение в пределах речных бассейнов соответствующего порядка. Это накладывает существенный отпечаток, как на природные



условия, так и на геоэкологическую обстановку, которая складывается не только под влиянием местного природопользования, но и в тесной связи с процессами социоприродного взаимодействия в пределах гидрографических бассейнов в целом;

- *ландшафтно-генетический*: общие черты ландшафтной структуры устьевых геосистем региона связаны с интенсивными процессами аккумуляции флювиального материала в концевых частях бассейнов и формированием здесь специфических геоэкологических образований одного генетического ряда — дельт, конусов выноса, устьевых террасовых равнин;

- *культурно-ландшафтный*: равнинные дельты, конусы выноса предгорий и гор отличаются высокой степенью антропогенной преобразованности всех компонентов природы и их пространственных сочетаний, принявших форму культурных (оазисных) ландшафтов, что связано с длительной историей освоения изучаемых районов под орошаемое земледелие и высокой плотностью хозяйственно-селитебного использования;

- *экономико-географический*: исследуемые территориальные природно-хозяйственные системы образуют своеобразные ядра пространственной организации производительных сил высотных природно-экономических зон, в которых они располагаются: дельты — по отношению к пустынным равнинам; предгорные конусы выноса — в подгорных равнинах и межгорных котловинах; горные конусы выноса — в пределах горных и высокогорных долин. В предгорно-горной части региона анализируемые интегральные геосистемы образуют сопряженные линейно вытянутые ряды и превращаются в каркасные линии (полосы) территориальной структуры экономики и населения. Ведущие направления хозяйственной специализации этих территорий также во многих случаях близки и связаны с развитием многоотраслевого сельского хозяйства на базе поливного земледелия. Вместе с тем, многие устьевые оазисы как староосвоенные районы со зрелой, многоотраслевой структурой хозяйства отличаются высоким уровнем урбанизации и значительным потенциалом агроиндустриального развития;

- *геоэкологический*: в связи с тем, что устьевые оазисы выделяются высокой плотностью хозяйственно-селитебного освоения, неустойчивостью природных комплексов, а также специфическим эколого-географическим положением в пределах бассейновых (в т. ч. трансграничных) систем природопользования, эти районы характеризуются весьма сложной, зачастую неблагоприятной, геоэкологической обстановкой, качественные характеристики которой выражены в развитии своеобразного комплекса типичных природно-антропогенных процессов. К числу последних можно отнести вторичное засоление земель, ирригационную эрозию, ксероморфизацию ландшафтов, подъём уровня грунтовых вод, загрязнение водной, воздушной и почвенной среды техногенными веществами;

- *структурно-пространственный*: взаимодействие речного стока и рельефа дельт и конусов выноса, на которое существенный отпечаток накладывают неотектонические движения территории, обуславливает формирование своеобразной пространственной структуры устьевых ландшафтов. Географическая неоднородность этих природно-территориальных комплексов может проявляться в следующих формах: 1) *фациальности* — чередовании областей аккумуляции терригенного материала различного механического состава от вершины к периферии конусов выноса [5] — и связанной с ней *склоновой ландшафтной микрizonaльности* [6]; 2) *сегментности* — сочетании разновозрастных частей дельт и конусов выноса, сопряжённых в веерообразной или древовидной форме [7-8]; 3) *ярусности* — ступенчатообразной смене гипсометрических «ярусов» дельт и конусов выноса [9-10]. Тесная взаимосвязь хозяйственно-поселенческих комплексов с ландшафтами способствует формированию своеобразного морфологического рисунка географических систем производства и расселения в пределах устьевых оазисов, закономерно сопряжённых с теми или иными элементами природно-антропогенных мелиоративных комплексов.

Определённые изменения в морфологию и внутреннюю структуру изучаемых территорий внесло активное антропогенное преобразование их природно-ландшафтной основы, в т. ч. водохозяйственное строительство, мелиорация сельскохозяйственных угодий, освоение приоазисных земель, расширение сети населённых мест, кальмотаж привершинных участков конусов выноса, отвод грунтовых и коллекторно-дренажных вод за пределы устьевых оазисов и другие инженерно-технические мероприятия.

По *литолого-геоморфологическим и ландшафтным особенностям устьевых оазисов аридных территорий* можно подразделить на *три физико-географических класса: равнинные, предгорные и горные*. Равнинные устья рек, как правило, представляют собой обширные дельты, для которых свойственно преобладание мелкозёмистых аллювиальных отложений, очень малые уклоны рельефа, неглубокое залегание грунтовых вод и их повышенная минерализация, закономерное сочетание гидроморфных, полугидроморфных и автоморфных геосистем, сопряжённых с разными морфологическими элементами поверхности. Особенности эколого-географического положения этих территорий под воздействием сложных процессов природопользования по всему пространству речных бассейнов выступают предпосылками тенденций автоморфизации и аридизации (опустынивания) ландшафтов.

Предгорные устьевые районы заняты обычно внешними конусами выноса рек пролювиального или смешанного, аллювиально-пролювиального генезиса. В сравнении с дельтами конусы выноса характеризуются более пёстрым литологическим составом поверхностных отложений (мелкозём господствует лишь на периферийных участках), морфометрическими особенностями рельефа, меньшим распространением почв и

ландшафтных комплексов гидроморфного ряда. У некоторых горно-предгорных рек, отличающихся сравнительной многоводностью, устьевые участки заняты не конусами выноса, а аллювиальными равнинами на молодых террасах.

В горных и высокогорных условиях устьевые участки рек заняты по большей части конусами выноса, которым присущи худшая степень сортировки поверхностных отложений, более крутые уклоны местности и некоторые другие морфометрические особенности рельефа, сравнительно глубокий уровень залегания грунтовых вод, лучшие условия дренированности территории. Всё это способствует общему своеобразию ландшафтной организации горных устьевых геосистем.

Располагаясь на разных гипсометрических уровнях, устьевые оазисы трех классов образуют *каскадно-ступенчатую систему* геокомплексами единого морфогенетического ряда.

### Библиографические ссылки

1. История Древнего Востока / Под ред. В. И. Кузищина. М.: Высшая школа, 1979.
2. Рассудова Р. Я. Естественные условия и система хозяйственно-социальных отношений в позднефеодальный период в истории народов Средней Азии // Роль географического фактора в истории докапиталистических обществ. Л.: Наука, 1984. С. 144-166.
3. Кирста Б. Т. Реки пустынь. Ашхабад: Ылым, 1980. 100 с.
4. Ходжиматов А. Н. Оазисные ландшафты пустынной зоны Узбекистана: состояние, оценка и прогноз возможных изменений (на примере агрогеосистем низовьев Зарафшана и Амударьи): автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Ташкент, 1996.
5. Елисеев В. И. Закономерности образования пролювия. М.: Наука, 1978. 232 с.
6. Абдулкасимов А. А. Проблемы изучения межгорно-котловинных ландшафтов Средней Азии. Ташкент: Фан, 1983.
7. Уразбаев А. К. Системная организация природно-мелиоративных условий современной дельты Амударьи: автореф. дисс. ... докт. геогр. наук. Ташкент, 2002.
8. Хакимов Ф. И. Почвообразование и соленакопление в дельтах аридных областей в связи со структурой их поверхности: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 1995.
9. Алланазаров К. Ж. Оценка природных условий и ресурсов неорошаемой части дельты Амударьи для развития сельского хозяйства: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Ташкент, 2002.
10. Мурзаев Э. М. Природа Синьцзяня и формирование пустынь Центральной Азии. М.: Наука, 1966. 382 с.

УДК 628.193

## ОБОСНОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Г. Т. Фрумин<sup>1)</sup>, Е. С. Негодина<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, набережная реки Мойки, 48, 191186, г. Санкт-Петербург, Россия, [gfrumin@mail.ru](mailto:gfrumin@mail.ru)

<sup>2)</sup>Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ГосНИОРХ» им. Л. С. Берга), набережная Макарова, 26, г. Санкт-Петербург, Россия, [10020092@rambler.ru](mailto:10020092@rambler.ru)

Приведены три методики расчета региональных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водных объектах: методика С. А. Патины, методика Д. Г. Замолодчикова и методика Е. В. Веницианова и соавторов. На основе принципа санитарного максимализма обоснован оптимальный метод расчета региональных предельно допустимых концентраций — метод, разработанный Е. В. Венициановым и соавторами. Установлена высокая теснота связи между региональными предельно допустимыми концентрациями металлов в водоемах и водотоках Север-Западного региона России и их кларками в земной коре.

**Ключевые слова:** водные объекты; металлы; экологическое нормирование; принцип санитарного максимализма; кларки.

## ESTABLISHMENT OF REGIONAL MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATIONS OF POLLUTANTS IN WATER BODIES

G. T. Frumin<sup>1)</sup>, E. S. Negodina<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Herzen State Pedagogical University of Russia, embankment of the Moika River, 48, 191186, St. Petersburg, Russia, [gfrumin@mail.ru](mailto:gfrumin@mail.ru)

<sup>2)</sup>St. Petersburg branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("GosNIORH" named after L. S. Berg), Makarova embankment, 26, St. Petersburg, Russia, [10020092@rambler.ru](mailto:10020092@rambler.ru)

Three methods for calculating regional maximum permissible concentrations of pollutants in water bodies are presented: the method of S. A. Patin, the method of D. G. Zamolodchikov and the method of E. V. Venitsianov and co-authors. Based on the principle of sanitary maximalism, the optimal method for calculating regional maximum permissible concentrations is substantiated - the method developed by E. V. Venitsianov and co-authors. A high close relationship has been established between the regional maximum permissible concentrations of metals in reservoirs and watercourses of the North-Western region of Russia and their clarkes in the earth's crust.

**Keywords:** water bodies; metals; environmental regulation; the principle of sanitary maximalism; clarks.

Примерно с 1990-х гг. система рыбохозяйственных ПДК (ПДК<sub>РХ</sub>) подвергается аргументированной критике, подробно изложенной в ряде работ [1-5]. К примеру, федеральные ПДК<sub>РХ</sub> не учитывают специфику функционирования водных экосистем в различных природно-климатических зонах (широтная и вертикальная зональность) и биогеохимических провинциях (естественные геохимические аномалии с различным уровнем содержания природных соединений).

Цель исследований заключалась в обосновании региональных предельно допустимых концентраций (ПДК<sub>РЕГ</sub>) металлов (приоритетных загрязняющих веществ) в воде водных объектов (водоемов и водотоков) Северо-Западного региона России.

Для расчётов ПДК<sub>РЕГ</sub> были использованы три различных метода, разработанные С. А. Патиным [6], Д. Г. Замолодчиковым [7] и Е. В. Венициановым с соавторами [8] (табл. 1).

Таблица 1

**Математические модели для расчетов региональных предельно допустимых концентраций**

Авторы метода	Модель
С.А. Патин	$ПДК_{РЕГ} = C_{СР} + 2\sigma$ , $C_{СР}$ – средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup> , $\sigma$ – стандартное отклонение
Д.Г. Замолодчиков	$ПДК_{РЕГ} = ВК + 1,5(ВК - НК)$ , ВК и НК – верхний и нижний квартили распределения
Е. В. Веницианов и соавторы	$ПДК_{РЕГ} = ВК - 2,9\sigma/\sqrt{N}$ , N – объем выборки

Математические модели, приведенные в табл. 1, были применены для расчетов ПДК<sub>РЕГ</sub> в воде различных водных объектов. Для иллюстрации приводим табл. 2 [9].

Таблица 2

**Региональные концентрации металлов (ПДК<sub>РЕГ</sub>) в реке Большая Нева, мг/л**

Автор(ы) метода	Элемент				
	Fe	Cu	Pb	Mn	Cd
Патин С.А	510	12,9	9,6	87,8	1,2
Замолодчиков Д.Г.	350	12,1	9,5	27,9	1,1
Веницианов Е.В. и соавторы	150	6,2	4,1	9,1	0,6

Приведенные в табл. 2 результаты расчетов ПДК<sub>РЕГ</sub> показывают существенные различия этих величин в зависимости от метода расчета. Как

следует из табл. 2, наименьшие величины ПДК<sub>РЕГ</sub> зафиксированы для каждого из пяти рассмотренных металлов при использовании метода Е.В. Веницианова с соавторами.

Здесь уместно напомнить о принципе санитарного максимализма, когда все неопределенности и неоднозначности трактуются в сторону снижения показателя [10]. Иными словами, в качестве оптимального метода расчетов ПДК<sub>РЕГ</sub> следует рассматривать метод, разработанный Е.В. Венициановым и соавторами.

Соотношение между натуральными логарифмами ПДК<sub>РЕГ</sub> и натуральными логарифмами кларков металлов (г/кг) в земной коре проиллюстрировано в табл. 3.

Таблица 3

**Соотношение между натуральными логарифмами региональных предельно допустимых концентраций металлов в воде водных объектов и натуральными логарифмами их кларков в земной коре**

Водный объект	Модель	Теснота связи
Река Большая Нева	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=2,981+0,4\ln(\text{кларк})$ $n=5 \ r=0,98 \ r^2=0,50 \ \sigma_{Y(X)}=0,50 \ F_p/F_T=7,9$	Весьма высокая
Река Славянка	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=2,853+0,36\ln(\text{кларк})$ $n=9 \ r=0,89 \ r^2=0,80 \ \sigma_{Y(X)}=0,65 \ F_p/F_T=5,2$	Высокая
Река Плюсса	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=4,289+0,68\ln(\text{кларк})$ $n=6 \ r=0,99 \ r^2=0,99 \ \sigma_{Y(X)}=0,40 \ F_p/F_T=38,7$	Весьма высокая
Река Вуокса	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=2,391+0,49\ln(\text{кларк})$ $n=5 \ r=0,97 \ r^2=0,94 \ \sigma_{Y(X)}=0,66 \ F_p/F_T=6,4$	Весьма высокая
Река Луга	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=4,142+0,51\ln(\text{кларк})$ $n=5 \ r=0,99 \ r^2=0,98 \ \sigma_{Y(X)}=0,43 \ F_p/F_T=16,6$	Весьма высокая
Река Великая	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=3,522+0,45\ln(\text{кларк})$ $n=6 \ r=0,99 \ r^2=0,99 \ \sigma_{Y(X)}=0,13 \ F_p/F_T=152,4$	Весьма высокая
Озеро Ильмень	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=3,392+0,57\ln(\text{кларк})$ $n=7 \ r=0,96 \ r^2=0,92 \ \sigma_{Y(X)}=0,70 \ F_p/F_T=10,0$	Весьма высокая
Псковское озеро	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=3,419+0,47\ln(\text{кларк})$ $n=6 \ r=0,97 \ r^2=0,93 \ \sigma_{Y(X)}=0,61 \ F_p/F_T=8,2$	Весьма высокая

Здесь  $n$  – число металлов,  $r$  – коэффициент корреляции,  $r^2$  – коэффициент детерминации,  $\sigma_{Y(X)}$  – стандартная ошибка,  $F_p$  – расчетное значение критерия Фишера,  $F_T$  – табличное значение критерия Фишера при уровне значимости 95 %.

Согласно шкале Чеддока соотношение между величинами ПДК<sub>РЕГ</sub> и кларками характеризуется «высокой» теснотой связи между переменными ( $r=0,7-0,9$ ) для реки Славянка, для других рассмотренных водных объектов — как «весьма высокая» ( $r=0,9-0,99$ ) [11].

Приведенные зависимости адекватны ( $F_p > F_T$ ) и полезны для предсказания величин ПДК<sub>РЕГ</sub> для других металлов ( $F_p/F_T > 4$ ) [12].

## Библиографические ссылки

1. Тимофеева Л. А., Фрумин Г. Т. Проблемы нормирования качества поверхностных вод // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2015. №38. С.215-229.
2. Волков И. В., Заличева И. Н., Шустова Н. К., Ильмаст Т. Б. Есть ли экологический смысл у общефедеральных рыбохозяйственных ПДК? // Экология. 1996. № 5. С. 350–354.
3. Дмитриев В. В. Экологическое нормирование состояния и антропогенных воздействий на природные экосистемы // Вестник Санкт-Петербургского университета. 1994. Серия 7. Вып. 2. С. 60–70.
4. Левич А. П., Терехин А.Т. Метод расчета экологически допустимых уровней воздействия на пресноводные экосистемы // Водные ресурсы. 1997. № 3. С. 328–335.
5. Гагарина О. В. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы. Учебно-методическое пособие. Ижевск: Удмуртский университет. 2012. 199 с.
6. Патин С. А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. М.: Пищевая промышленность. 1979. 304 с.
7. Замолодчиков Д. Г. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. Т. 15. С. 214–233.
8. Веницианов Е. В., Мирошниченко С. А., Лепихин А. П., Губернаторова Т. Н. Разработка и обоснование региональных показателей качества воды по содержанию тяжелых металлов для водных объектов бассейна Верхней Камы // Водное хозяйство России. 2015. № 3. С. 50–64.
9. Фрумин Г. Т., Негодина Е. С. Методика расчета региональных предельно допустимых концентраций вредных веществ в водных объектах: методические рекомендации. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена. 2023. 24 с.
10. Возняк А. А., Лепихин А. П. Разработка региональных ПДК: необходимость, методика, пример // Географический вестник. 2018. № 2(45). С. 103–114.
11. Макарова Н. В., Трофимец В. Я. Статистика в Excel. М.: Финансы и статистика. 2002. 368 с.
12. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Финансы и статистика. 1986. 366 с.

УДК 550.361.4; 551.588.7

## ТЕПЛОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОДЗЕМНОЙ СРЕДЫ ЕКАТЕРИНБУРГА

**Б. Д. Хацкевич, Д. Ю. Демежко, А. А. Горностаева, А. Г. Вдовин,  
Н. Р. Факаева**

*Институт геофизики им. Ю. П. Булашевича УрО РАН, ул. Амундсена, 100, 620016,  
г. Екатеринбург, Россия, [disaybl@yandex.ru](mailto:disaybl@yandex.ru)*

По данным термометрии в скважинах Екатеринбурга и его окрестностей исследованы закономерности распределения аномальных температур в подземной среде города и источники теплового загрязнения. Фоновые среднегодовые температуры в интервале 20–50 м составляют 5–6 °С. Повышенные значения подземной температуры (>6 °С) сосредоточены в центральной части города. Основными источниками теплового загрязнения подземной среды города, являются утечки тепла из зданий, аномально поглощающие тепло городские покрытия, фильтрация подземных вод. Оценено изменение теплосодержания горных пород вследствие теплового загрязнения.

**Ключевые слова:** подземные температуры; тепловое загрязнение; термометрия скважин; теплосодержание; городской остров тепла; фильтрация подземных вод.

## THERMAL POLLUTION OF AN UNDERGROUND ENVIRONMENT OF YEKATERINBURG

**B. D. Khatskevich, D. Yu. Demezhko, A. A. Gornostaeva, A. G. Vdovin,  
N. R. Fakaeva**

*Institute of Geophysics of the Urals Branch of RAS, 100 Amundsen Str., 620016, Yekaterinburg, Russia, [disaybl@yandex.ru](mailto:disaybl@yandex.ru)*

Patterns of distribution of anomalous temperatures in the underground environment of the city and sources of thermal pollution were studied based on data on temperature measurements in boreholes of Yekaterinburg and rural surroundings. Undisturbed natural mean annual temperatures at the depth interval of 20–50 m are equal to 5–6 °C. Increased values of subsurface temperature (>6 °C) are concentrated in the central part of the city. The main sources of thermal pollution of the underground environment of the city include heat leaks from buildings, abnormally heat-absorbing urban coatings, groundwater filtration. The change in the heat content of rocks due to thermal pollution has been assessed.

**Keywords:** underground temperatures; thermal pollution; borehole temperature measurements; heat content; urban heat island; groundwater filtration.

Интенсивное развитие урбанизированных территорий оказывает существенное влияние на состояние окружающей среды, меняя климат



городов, состояние почв и грунтов, рельефа, поверхностных и подземных вод [1–5]. Интенсивная антропогенная деятельность приводит к тепловому загрязнению приземной атмосферы, наземной и подземной гидросферы, подземной геологической среды городов. На фоне продолжающегося глобального потепления, учащения опасных природных явлений и необходимости адаптации к меняющимся условиям вопрос изучения теплового состояния городской среды, особенностей пространственно-временного распределения тепловых потоков, теплообмена на земной поверхности и факторов, его определяющих, становится все более актуальным.

Целью нашего исследования является выявление закономерностей пространственного распределения подземных температур в Екатеринбурге, определение основных источников теплового загрязнения и количественная оценка изменения теплосодержания горных пород в результате техногенного воздействия.

Основным источником информации о состоянии теплового поля подземной среды являются данные скважинной термометрии. Для анализа состояния подземного теплового поля города и близлежащих сельских территорий в период с октября 2022 г. по июль 2023 г. с периодичностью раз в четыре месяца проводился цикл температурных измерений в скважинах, расположенных в Екатеринбурге и в его окрестностях (рис. 1). Температура в водонаполненной части скважин измерялась через 1 м с помощью автономного температурного логгера DW1212 фирмы Daowan с действующими заводскими калибровками (погрешность  $\pm 0.002\text{K}$ , постоянная времени  $\sim 1$  сек). Распределения среднегодовой температуры по скважинам приведены на рис. 2. Диапазон среднегодовых температур на глубинах 10–50 м составляет  $9\text{ }^\circ\text{C}$ . При этом выделяется компактная группа термограмм, записанных в окрестностях Екатеринбурга и на его окраинах (за пределами объездной дороги), для которых температурные различия не превышают  $1\text{ }^\circ\text{C}$  (обозначены синим цветом). Среднее по этой группе значение температуры в интервале 20–50 м, равное  $5.35 \pm 0.25\text{ }^\circ\text{C}$ , и характерный близкий к нулевому температурный градиент определяют естественный температурный фон, не подверженный влиянию урбанизации. На этом фоне термограммы, записанные в центральных частях города, особенно вблизи зданий и непосредственно под ними, фиксируют аномально высокие среднегодовые температуры и, часто, аномально высокий отрицательный температурный градиент (обозначены красным цветом). В скважинах, расположенных на открытых городских пространствах, наблюдаются умеренные температурные аномалии (обозначены зеленым), обусловленные присутствием искусственных городских покрытий с низким альбедо, а также влиянием эффекта городского острова тепла [1, 6–8].

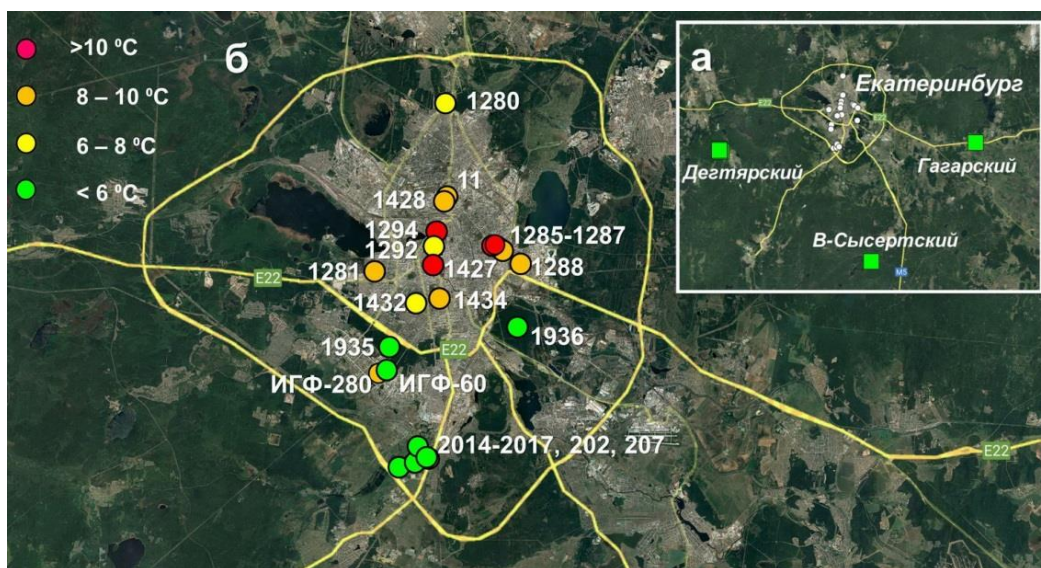


Рис. 1. Расположение и среднегодовые температуры в скважинах на глубине 20 м в окрестностях (а) и в пределах Екатеринбурга (б)

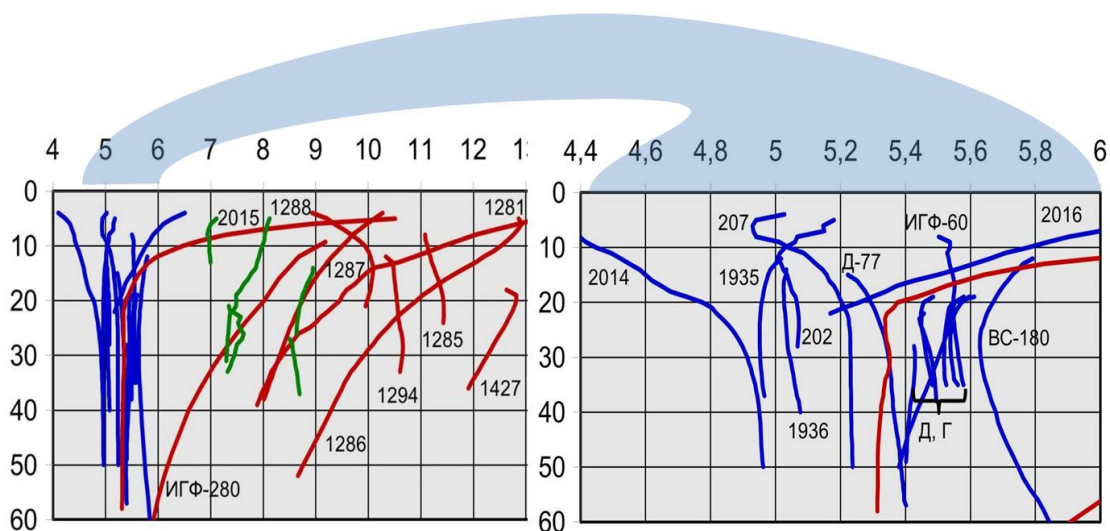


Рис. 2. Распределение среднегодовых температур по скважинам Екатеринбурга и окрестностей. Горизонтальная ось – температура, °С, вертикальная – глубина, м

Годовые колебания температуры земной поверхности в кондуктивном режиме полностью затухают на глубине 20 м. Вертикальная (нисходящая) фильтрация подземных вод уменьшает темпы затухания и способствует распространению годовой волны на большие глубины [9–11]. Нисходящая фильтрация со скоростью 24 м/год в интервале 10–15 м и 10 м/год – ниже 20 м была выявлена в скважине, расположенной у Городского пруда, в зоне дренажной системы метрополитена.

Техногенная деятельность приводит не только к повышению подземных температур, но и к увеличению теплосодержания горных пород.

Наиболее значительные изменения теплосодержания в интервале 10–50 м связаны с утечками тепла из подвалов зданий  $(23–46) \times 10^7$  Дж/м<sup>2</sup>. Однако это, на первый взгляд, значительное количество тепла, составляет лишь сотые доли процента тепловой энергии, израсходованной на отопление. Горные породы с умеренными аномалиями температуры на глубине 20 м в том же интервале накопили около  $27 \times 10^7$  Дж/м<sup>2</sup>. Прирост теплосодержания на фоновых участках составил не более  $5 \times 10^7$  Дж/м<sup>2</sup> — исключительно за счет глобального потепления.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-77-10018 (<https://rscf.ru/project/22-77-10018/>).

### Библиографические ссылки

1. *Dědeček P., Šafanda J., and Rajver D.* Detection and quantification of local anthropogenic and regional climatic transient signals in temperature logs from Czechia and Slovenia // *Climatic change*. 2012. Vol. 113. P. 787–801.
2. *Шестернев Д. М., Васютин Л. А.* Тепловое загрязнение геологической среды криолитозоны урбанизированных территорий Забайкалья (на примере г. Чита) // *Вестник ЧитГУ*. № 1(80). 2012. С. 43–51.
3. *Epting J., Händel F., and Huggenberger P.* Thermal management of an unconsolidated shallow urban groundwater body // *Hydrology and Earth System Sciences*. 2013. Vol. 17(5). P. 1851–1869.
4. *Lokoshchenko M. A.* Urban ‘heat island’ in Moscow // *Urban Climate*. 2014. Vol. 10. P. 550–562.
5. *Schweighofer J. A., Wehrl M., Baumgärtel S., and Rohn J.* Detecting groundwater temperature shifts of a subsurface urban heat island in SE Germany // *Water*. 2021. Vol. 13(10). P. 1417.
6. *Ferguson G., and Woodbury A. D.* Subsurface heat flow in an urban environment // *J. Geophys. Res.* 2004. Vol. 109. B02402.
7. *Takebayashi H., and Moriyama M.* Study on the urban heat island mitigation effect achieved by converting to grass-covered parking // *Solar Energy*. 2009. Vol. 83(8). P. 1211–1223.
8. *Wang C., Wang Z. H., Kaloush K. E., and Shacat J.* Cool pavements for urban heat island mitigation: A synthetic review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 146. P. 111–171.
9. *Taniguchi M.* Evaluation of vertical groundwater fluxes and thermal properties of aquifers based on transient temperature-depth profiles // *Water Resources Research*. 1993. Vol. 29(7). P. 2021–2026.
10. *Демежко Д. Ю., Рывкин Д. Г., Голованова И. В.* О совместном влиянии фильтрации подземных вод и палеоклимата на тепловое поле верхней части земной коры // *Уральский геофизический вестник*. 2006. № 1. С. 16–26.
11. *Majumder R. K., Shimada J., and Taniguchi M.* Groundwater flow systems in the Bengal Delta, Bangladesh, inferred from subsurface temperature readings // *Songklanakarin Journal of Science & Technology*. 2013. Vol. 35(1). P. 99–106.

УДК 338.262.8

**НАУЧНЫЙ ДИСКУРС ПО ПРОЕКТУ ПОСТАНОВЛЕНИЯ  
«О НАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ  
ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА (ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ)  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ПЕРИОД ДО 2035 ГОДА»**

**А. В. Цедрик**

*Институт экономики НАН Беларуси, ул. Сурганова, 1/2, 220072, г. Минск,  
Беларусь, [aleksandr.cedrik.90@mail.ru](mailto:aleksandr.cedrik.90@mail.ru)*

В данной статье анализируется новый предлагаемый проект постановления «О Национальной стратегии развития экономики замкнутого цикла Республики Беларусь до 2035 года». Органом, курирующим данный проект, выступает Минприроды Республики Беларусь. Автором внесен ряд предложений и рекомендаций, где предлагается раскрыть более подробно суть ряда пунктов проекта. Отмечается ряд популярных мер для Беларуси, способных раскрыть потенциал экономики замкнутого цикла для страны: электромобили, энергосервисные услуги, экологический налог, пропорциональный нанесению ущерба окружающей среде.

**Ключевые слова:** экономика замкнутого цикла; финансово-экономическое обоснование; электромобиль; энергосервисный контракт; экологический ущерб; природный капитал.

**SCIENTIFIC DISCOURSE ON THE DRAFT RESOLUTION " ABOUT  
THE NATIONAL STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF THE  
CIRCULAR ECONOMY OF THE REPUBLIC OF BELARUS UNTIL  
2035"**

**A. V. Tsedrik**

*Institute of Economics of the National Academy of Sciences of Belarus, Surganova str., 1/2,  
220072, Minsk, Belarus, [aleksandr.cedrik.90@mail.ru](mailto:aleksandr.cedrik.90@mail.ru)*

This article analyzes a new proposed draft resolution "About the National Strategy for the Development of the Circular Economy of the Republic of Belarus until 2035". The body in charge of this project is the Ministry of Natural Resources of the Republic of Belarus. The author made a number of proposals and recommendations, where it is proposed to disclose in more detail the essence of a number of points of the project. There are a number of popular measures for the Belarus that can reveal the potential of a circular economy for the country: electric cars, energy services, an environmental tax proportional to environmental damage.

**Keywords:** closed cycle economy; financial and economic justification; electric car; energy service contract; environmental damage; natural capital.

По данным на 2023 год в Республике Беларусь активно велась разработка проекта Постановления «О Национальной стратегии развития экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики) Республики Беларусь на период 2035 года» (далее – стратегия). В разработке данного документа принимает достаточно активное участие различные органы госуправления (Минприроды РБ, Министерство лесного хозяйства РБ, Министерство экономики РБ, Государственный комитет по стандартизации, Национальная академия наук Республики Беларусь). Проект концепции находится в завершающей стадии его оформления. Следует отметить, что разработка проекта происходит в динамике с его возможным ознакомлением и передачей предложений в Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, как ответственного и компетентного органа по его конечному формированию. Ряд глав уже обрели свои очертания. К прилагаемой концепции также имеется ряд вспомогательных документов, поясняющих важность составления данного документа (финансовое сопровождение, пространственно-временные рамки с целью оценки эффективности описываемых проектов в сфере циркулярной экономики, юридическое сопровождение проектов, информация об изменении концептуальных положений предыдущего документа стратегии и пр.) с целью актуализации по сравнению с предыдущим вариантом. Однако автором данной статьи предлагается ряд указаний по уточнению содержания некоторых пунктов с целью уточнения и возможной ее корректировки. Данные предложения не идут вразрез со стратегией и имеют рекомендательный характер. Данный материал создан на основе письма Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды для рассмотрения и согласования данного проекта (письмо в Институт экономики НАН Беларуси, входящий №01-03/625 24.07.2023 г).

В главе 4 «Цели и задачи циркулярной трансформации белорусской экономики» заявлено: «Главной целью развития экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики) в Республике Беларусь до 2035 года является содействие устойчивому развитию эффективного использования природных ресурсов путем более эффективного использования материальных ресурсов на всех этапах жизненного цикла товаров и услуг».

В дополнение к сказанному предлагается более подробно раскрыть цель. Предложение звучит так: «цель — стабильное удовлетворение потребностей настоящего поколения без ущерба для будущих поколений. Фундаментом концепции устойчивого развития можно считать экологическую экономику, междисциплинарную сферу исследований, в рамках которой экономика выступает лишь одной из подсистем в системе более высокого уровня — биосфере. Ее принципиальное отличие от традиционной экономики состоит в непризнании абсолютной

взаимозаменяемости факторов производства, в частности, природного и физического капитала. Если одной из главных целей традиционной экономики является экономический рост, то экологическая экономика в качестве цели рассматривает оптимальный масштаб экономической системы с учетом справедливого распределения доходов и эффективного перераспределения ресурсов» [1, с. 11 – 12].

В той же главе «Задачи развития экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики)» заявлен пункт в качестве одной из задач «Повышение ресурсоэффективности, рациональное (устойчивое) использование всех видов сырьевых и ТЭР».

Предлагается более подробно раскрыть одну из заявленных задач так: «Задача может стать либо нереализуемой, либо вступить в противоречие с главными принципами зеленой экономики. Экологоцентричная концепция зеленого роста предполагает круг решаемых задач, в котором природный капитал выступает системообразующим элементом, воспроизводство которого выступает основным фактором обеспечения экологической устойчивости».

Конечно, в долгосрочной перспективе развитие всех видов ресурсов (ископаемых традиционных — с одной, «зеленых» — с другой) предполагает, как не вступающий в противоречие друг с другом процесс. Также в стратегии важно отметить роль БелАЭС как крупнейшего проекта Республики Беларусь по постепенному снижению выбросов парниковых газов и снижению потребления ископаемого топлива в стране с целью построения экологоцентричности экономики.

Один из пунктов задач по развитию циркулярной экономики звучит: «подготовка кадров для внедрения новых технологий и формирования необходимых навыков и умений среди различных специальностей (менеджеры, инженеры и другие), расширение компетенций по экономике замкнутого цикла (циркулярной экономике) в рамках профессиональной подготовки и переподготовки кадров».

Здесь возможно уточнение — какие навыки и для какого специалиста могут оказаться наиболее ценными и востребованными (такой механизм, по сути, предполагает помощь в составлении CV (резюме) и формировании данного рода компетенций) как на рынке труда, так и в отношении личных качеств, направленных на поддержание природного капитала государства.

В пункте «привлечение финансовых ресурсов для реализации инвестиционных проектов по развитию экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики)» после его оглашения следовало бы указывать предполагаемые источники и каналы привлечения инвестиционных ресурсов, возможные варианты для минимизации на бюджет как республиканский,

так и местный в условиях санкционного давления. Основными партнерами выступают, в первую очередь, те государства и резиденты, юридическое лицо которых зарегистрировано в том государстве, в котором принципы зеленой экономики соблюдаются, имеются существенные сдвиги в данном направлении и те, что являются «дружественными» в геополитическом отношении.

В главе 8 «Механизм реализации национальной стратегии» существует пункт «Механизм реализации Национальной стратегии представляет собой совокупность организационных мер, конкретных форм и методов управления, а также нормативных правовых норм, с помощью которых осуществляется ее выполнение».

Предложение об уточнении предыдущего пункта. «Однако возникновение концепции зеленого роста является закономерным следствием эволюции экономической мысли, естественной реакцией экономической науки на усиление экологических ограничений человеческой деятельности и обострение экологических проблем».

Оценку выполнения качественных и количественных показателей выполнения механизма реализации Национальной стратегии возможно приводить с помощью основных количественных, сопоставляющих динамику ВВП с динамикой использования вторичных материальных ресурсов, водных, лесных и иных природных ресурсов. Ключевая роль таких количественных индикаторов обусловлена тем, что они наилучшим образом характеризуют производительность ресурсов, как способность создавать все большую стоимость при меньшей нагрузке на окружающую среду».

Один из пунктов Главы 8 в разделе «финансово-экономическое стимулирование звучит так: «уплата налога за использование природных ресурсов (экологический налог)».

Так, рынок квот на выброс парниковых газов не сформирован. По крайней мере, не сделан в том представлении, в котором ряд государств уже сформировали с имеющимися рыночными и экономическими стимулами и «рычагами». Потому, сейчас, на первом этапе Стратегии важно создание механизма или целого его ряда. В числе прочего, также важным будет аспект, при котором экологический налог будет расти пропорционально выбросам в атмосферу и окружающую среду, то есть в соответствии с отрицательным влиянием на экосистему.

В заявленной концепции существенную роль отводят и вопросу развития инфраструктуры под развитие и пользование автомобилями с двигателем на водороде (электромобили). Основное влияние на пользование и постепенный переход к такому транспорту будет экономический стимул (побуждение) для граждан в виде преференций, предлагающихся в данной редакции такого документа по развитию электротранспорта.

Заинтересованными сторонами в виде развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта могут оказаться операторы по розничной продаже нефтепродуктов конечному потребителю (РУП «Белоруснефть», «А-100», Лукойл, Транснефть, Татнефть, Газпромнефть). Предлагается обязать обустройство таких заправочных станций минимум одной зарядной станцией для электромобилей до 2025 года как за счет бюджета, так и за счет частного финансирования. Средний срок окупаемости зарядной станции производства «Malanka» на конец 2023 года составлял 2,5 года.

Следует также продолжать отслеживать динамику по развитию зарядной инфраструктуры в столице. Если требуется, установить необходимое количество во дворах домов, на парковках торговых центров, вблизи съездов на крупных «артериях» города с исключением создания пробок (мониторинг способна вести ГАИ как в части загруженности дорог, так и в части статистического подсчета такого транспорта путем регистрации для учета гражданских ТС).

Если на конец 2015 г. в стране насчитывалось лишь 27 электромобилей, то в декабре 2020 г. — 1,6 тысяч электрокаров, а к июлю 2021 г. — 4 тысячи (рост 150 % за 7 месяцев). При этом свыше половины электромобилей (2112 единиц) были ввезены в страну в I полугодии 2021 г. — больше, чем за весь 2020 год (1810 единиц) (данные Министерства энергетики РБ).

Существует Указ от 12.03.2020 г за № 92 «О стимулировании использования электромобилей», который создает благоприятные условия для ввоза электротранспорта для личного пользования. Данным Указом был предоставлен ряд налоговых льгот, действующих до 31.12.2025 года: освобождение покупателей от взимания госпошлины при ввозе электромобилей на территорию Беларуси; применение к ввозимым электромобилям, предназначенным для личного пользования, нулевой ставки НДС; предоставление юрлицам права на применение инвестиционного вычета в размере 100 % от стоимости приобретенного электромобиля и 100 % от стоимости зарядных устройств (в 2020 г., с последующим снижением на 20 % ежегодно).

Кроме того, Указом приняты меры для развития электромобильной инфраструктуры — создание автомобильных парковок и дальнейшее строительство зарядных станций. При этом до 2025 г. владельцы электрокаров будут освобождены от уплаты стоимости за пользование автомобильными парковками, находящимися в коммунальной собственности. В июле 2021 г. в Беларуси функционировало 450 зарядных станций (в марте 2020 г. их было 250). Указ придал дополнительную динамику развитию электромобильной инфраструктуры.



В Главе 8 в том же пункте «финансово-экономическое стимулирование» предлагается помимо названных институциональных инструментов, действенным и положительно влияющим на развитие зеленой экономики Беларуси, на наш взгляд, могут быть энергосервисный контракт, как институциональный инструмент повышения эффективности использования ТЭР.

Переход к рыночным формам хозяйствования диктует необходимость развития в Беларуси *рынка энергосервисных услуг*, в том числе, основанных на заключении энергосервисных договоров (далее – ЭСД), что будет способствовать снижению энергоемкости в основных отраслях экономики Беларуси.

В широком смысле энергосервисные услуги включают в себя любые услуги, направленные на повышение энергоэффективности за счет внедрения энергосберегающей продукции, прогрессивных технологий и/или современного оборудования. В международной практике энергосбережения энергосервисный контракт (энергетический перфоманс-контракт) представляет собой договор на внедрение энергосберегающих технологий. Документ предполагает выполнение специализированной энергосервисной компанией (далее – ЭСКО) полного комплекса работ по внедрению энергосберегающих технологий на предприятии заказчика за счет привлеченных ЭСКО кредитных средств. ЭСКО — физическое или юридическое лицо, предоставляющее услуги и/или выполняющее мероприятия по повышению энергоэффективности зданий или помещений, при этом, возможно, принимающее на себя определенную долю финансового риска [3].

Существующий опыт развитых европейских стран и США, а также России, в контексте реализации энергоэффективных проектов на основе заключения ЭСД, может быть адаптирован к условиям Республики Беларусь. В то же время на данный момент инструмент не нашел широкого применения в Беларуси, такая деятельность обретает свое становление, рынок энергосервисных услуг в нашей стране зарождается, нет специализированной компании, предоставляющей данные услуги. Несмотря на определенный интерес [4] к данной проблематике, ряд вопросов, связанных с экономическими предпосылками и условиями развития энергосервиса в Беларуси, остаются непроработанными.

### **Библиографические ссылки**

1. *Деревяго, И. П.* Зеленый рост: теория, методология, инструменты регулирования : автореф. дисс. ... д. э. н. : 08.00.05 / И. П. Деревяго ; БГТУ. Минск., 2013. 52 с.

2. Официальный сайт сети производства зарядных станций для электромобилей «Malanka». Раздел «Главная. Зарядка электромобиля. Калькулятор экономии».

[Электронный ресурс]. Режим доступа: [<https://malankabn.by/>]. Дата доступа: 12.02.2024 г.

3. *Кириодчева, А. Е.* Энергосервисные контракты в России и Европейском союзе / А. Е. Кириодчева, Д. В. Немова // Строительство уникальных зданий и сооружений, 10 (61) – Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого – СПб, 2017. С. 7. 21.

4. *Цедрик, А. В.* Энергосервисный контракт как потенциальный инструмент повышения эффективности использования ТЭР в Республике Беларусь / А. В. Цедрик // Система «наука – технологии – инновации»: методология, опыт, перспективы : мат. Междунар науч.-практ. конф. (Минск, 24–25 сентября 2020 г.) / редкол.: В. В. Гончаров (отв. ред.) [и др.]. Минск : ЦСАСИ НАН Беларуси, 2020. С. 582–587.

УДК 502/504

## ПНЕВМОСЕПАРАЦИЯ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СИМ-ТРИАЗИНОВЫМИ ГЕРБИЦИДАМИ, В ПРИСУТСТВИИ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ИХ РЕМЕДИАЦИИ

**А. С. Чердакова, С. В. Гальченко**

*Рязанский государственный университет им. С. А. Есенина,  
ул. Свободы, 46, 390000, г. Рязань, Российская Федерация, [cerdakova@yandex.ru](mailto:cerdakova@yandex.ru)*

Проблема загрязнения окружающей среды гербицидами сим-триазинового ряда становится все более актуальной в связи с их достаточно широким применением в сельском и лесном хозяйствах. На основе передового научного опыта в статье анализируются перспективы очистки вод, загрязненных сим-триазиновыми гербицидами, путем их интенсивного окисления кислородом воздуха при пневмосепарации в сочетании с сорбционно-каталитическими процессами, инициируемыми гуминовыми веществами.

**Ключевые слова:** гербициды сим-триазинового ряда; загрязнение воды; пневмосепарация; гуминовые препараты; сорбционно-каталитические материалы.

## PNEUMOSEPARTATION OF WATER CONTAMINATED WITH SIM-TRIAZINE HERBICIDES IN THE PRESENCE OF HUMIC PREPARATIONS FOR THEIR REMEDIATION

**A. S. Cherdakova, S. V. Galchenko**

*Ryazan State University named for S. Yesenin,  
Svobody st., 46, 390000, Ryazan, Russian Federation, [cerdakova@yandex.ru](mailto:cerdakova@yandex.ru)*

The problem of environmental pollution with symtriazine herbicides is becoming increasingly urgent due to their fairly widespread use in agriculture and forestry. Based on advanced scientific experience, the article analyzes the prospects for purifying water contaminated with simtriazine herbicides by intensive oxidation with air oxygen during pneumoseparation in combination with sorption-catalytic processes initiated by humic substances.

**Keywords:** herbicides of the sym-triazine series; water pneumatic separation; pollution; humic substances; sorption-catalytic materials.

Практически любые виды антропогенного воздействия на окружающую среду сопровождаются нарушением экологического состояния всех ее компонентов, в том числе, природных поверхностных и подземных вод. В последние десятилетия внимание ученых обращено на изучение процессов загрязнения природных вод продуктами техногенеза, включая химические средства защиты растений — гербициды. На данный момент

широкое применение, среди последних, нашли гербициды сим-триазинового ряда, ввиду их эффективности, низкой стоимости, и, соответственно, значительной востребованности в сельском и лесном хозяйствах. Указанные вещества хорошо растворимы в воде и интенсивно мигрируют из верхних горизонтов почвы в более глубокие слои, что может приводить к загрязнению подземных вод и поверхностных водных объектов. Кроме того, в научной литературе неоднократно подчеркивается опасность гербицидов сим-триазинового ряда из-за их высокой персистентности в окружающей среде. Данные обстоятельства ставят вопросы научного поиска путей ремедиации водных компонентов экосистем от загрязнения гербицидами сим-триазинового ряда в число важных экологических задач.

Среди существующих методов удаления данных токсикантов из загрязненных вод наиболее результативны способы, основанные на процессах их окислительной деструкции и адсорбции. При этом традиционные технологии, как правило, технически сложны, требуют значительных энергетических, временных и финансовых затрат. В качестве альтернативы широко применяемым способам окислительной деструкции гербицидов сим-триазинового, по нашему мнению, могут выступать методы пневмосепарации загрязненных вод (барботаж кислородом воздуха в турбулентном режиме).

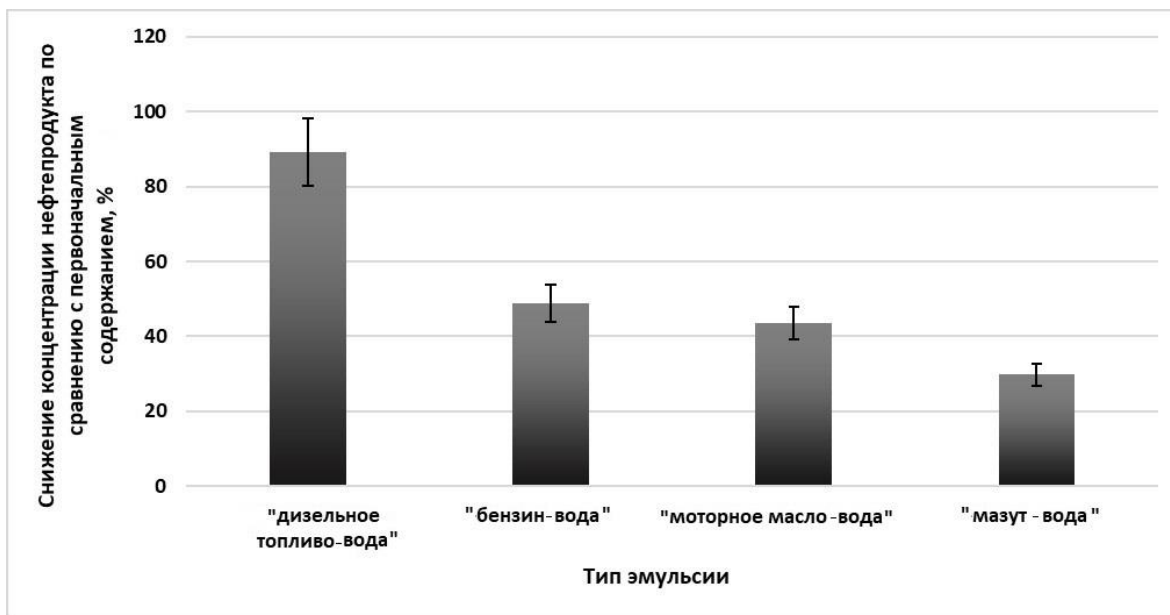
Анализ мирового научного опыта показывает, что в настоящее время приоритетными способами удаления сим-триазиновых гербицидов из водных сред являются методы окислительной деструкции [1, с. 15; 2, с. 2; 3, с. 80]. Наиболее широкое распространение получили комбинированные окислительные процессы или АОР (advanced oxidation processes), основанные на окислении органического вещества генерированными (под воздействием электричества, УФ-излучения или катализаторов) высокорезакционными радикалами. Так, в работах исследовательской группы под руководством S. Komtchou установлена высокая эффективность применения процессов электрохимического и фотохимического окисления для удаления атразина и других сим-триазиновых гербицидов из водных сред [3, с. 87].

Исследования ряда других авторов также подчеркивают большие перспективы применения методов АОР в целях деструкции содержащихся в природных и сточных водах пестицидов [1, с. 25; 4, с. 110].

Однако данные технологии имеют ряд весомых недостатков, а именно: высокая стоимость, низкая производительность и необходимость тщательной предварительной очистки обрабатываемых вод [5, с. 173]. Указанных недостатков лишен метод пневмосепарации вод, представляющий собой барботаж кислородом воздуха в турбулентном режиме, который и может представлять альтернативу технологиям АОР.

Согласно проведенным нами ранее исследованиям, пневмосепарирование позволяет очищать воды даже от высоких концентраций органических загрязнителей [6, с. 40].

Так, была выявлена отчетливая тенденция к значительному снижению содержания различных нефтепродуктов в эмульсиях типа «нефтепродукт-вода» при их пневмосепарировании (рисунок).



Снижение концентрации нефтепродуктов в различных эмульсиях типа «нефтепродукт-вода» при их пневмосепарировании

По нашему мнению, данный факт обусловлен разрушением адсорбционных коллоидных пленок на каплях нефтепродуктов при интенсивном воздушном барботаже.

Однако в мировой научной литературе практически отсутствует информация о возможностях использования данного метода для ремедиации вод, загрязненных гербицидами.

С целью стимулирования реакции окисления, пневмосепарирование предпочтительнее сочетать с сорбционными и каталитическими процессами. Считаем, что перспективными сорбентами-катализаторами могут служить экологически чистые, естественные природные соединения – гуминовые вещества, использование которых становится все более актуальным в аспекте развития принципов «зеленой химии».

По сравнению с традиционными сорбционно–каталитическими материалами, применяемыми для очистки загрязненных вод (активные угли, цеолиты, зернистые материалы и др.), гуминовые вещества характеризуются более низкой себестоимостью, доступностью,

безопасностью для окружающей среды и высокой регенерируемостью. При этом, вопрос применения гуминовых веществ для очистки природных и сточных вод от органических загрязнителей, в том числе сим-триазиновых гербицидов до сих пор остается малоизученным. По большей части исследования зарубежных и отечественных авторов связаны с изучением перспектив применения гуминовых препаратов для удаления из природных и сточных вод неорганических примесей (тяжелые металлы, радионуклиды, фториды, сульфиды и др.).

Но имеющиеся на данный момент в литературных источниках немногочисленные сведения указывают на высокий потенциал гуминовых веществ в ремедиации загрязненных гербицидами вод.

Так, в работах E. Lipczynska-Kochany и J. Kochany продемонстрированы сорбционные свойства гуминовых веществ по отношению ко многим органическим загрязнителям в водных средах [2, с. 6; 7; 8, с. 435]. Также, в настоящее время, научно доказана способность гуминовых веществ активно связывать один из наиболее распространенных сим-триазиновых гербицидов — атразин, что способствует его активной детоксикации [9, с. 1810]. Помимо этого, отмечается, что гуминовые вещества могут в значительной степени катализировать процессы окисления органических поллютантов, выступая в качестве окислительно-восстановительных медиаторов [7; 8, с. 436].

Таким образом, необходимо дальнейшее проведение комплексных научно-обоснованных исследований с целью изучения возможности и эффективности ремедиации вод, загрязненных сим-триазиновыми гербицидами, методом пневмомсепарации в присутствии гуминовых веществ.

### Библиографические ссылки

1. *Hicham Z.* The removal of pesticides from water by advanced oxidation processes (AOPs) // THÈSE our obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris-Est et l'Université Ibn Zohr Sciences d'Agadir. Paris: Université Paris-Est, 2015. 173 p.
2. *Kochany J., Lipczynska-Kochany E.* Evaluation of biological treatment of industrial wastewater using aerobic and anaerobic respirometry // *Fresenius Environmental Bulletin.* 2009. № 18. P. 1-7.
3. Degradation of atrazine in aqueous solution with electrophotocatalytic process using TiO<sub>2</sub>-x photoanode / S. Komtchou, A. Dirany, P. Drogui, N. Delegan, M. A. El Khakani, D. Robert, P. Lafrance // *Chemosphere.* 2016. № 157. P. 79-88.
4. Advanced Oxidation Processes for the Degradation of Organochlorine Pesticides / K. Gandhi, N. Khan, K. Singh, N. Thacker // *Journal of ISAS.* 2022. № 1 (1). P. 109-122.
5. Advanced Oxidation Processes / M. B. Ray, J. P. Chen, L. K. Wang, S.O. Pehkonen // In book: *Advanced Physicochemical Treatment Processes.* New Jersey: Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2007. P. 140-233.

6. Ecological Aspects of Wastewater Treatment from Petroleum Products by the Method of Pneumoseparation when Applying Humate of Potassium / S.V. Galchenko, E. V. Vorob'eva, A. S. Cherdakova, Yu. M. Posevina // Ecology and Industry of Russia. 2018. № 1(22). P. 38-43.

7. *Lipczynska-Kochany E., Kochany J.* Application of humate - sustainable alternative for remediation of wastewater and groundwater [Электронный ресурс] // Conference: 2011 IWA Conference on Natural Organic Matter At: Costa Mesa, California, USA. URL: [www.nwri-usa.org/nom2011.htm](http://www.nwri-usa.org/nom2011.htm) (дата обращения: 03.02.2024)

8. *Lipczynska-Kochany E.* Humic substances, their microbial interactions and effects on biological transformations of organic pollutants in water and soil: A review // Chemosphere. 2018. V. 202. P. 420-437.

9. Adsorption of Humic Substances onto Kaolin Clay Related to Their Structural Features / G. U. Balcke, N. A. Kulikova, S. Hesse, F.D. Kopinke, I. V. Perminova, F. H. Frimmel // Soil Science Society of America Journal. 2002. 3 66(6). P. 1805-1811.

УДК 502/504

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ВРЕД: ПОНЯТИЕ И МЕТОДИКИ ИСЧИСЛЕНИЯ В РОССИЙСКОМ ПРАВОВОМ ПОЛЕ

**А. О. Чичкова, А. С. Чердакова**

*Рязанский государственный университет им. С. А. Есенина,  
ул. Свободы, 46, 390000, г. Рязань, Российская Федерация, [cerdakova@yandex.ru](mailto:cerdakova@yandex.ru)*

В статье анализируются современные трактовки термина «экологический вред» в российском нормативно-правовом поле. Описаны виды вреда, причиненного в результате нарушения законодательства в области охраны окружающей среды. Рассмотрены основные действующие в Российской Федерации методики исчисления размера вреда, причиненного окружающей среде.

**Ключевые слова:** экологический вред; экологический ущерб; экологическое законодательство; охрана окружающей среды, исчисление размера вреда.

## ECOLOGICAL DAMAGE: CONCEPT AND CALCULATION METHODS IN THE RUSSIAN LEGAL FIELD

**A. O. Chichkova, A. S. Cherdakova**

*Ryazan State University named for S. Yesenin,  
Svobody st., 46, 390000, Ryazan, Russian Federation, [cerdakova@yandex.ru](mailto:cerdakova@yandex.ru)*

The article analyzes modern interpretations of the term “environmental harm” in the Russian legal framework. The types of harm caused as a result of violation of legislation in the field of environmental protection are described. The main methods used in the Russian Federation for calculating the amount of harm caused to the environment are considered.

**Keywords:** environmental damage; environmental damage; environmental legislation; environmental protection, calculating the amount of harm.

Понятие экологической опасности имеет важное значение для определения экологических, экономических и социальных целей законов и нормативных актов в области негативного воздействия на окружающую среду.

В юридической литературе понятие «экологическая опасность» рассматривается в самом широком смысле:

– как вред, причиняемый хозяйственной и иной деятельностью человека окружающей среде, ее компонентам;



- как вред, причиненный здоровью человека в результате воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды;
- как ущерб, причиненный имуществу юридических и физических лиц [1].

Это понятие можно использовать как в широком, так и в узком смысле. В широком смысле под ним понимаются все правовые меры по восстановлению нарушенного состояния окружающей среды, в том числе возмещение убытков в судебном порядке (плата за негативное воздействие на окружающую среду, экологический сбор и т.п.), накопленный экологический ущерб, рекультивация земель и т. п. В строгом смысле — возмещение ущерба, причиненного только в результате нарушений законодательства в области охраны окружающей среды и природных ресурсов [2].

Более того, в нормативных актах термин «вред» часто используется как синоним термина «ущерб». Несмотря на схожее правовое регулирование, между этими понятиями есть существенная разница. «Вред» — более широкое понятие, также используемое в случаях, когда определенные противоправные действия привели к негативным изменениям в окружающей среде, которые невозможно подсчитать и оценить в денежном выражении.

А термин «ущерб» связан с ситуациями, когда можно рассчитать и определить стоимость уничтоженных или поврежденных природных ресурсов. Поэтому, ущерб следует рассматривать как денежную оценку причиненного вреда.

Согласно ст. 1 Федерального закона «Об охране окружающей среды», ущерб окружающей среде — негативное изменение окружающей среды вследствие ее загрязнения, приводящее к деградации естественных экологических систем и истощению природных ресурсов.

1. Экологический ущерб наносится нарушениями состояния как природной среды в целом, так и отдельных ее компонентов. Неблагоприятные последствия для экосистем часто возникают даже при незначительных отклонениях от оптимального состояния, после достижения критического уровня происходят необратимые изменения, приводящие к деградации природных объектов [3].

Примерами такого вида ущерба являются изменения почвенного покрова вследствие механического разрушения или химического загрязнения, деградация водных объектов и биологических ресурсов вследствие превышения лимитов водопользования или загрязнения водных объектов, ущерб, причиненный лесам самовольными рубками и (или) лесными пожарами; ущерб атмосферному воздуху за счет превышения нормативов выбросов загрязняющих веществ и др.

Ущерб окружающей среде может быть прямым и косвенным.

Прямой экологический ущерб наносится негативными антропогенными воздействиями на отдельные компоненты окружающей среды: загрязнением почвы, воды, атмосферного воздуха и др.

Косвенный ущерб окружающей среде характеризуется количественными и качественными показателями, влияющими на определенные факторы среды: численность различных видов животных и растений, колебания климатических характеристик и др.

2. Экономический ущерб — это фактические или возможные потери общества и народного хозяйства, выраженные в денежном эквиваленте, вследствие ухудшения экологической обстановки в результате антропогенной деятельности. Экономический ущерб состоит из двух составляющих: физических потерь в денежном выражении и затрат на устранение негативных последствий или замену деградировавших ресурсов.

3. Социальный вред — это причинение вреда здоровью, благополучию и жизнедеятельности людей. Химическое загрязнение атмосферного воздуха, питьевой воды и продуктов питания, повышенное воздействие шума, вибрации и ионизирующего излучения приводят к росту заболеваемости людей, ухудшению условий труда и отдыха, сокращению продолжительности жизни.

Социальный вред выражается во вредном воздействии на качество жизни человека, причинении ему физических и нравственных страданий (морального вреда), в нарушении экологических прав. Например, нарушение экологического благополучия на территории городских парков лишает человека права на отдых [4].

В России регулирование оценки экологического ущерба осуществляется Федеральным законом «Об охране окружающей среды», федеральными методиками расчета размера ущерба отдельным компонентам и объектам природной среды, а также решениями Верховного и Конституционного суда.

Отличие отечественного правового регулирования оценки экологического ущерба от передовой зарубежной практики состоит в том, что основные законодательные нормы и методический аппарат направлены на расчет ущерба природным объектам при совершении только неправомερных действий, то есть с нарушением природоохранного законодательства.

Отсутствие единой методики объясняется, что все существующие методы основаны на разных принципах измерения экологического ущерба. Методика расчета в большинстве из них никак не регламентирована, что делает оценки, полученные с помощью этих методов, несопоставимыми как между собой, так и со стоимостными оценками, применяемыми в других отраслях экономики.

Существующие методики не предусматривают оценку видов экологического ущерба, таких как утрата экосистемных услуг, ущерб из-за утраты биоразнообразия и др. При этом одни методики утверждены на федеральном уровне, другие разрабатываются и работают в регионах (при необходимости и при отсутствии таких методик, утвержденных на федеральном уровне).

В результате определяется лишь примерный размер ущерба, причиненного нарушенному объекту окружающей среды, поскольку не учитываются все характеристики и обстоятельства события, особенности утраченных и/или нарушенных природных экосистем.

Любое воздействие на окружающую среду (как законные, так и неправомерные действия) может нанести ей вред. В то же время не всякое воздействие является достаточным для возмещения убытков, которые определены в федеральном законе «Об охране окружающей среды» [5].

Экологическое законодательство исходит из принципа полного возмещения неправомерно причиненного экологического ущерба. Согласно п. 1 ст. 77 Закона «Об охране окружающей среды», юридические и физические лица, причинившие вред окружающей среде в результате ее загрязнения, истощения, повреждения, уничтожения, нерационального использования природных ресурсов, деградации и разрушения естественных экологических систем, природных комплексов и природных ландшафтов и иные нарушения законодательства в области охраны окружающей среды обязаны возместить их в полном объеме в соответствии с законом.

В ст. 42 Конституции РФ устанавливает право каждого на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и возмещение вреда, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением.

Возмещение вреда (ущерба) окружающей среде является формой гражданско-правовой, т.е. имущественной, ответственности за экологические правонарушения, но с учетом особенностей, установленных экологическим законодательством [6].

Основные положения, допускающие возмещение вреда окружающей среде, содержатся в Федеральном законе от 7-ФЗ от 10 января 2020 г. «Об охране окружающей среды».

Суть исчисления причиненного вреда на основе такс и методик состоит в том, что в виде стандарта определяется сумма, которую причинитель вреда обязан уплатить за каждую единицу незаконно использованного, поврежденного природного объекта или добытого природного ресурса при применении расчета по установленной методике. При этом таксы и методики устанавливаются нормативными правовыми актами.

При исчислении расчета вреда используются основные перечни действующих федеральных документов, определяющих порядок оценки ущерба окружающей среде и ее отдельным компонентам в Российской Федерации:

–Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства (утверждена приказом Минприроды России от 13.04.2009 № 87);

–Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды (утверждена приказом Минприроды РФ от 08.07.2010 № 238);

–Методика исчисления размера вреда, причиненного атмосферному воздуху как компоненту природной среды (утверждена приказом Минприроды РФ от 28.01.2021 № 59).

Согласно пункту 3 статьи 77 Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ, Вред окружающей среде, причиненный юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, возмещается в соответствии с утвержденными в установленном порядке таксами и методиками исчисления размера вреда окружающей среде, а при их отсутствии исходя из фактических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды, с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды [8].

Таким образом, ущерб природной среде характеризуется негативными изменениями в состоянии окружающей среды, вызванными деятельностью человека. К таким изменениям относятся загрязнение природной среды, истощение природных ресурсов, повреждение и разрушение природных экосистем, в результате чего причиняется вред или возникает реальная угроза причинения такого вреда здоровью человека, флоре и фауне, материальным ценностям. Помимо понятия «ущерб», в литературе и законодательстве используются также понятия «убытки» и «вред».

### **Библиографические ссылки**

1. *Баева Ю. И., Черных Н. А.* Развитие судебной экологии как способ борьбы с экологическими преступлениями // Криминологический журнал Байкальского государственного университета экономики и права. 2016. Т. 10. № 2. С. 331–333.

2. *Баева Ю. И., Черных Н. А.* Судебная экология: Т. I: Исследование экологического состояния объектов почвенно-геологического происхождения. М.: РУДН, 2016.

3. *Баева Ю. И., Черных Н. А.* Судебная экология: Т. II: Исследование экологического состояния водных объектов. М.: РУДН, 2018.

4. *Баева Ю. И., Черных Н. А.* Судебная экология: Т. III: Исследование экологических последствий обращения с отходами производства и потребления. М.: РУДН, 2019.

5. *Боголюбов С. А.* Ответственность в сфере охраны окружающей среды и значение возмещения причиненного ей вреда // *Юридическая ответственность. Современные вызовы и решения: Материалы VIII Ежегодных научных чтений памяти профессора С.Н. Братуся.* М.: ИНФРА-М, 2013. С. 197-209.

6. *Медведева О. Е., Вакула М. А.* Методологические проблемы стоимостной оценки экологического ущерба в России // *Правовые проблемы возмещения вреда, причиненного окружающей среде: Сб. материалов Международной научно-практической конференции (МИИГАиК, ИЗиСП, 23 марта 2017 г.)* / Отв. ред. С.А. Боголюбов, Н.Р. Камынина, М.В. Пономарев. М.: МИИГАиК, 2017. С. 27-31.

7. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 02.07.2021).

8. Научно-практический комментарий к Федеральному закону от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (постатейный) / Под ред. А. П. Анисимова. М.: Деловой двор, 2010 // СПС «КонсультантПлюс».

УДК 628.465

## ОЦЕНКА СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ В ЛОГИСТИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ

А. С. Шило

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4.  
220030, г. Минск, Беларусь, [andrey.shilo2017@gmail.com](mailto:andrey.shilo2017@gmail.com)*

Исследована проблема транспортировки твердых коммунальных отходов из населённых пунктов Минской области в полигоны ТКО, расположенные Минской области. Данная проблема представлена посредством картографических материалов, которые показывают оптимальность расположения полигонов ТКО на февраль 2024 г., а также вывоза к ним отходов из населённых пунктов Минской области. Было проведено сравнение с предлагаемыми вариантами оптимизации системы обращения с отходами в транспортном аспекте.

**Ключевые слова:** твердые коммунальные отходы; транспортная система; полигон твердых коммунальных отходов.

## ASSESSMENT OF THE SOLID MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT SYSTEM OF THE MINSK REGION IN THE LOGISTICAL ASPECT

A. S. Shyla

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4.  
220030, Minsk, Belarus, [andrey.shilo2017@gmail.com](mailto:andrey.shilo2017@gmail.com)*

This article examines the problem of transportation of municipal solid waste from settlements of the Minsk region to landfills located in the Minsk region. This problem is presented through cartographic materials that show the optimal location of MSW landfills for February 2024, as well as the removal of waste to them from settlements in the Minsk region. A comparison was made with the proposed options for optimizing the waste management system in the transport aspect.

**Keywords:** solid municipal waste; transport system; landfill of solid municipal waste.

Система обращения с твердыми коммунальными отходами представляет из себя систему сбора коммунальных отходов в городских и сельских населённых пунктов, регламентированная региональными схемами обращения с твердыми коммунальными отходами. Собранные отходы перевозятся на пункты сбора ВМР и на полигоны ТКО (рис. 1).



Рис. 1. Концептуальные подходы к системе управления обращения с бытовыми отходами на территории Республики Беларусь

Как видно из рис. 1, в системе обращения с ТКО транспортная система не упоминается, но подразумевается и играет в ней немалую роль. Оптимальное размещение полигонов ТКО дает 2 основных положительных последствия:

1. Снижение изнашиваемости транспортного парка (мусоровозов). Данное последствие позволит использовать мусоровозы на более продолжительный срок, снизит затраты на обновление транспортного парка, а также снизит частоту обновления парка.

2. Снижение затрат топлива на перевозку отходов. Как известно, система обращения с коммунальными отходами, не является самоокупающейся сферой, как следствие снижение затрат топлива на перевозку отходов приведёт соответствующе и к снижению расходов.

Данная проблема рассматривалась и в Национальной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларуси на период до 2035 г. Согласно данному документу, оптимизация логистики, модернизация транспортного парка и контейнеров позволяла сократить расходы на обращение с

отходами на 20-25 % [1. с. 19]. В Беларуси, к сожалению, данный аспект рассматривается либо с точки зрения размещения контейнеров, что является не совсем оптимальной точкой зрения, если речь идет о системе обращения с ТКО в целом, либо с точки зрения «зеленой» логистики в целом, без детального рассмотрения системы обращения с ТКО, или же вовсе с точки зрения отходов производства, что учитывает в основном интересы предприятия [2, 3, 4]

Согласно реестру объектов хранения, захоронения, и обезвреживания отходов, в Минской области расположено 34 полигона ТКО, которые расположены во всех административных районах области, но распространены они неравномерно [5] (рис. 2.).

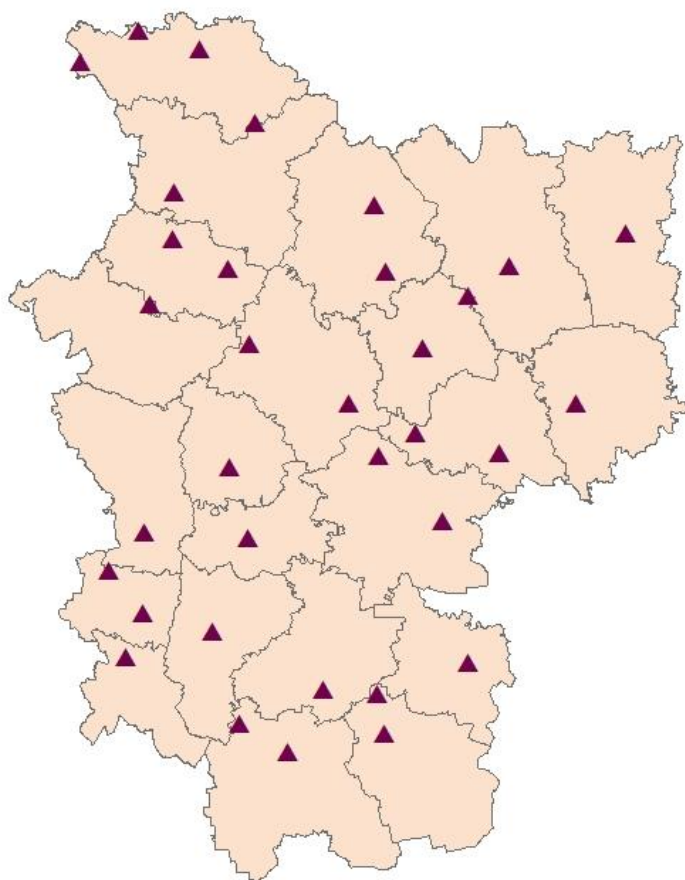


Рис. 2. Расположение полигонов ТКО в Минской области

Как следует из рис. 2, из 34 полигонов ТКО только 5 полигонов находятся в центре своих административных районов, что представляет большую проблему. Проблема заключается в привязке полигонов ТКО к районным ЖКХ [5, с. 84-89]. Система, построенная на этом аспекте, является неповоротливой, так как отходы, вывозимые из населенных



пунктов одного района, не могут быть перевезены в полигон соседнего района, даже если он является ближайшим, что приводит к лишним расходам, которые можно было бы избежать. Транспортная система вывоза отходов, ставящая во главу угла расположение полигонов ТКО более мобильная и экономичная с точки зрения расходов (Рис. 3).

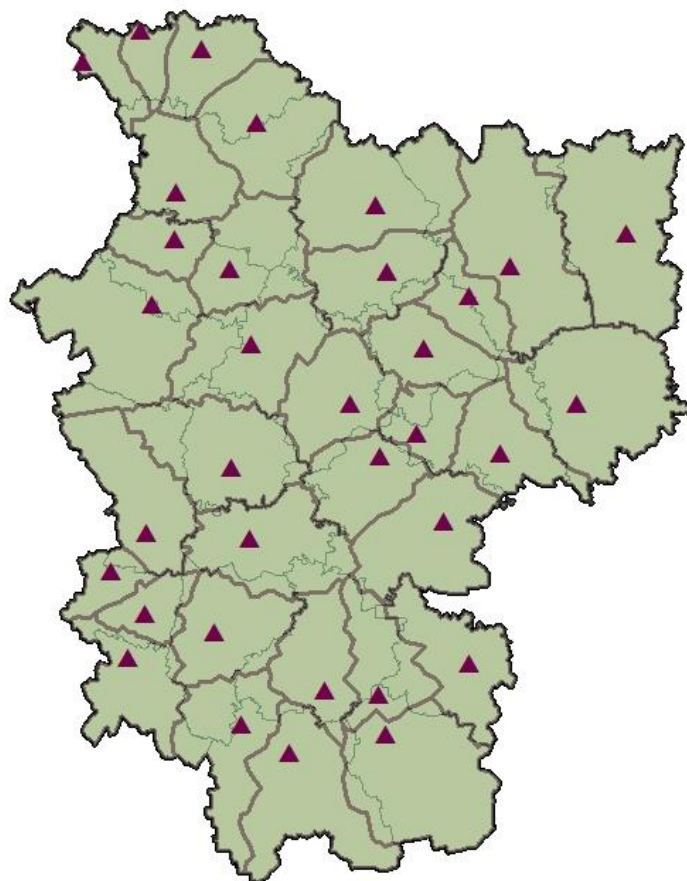


Рис. 3. Карта пространственного притяжения полигонов ТКО

Исходя из получившейся карты можно сделать вывод, что практически все полигоны так или иначе должны с точки зрения логистики принимать отходы из населённых пунктов соседних районов. Данный вывод наталкивает на необходимость создания «смежных» полигонов ТКО, которые бы могли принимать отходы из тех населённых пунктов, где это логистически выгодно. Данные полигоны при этом должны привязаны не к районным ЖКХ, а к областному ЖКХ Минской области, что сделало бы систему более мобильной при закрытии одного полигона и создания другого. Это бы также привело к сокращению расходов на вывоз отходов, как было сказано выше.

## Библиографические ссылки

1. Национальная стратегия по обращению с твёрдыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035. Утверждено Постановление Совета Министров Республики Беларусь 28.07.2017 № 567 [электронный ресурс]. URL: [https://www.mjkk.gov.by/docs/ofitsialnye-dokumenty/natsionalnaya\\_strategiya.pdf](https://www.mjkk.gov.by/docs/ofitsialnye-dokumenty/natsionalnaya_strategiya.pdf) (дата обращения: 13.02.2024).
2. Ковалев Ю. Г. Зенкович В. А. Zero Waste с точки зрения логистики [Электронный ресурс]. URL: [https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/239722/1/Ковалев\\_Зенкович\\_Zero%20waste.pdf](https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/239722/1/Ковалев_Зенкович_Zero%20waste.pdf) (дата обращения 14.02.2024).
3. М. М. Ковалев, А. А. Королева, А. А. Дутина. Транспортная логистика Беларуси. Состояние, перспективы. Минск: Издательский центр БГУ, 2017.
4. Дрозд, А. Д., Пожах К. Р., Осипова Ю. А. Зелёная» логистика. Перспективы развития в условиях COVID-19 [Электронный ресурс]. URL: <https://elib.psu.by/bitstream/123456789/37160/1/369-371.pdf> (дата обращения 14.02.2024).
5. Реестр объектов хранения, захоронения, и обезвреживания отходов (хранение, захоронение) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ecoinfo.by/wp-content/uploads/2024/02/хранение-захоронение.pdf> (дата обращения 13.02.2024).

УДК 551.584.5

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ГОРОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДЗЗ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Т. В. Шлендер<sup>1,2)</sup>, М. В. Бируков<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Факультет географии и геоинформатики БГУ,

<sup>2)</sup>Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ,  
г. Минск, Республика Беларусь, [geo.kasushki@bsu.by](mailto:geo.kasushki@bsu.by)

Рассмотрена проблема загрязнения воздуха городов диоксидом азота с помощью данных спутника SENTINEL-5P, проанализированы данные других газов в масштабе республики. Особенности загрязнения предоставлены посредством анализа картосхем, построенных при помощи платформы Google Earth Engine и ГИС QGIS на основе спутниковых изображений Sentinel-5P за пятилетний период с 2019 по 2023 гг.

**Ключевые слова:** загрязнение воздуха, выбросы диоксида азота, спутниковые снимки, Sentinel-5P, MODIS, QGIS, Google Earth Engine, предельно допустимая концентрация.

## ASSESSMENT OF URBAN AIR POLLUTION USING REMOTE SENSING DATA AND GIS TECHNOLOGIES

T. V. Shlender<sup>1,2)</sup>, M. V. Birukov<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus, [timajaya@mail.ru](mailto:timajaya@mail.ru)

The problem of urban air pollution with nitrogen dioxide using SENTINEL-5P satellite data is considered, data from other gases on the scale of the republic are analyzed. The pollution features are provided through the analysis of cartographs built using the Google Earth Engine platform and the QGIS GIS based on Sentinel-5P satellite images for the five-year period from 2019 to 2023.

**Keywords:** air pollution, nitrogen dioxide emissions, satellite images, Sentinel-5P, QGIS, Google Earth Engine, maximum permissible concentration.

Загрязнение окружающей среды стоит в центре внимания как в промышленно развитых, так и в развивающихся странах по всему миру. Производство энергии с использованием ископаемых топлив и транспортное движение играют ключевую роль в этой проблеме, оказывая серьезное воздействие на общественное здравоохранение как на местном, так и национальном уровнях.

Исследования подтверждают прямую связь между заболеваниями и загрязнением окружающей среды, особенно в больших городах. Где такие вещества, как диоксид азота (NO<sub>2</sub>), угарный газ (CO), озон, метан и другие

газы, способствуют ухудшению здоровья населения и вызывают заболевания различных систем организма [1]. Диоксид азота, который является одним из основных загрязнителей воздуха, представляет собой красновато-коричневый газ, образующийся при конверсии NO в присутствии летучих органических соединений.

Эффективная борьба с загрязнением атмосферы требует не только детальных точечных наземных измерений, но также надежного пространственного и временного моделирования. Это позволит выявить наиболее затронутые районы в различные временные периоды (например, дни, месяцы, сезоны) и помочь принимающим решения лицам выявить причины загрязнения и разработать устойчивые решения для улучшения качества окружающей среды и состояния здоровья населения [2]

Измерение загрязнения атмосферы с помощью спутниковых датчиков позволяют определить количество аэрозолей, имеющих различные спектральные характеристики в ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном и коротковолновом инфракрасном спектрах, которые необходимо измерять и моделировать с целью получения согласованных данных о концентрации газового столба [3] в различных пространственных масштабах, от локального к глобальному. В данном исследовании были использованы снимки спутников Sentinel-5P.

Спутниковая миссия Sentinel-5P (S5P) была запущена в октябре 2017 г. и предназначена для мониторинга атмосферы в рамках программы EU Copernicus [4]. Sentinel-5P оснащен спектрометром TROPOMI (инструмент для мониторинга атмосферы), который охватывает диапазоны длин волн от 270 нм и до 2350 нм. S5P позволяет получать содержания малых газовых составляющих, таких как NO<sub>2</sub>, озон, формальдегид, SO<sub>2</sub>, метан, окись углерода и аэрозоли. Спутниковые снимки производятся ежедневно (орбита пересечения экватора по локальному времени 13:30, значит, над г. Минском снимки имеют время около 9-10 ч локального времени) с пространственным разрешением около 5,5 км × 3,5 км (от 7 км до 5,5 км до августа 2019 г.). S5P предоставляет данные по общему содержанию NO<sub>2</sub> между поверхностью земли и верхней частью тропосферы — тропопаузой.

Для быстрого и эффективного получения спутниковых снимков в работе использовалась Google Earth Engine (GEE) — облачная платформа для геопространственного анализа данных в планетарных масштабах. Она позволяет использовать огромные вычислительные мощности компании Google для изучения самых разнообразных проблем: потерь лесов, засухи, стихийных бедствий, эпидемий, продовольственной безопасности, управления водными ресурсами, изменения климата и защиты окружающей среды. Общедоступный каталог данных Earth Engine (Earth Engine Data Catalog) представляет собой огромный архив часто используемых наборов геопространственных данных [5].

С помощью скрипта формировался файл в формате GeoTIFF для средних значений тропосферного столба диоксида азота и формальдегида (изменялись только пути к библиотекам данных и диапазон измерений) за период 2019-2023 гг. над территорией Беларуси. Полученное изображение в формате GeoTIFF по умолчанию является черно-белым, поэтому преобразования в итоговые цветные картосхемы производились в ГИС QGIS. Пересчет единиц моль/м<sup>2</sup> общего содержания диоксида азота в концентрацию в приземном слое *ppb* осуществлялся для стометрового приземного слоя с использованием функции «калькулятор растров».

Значения ПДК для NO<sub>2</sub> были взяты из гигиенических нормативов РБ для атмосферного воздуха населенных пунктов за 2021 г. И являются: максимальная разовая 250 мкг/м<sup>3</sup>, среднесуточная 100 мкг/м<sup>3</sup>, среднегодовая 40 мкг/м<sup>3</sup> [6]. Было также принято во внимание ПДК по ВОЗ, что имеет максимальную среднесуточную концентрацию в 25 мкг/м<sup>3</sup>, и максимальную годовую в 10 мкг/м<sup>3</sup> [7]. для анализа антропогенной активности использовались данные о величинах ПДК (мкг/м<sup>3</sup>) для диоксида азота, а в качестве фоновой концентрации принимались значения для Березинского заповедника.

Построение картосхем спутниковых снимков производилось в ГИС QGIS, где осуществлялись преобразования единиц сначала в *ppb*, а затем в мкг/м<sup>3</sup> для соотношения с ПДК. Анализ среднесуточных многолетних значений тропосферных концентраций NO<sub>2</sub> за период 2019-2023 гг. выявил территорию загрязнений вокруг областных центров, что соотносится с данными из [8]. Измерения позволяют выявить повышенную концентрацию NO<sub>2</sub>, что превышает ПДК по ВОЗ, однако превышения ПДК по РБ отсутствуют (рис. 1).

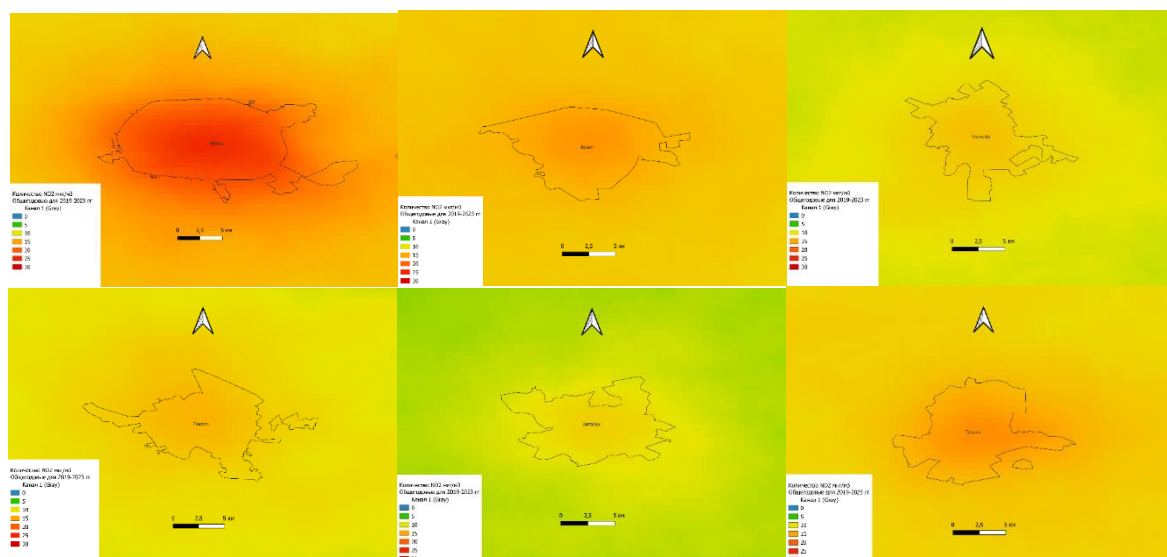


Рис. 1. Среднее значение тропосферной концентраций NO<sub>2</sub> по данным Sentinel-5P г. Минска, областных городов за период 2019-2023 гг. (сост. по [5])

Касательно других газов можно выделить некоторые закономерности. Баланс  $\text{SO}_2$  в атмосфере имеет сильный разброс и не имеет серьезной связи с антропогенной активностью. И оно связано с отдельными предприятиями или с ветровым переносом. Касательно  $\text{CH}_4$  можно отметить интересную зависимость, где пониженная концентрация метана находится над национальными парками и заповедниками (рисунок 2). Стоит отметить, что данные на рисунке 2 показаны для всей тропосферы в значениях ppb, в связи с чем представленные картограммы не стоит соотносить с ПДК.

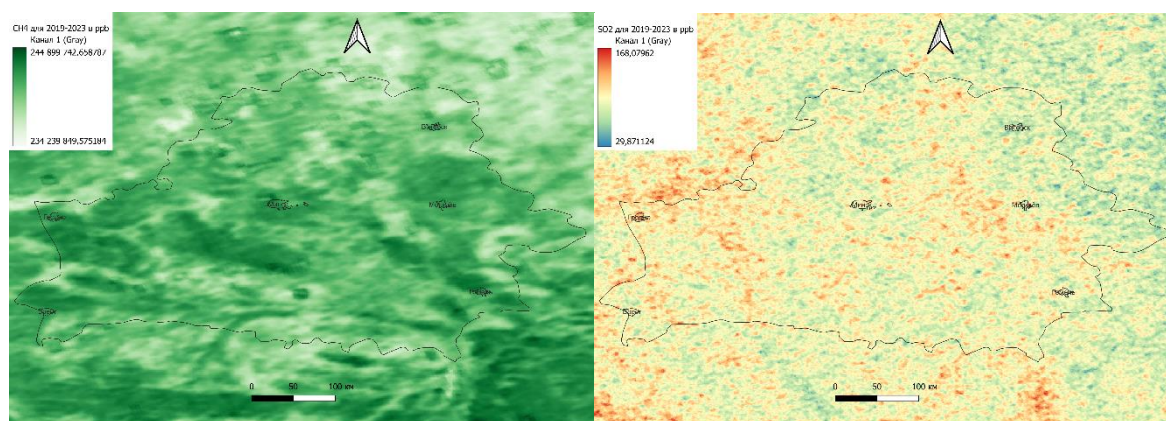


Рис. 2. Среднее значение тропосферной концентраций газов  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  по данным Sentinel-5P для всей Беларуси 2019-2023 гг. (сост. по [5])

Данное исследование демонстрирует ситуацию загрязнения оксидом азота ( $\text{NO}_2$ ), опираясь на обширный объем данных, полученных из спутниковых данных Sentinel-5P. Оно является примером эффективного инструмента для наблюдения за уровнем загрязнения воздуха. Представленное исследование также подчеркивает увеличенные уровни загрязнения вблизи городов, что связано с антропогенной активностью человека. Эти результаты могут служить основой для разработки стратегий по снижению загрязнения воздуха и улучшению качества окружающей среды в населенных пунктах.

### Библиографические ссылки

1. Раашу-Нильсен, О.; Андерсен, З.Дж.; Билен, Р.; Самоли, Э.; Стафоджа, М.; Вайнмайр, Г.; Хоффманн, Б.; Фишер, П.; Ньювенхейсен, М.И.; Брунекриф, Б.; и другие. Загрязнение воздуха и заболеваемость раком легких в 17 европейских когортах: проспективный анализ Европейского исследования когорт последствий загрязнения воздуха (ESCAPE). Ланцет Онкол. 2013, 14, 813–822.
2. Бугудис, И.; Демерцис, К.; Илиадис, Л.; Анезакис В.-Д.; Папалеонидас, А. Полуконтролируемое гибридное моделирование загрязнения атмосферы в городских

центрах. На Международной конференции по инженерным применениям нейронных сетей; Springer: Чам, Швейцария, 2016 г.; стр. 51–63.

3. *Попп, Т.; Хегглин, Мичиган; Холлманн, Р.; Ардуин, Ф.; Барч, А.; Бастос, А.; Беннетт, В.; Бутин Дж.; Брокманн, К.; Бухвиц, М.; и другие.* Согласованность записей спутниковых климатических данных для мониторинга системы Земли. *Бык. Являюся. Метеорол. Соц.* 2020, 1–68.

4. European Space Agency / Sentinel online [Электронный ресурс]: – URL: <https://sentinels.copernicus.eu/> – Дата доступа: 04.06.2023

5. Google Earth Engine Datasets [Электронный ресурс]: – URL: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets> – Дата доступа: 04.06.2023

6. Гигиенические нормативы 2.1.6.12-6-2006 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов в атмосферном воздухе населенных мест», утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 3 апреля 2006 г. № 41

7. WHO [Электронный ресурс]: – URL: [https://www.c40knowledgehub.org/s/article/WHO-Air-Quality-Guidelines?language=en\\_US](https://www.c40knowledgehub.org/s/article/WHO-Air-Quality-Guidelines?language=en_US) – Дата доступа: 04.06.2023

8. Загрязнение воздуха Беларуси. Исследование из Космоса. Под ред. Ян Лабоги. Прага-Минск. 2020. 32 с.

УДК 911.9:528.8

## АНАЛИЗ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛАНДШАФТОВ В ОТНОШЕНИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

**А. Н. Щавелев, К. В. Мячина, С. А. Дубровская, Р. В. Ряхов**

*Институт степи УрО РАН ОФИЦ УрО РАН, ул. Пионерская, 11, 460000,  
г. Оренбург, Россия, [orensteppe@mail.ru](mailto:orensteppe@mail.ru)*

Необходимость оценки поглотительного потенциала ландшафтов в отношении диоксида углерода приобретает все большую актуальность. Цель работы - выявить особенности пространственно-временной динамики поглотительной способности отдельных ландшафтов в степных, лесостепных и горнолесных регионах юга России. Выполнена тематическая обработка спутниковых данных, на основе которой произведено пространственное зонирование территории по показателю поглощения углерода. Установлено, что в масштабах регионов поглотительная способность изменяется, отражая зональную смену природно-климатических условий.

**Ключевые слова:** степные, лесостепные и горнолесные ландшафты; потенциал поглощения углерода; пространственно - временная динамика; данные дистанционного зондирования; Чеченская Республика; Оренбургская область.

## ANALYSIS OF THE ABSORPTION CAPACITY OF LANDSCAPE WITH RESPECT TO CARBON DIOXIDE BASED ON SATELLITE DATA

**A. N. Shchavelev, K. V. Myachina, S. A. Dubrovskaya, R. V. Ryakhov**

*Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
st. Pionerskaya, 11, 460000, Orenburg, Russia, [orensteppe@mail.ru](mailto:orensteppe@mail.ru)*

The need to assess the carbon dioxide absorption potential of landscapes is becoming increasingly important. The purpose of the work is to identify the features of the spatio-temporal dynamics of the absorption capacity of individual landscapes in the steppe, forest-steppe and mountain forest regions of southern Russia. Thematic processing of satellite data was carried out, on the basis of which spatial zoning of the territory was carried out according to the carbon absorption indicator. It has been established that on a regional scale, the absorption capacity changes, reflecting zonal changes in natural and climatic conditions.

**Keywords:** steppe, forest-steppe and mountain forest landscapes; carbon sequestration potential; spatiotemporal dynamics; remote sensing data; Chechen Republic; Orenburg region.



Глобальная проблема оценки поглотительного потенциала ландшафтов в отношении диоксида углерода приобретает все большую актуальность.

В настоящее время разворачиваются исследования, использующие возможности спутниковых снимков для оценки поглотительной способности ландшафтов и запасов углерода. Установлено, что спектральные индексы, отражающие биофизические параметры растительной биомассы, положительно коррелируют с депонированием углерода [5, с. 1-22] и отрицательно — с содержанием углерода в атмосфере [3]. Цель работы — выявить особенности пространственных изменений и временной динамики поглотительной способности российских горнолесных, лесостепных и степных ландшафтов в отношении атмосферного диоксида углерода.

В качестве регионов исследования выбраны центральная часть Оренбургской области и Чеченская Республика.

В первую очередь, с учетом имеющихся рекомендаций [1, с. 1-57], была выполнена тематическая обработка доступных данных дистанционного зондирования Земли - продуктов спутникового спектрорадиометра MODIS, что позволило рассчитать ежегодный показатель поглощения углерода (ППУ) растительным покровом в регионах исследования за период с 2000 по 2020 гг. На основе полученных значений произведено пространственное зонирование территории изучаемых регионов по ППУ, а также проанализированы временные тренды значений ППУ для семи ключевых участков. Каждый из участков отличается как по типу ландшафта, так и по растительному покрову. Участки № 1-6 расположены на территории Чеченской Республики, участок № 7 в Оренбургской области: 1 – низкогорные лесостепные ландшафты, смешанные широколиственные леса, кустарники; 2 – разнотравно-злаковые степи; 3 – низкогорные лесостепные ландшафты, широколиственные леса и кустарники; 4 – естественные и залежные степи межгорной котловины с разнотравно-типчачково-ковыльной, разнотравно-злаково полынной растительностью; 5 - низкогорно-долинные ландшафты, горно-лесная древесно-кустарниковая растительность; 6 – остепненные луга и горные степи приподнятой межгорной котловины; 7 – сухая степь с полынно-тырсово-типчачково-ковыльной растительностью.

Пространственное распределение средних за исследуемый период значений показателя поглощения углерода растительным покровом в регионах исследования представлено на рисунках 1, 2.

Рисунок 1а демонстрирует, что в масштабе региона поглотительная способность наземной фитомассы ландшафтов Чеченской Республики увеличивается по направлению с севера на юг, отражая зональную смену природно-климатических условий: от степей и полупустынь в северных районах, где значения ППУ представлены в диапазоне от 0,5 до 1 кгС/м<sup>2</sup>/год, до предгорных луговых степей и горных лесов на юге, где

значения ППУ превышают  $3 \text{ кгС/м}^2/\text{год}$ . В то же время, в части *b* рисунка 1, визуализирующей пространственно-временные тренды ППУ, видно, что в зонах с преобладанием лесов многолетний прирост значений ППУ минимален и не превышает  $0,5 \text{ кгС/м}^2/\text{год}$ . Существующие гипотезы объясняют это как снижением поглотительной способности в возрастных лесах за счет стабилизации валовой первичной продуктивности и непрерывного повышения автотрофного дыхания [2, с. 70-87], так и тем, что снижение поглотительной способности в многолетних лесах в первую очередь обусловлено снижением валовой первичной продуктивности, которая с возрастом уменьшается быстрее, чем автотрофное дыхание, но соотношение поглотительной способности и валовой первичной продуктивности остается примерно постоянным в пределах экосистемы [4, с. 8856-8860]. Для построения прогнозных моделей нужно учитывать вышеописанные особенности поглотительной способности лесов.

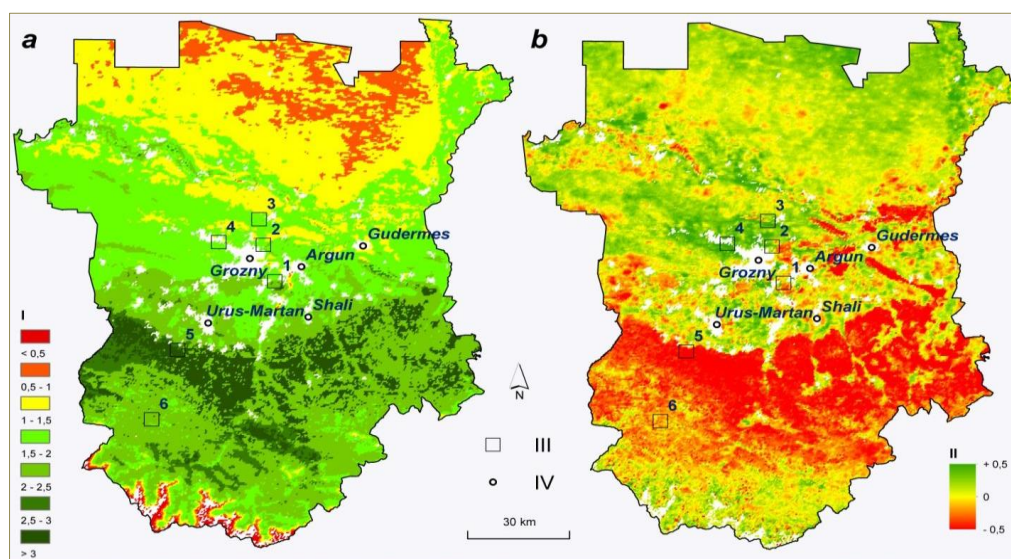


Рис. 1. Пространственное распределение на территории Чеченской Республики: а) средних значений показателя поглощения углерода ( $\text{кгС/м}^2/\text{год}$ ), б) трендов значений показателя поглощения углерода за период с 2002 по 2020 гг.; I - диапазоны значений ППУ; II - черно-белый градиент тренда ППУ; III - ключевые участки исследования №№ 1-6; IV - населенные пункты

Рисунок 2 в части *c* показывает, что поглотительная способность ландшафтов центральной части Оренбургской области возрастает по направлению с юга на север, отражая зональную смену природно-климатических условий: от сухой типчаково-ковыльной степи на юге с ППУ от  $0,5$  до  $1 \text{ кгС/м}^2/\text{год}$  до разнотравно-ковыльной и разнотравно-злаковой степи на севере, где максимум ППУ достигает  $1,5 \text{ кгС/м}^2/\text{год}$ . Пространственно-временные тренды ППУ в центральной части Оренбургской области не демонстрируют каких-либо значимых колебаний

(рис. 2 в части *d*). Такая однородность связана, прежде всего, с условным однообразием растительного покрова, сохраняющимся, несмотря на смену подзональных вариантов.

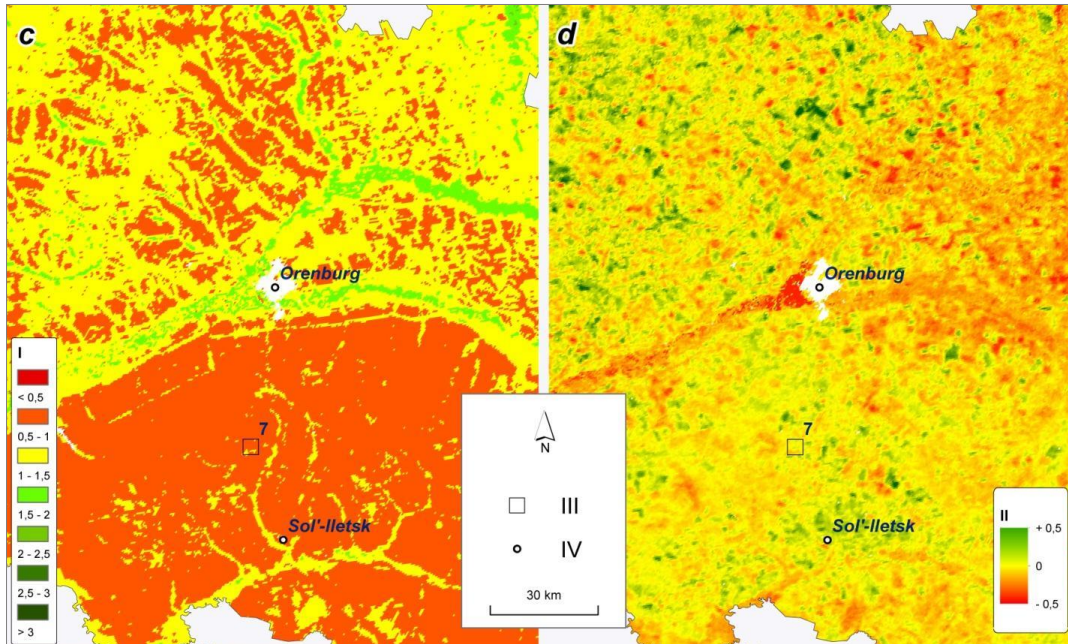


Рис. 2. Пространственное распределение в центральной части Оренбургской области: *c*) средних значений показателя поглощения углерода ( $\text{кгС}/\text{м}^2/\text{год}$ ), *d*) трендов значений показателя поглощения углерода за период с 2002 по 2020 гг.; I – диапазоны значений ППУ; II – цветовой градиент тренда ППУ; III – ключевой участок исследования №7; IV – населенные пункты

Особый интерес представляют временные тренды ППУ на ключевых участках исследования (рис. 3).

Снижение поглотительной способности в возрастных лесах за счет стабилизации валовой первичной явно отражается на облесенном участке № 5. При неизменном состоянии лесных массивов в следующие десятилетия обстоит вопрос нижнего порога значения ППУ для данного участка.

На сухостепном участке № 7 отмечается нисходящая линия тренда ППУ. Судя по всему, на участках залежных или естественных многолетних степей действует аналогичный механизм стабилизации и постепенного снижения поглотительной способности.

На остальных участках исследования № 1-4 и № 6 линии трендов либо стабильны, либо слабоотрицательны. Можно объяснить это разнообразием растительного покрова и систематически-периодическим антропогенным воздействием, способствующим обновлению растительного покрова.

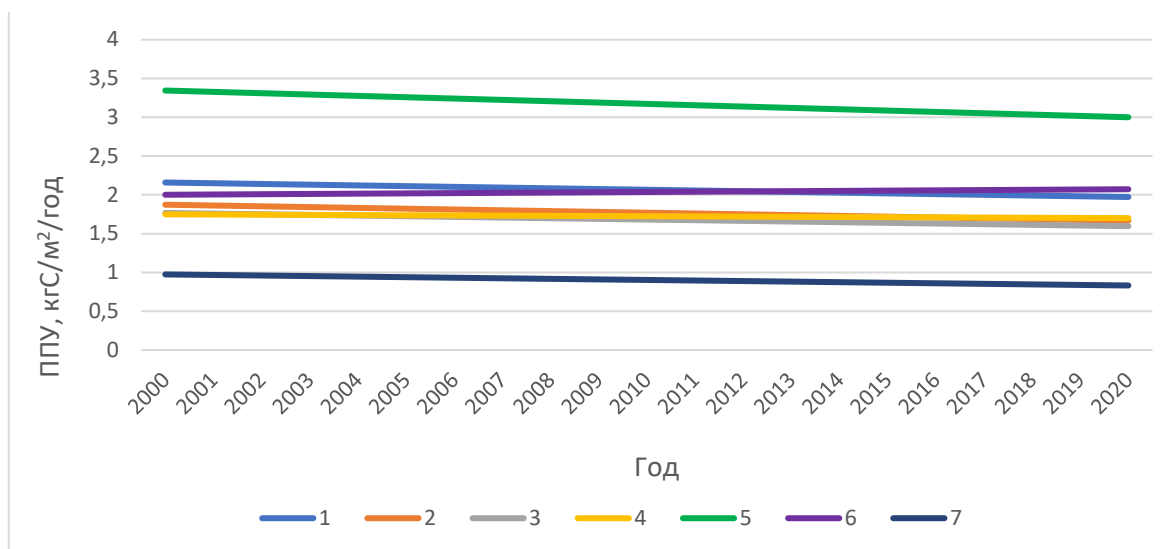


Рис. 3. Временные тренды значений показателя поглощения углерода растительностью на ключевых участках исследования №№ 1-7

В масштабах регионов поглотительная способность ландшафтов изменяется, отражая зональную смену природно-климатических условий: минимальная поглотительная способность отмечается в зонах степей и полупустынь, максимальная — в зонах низкогорных смешанных лесов.

Результаты исследования призваны помочь в разработке решений по оптимизации природопользования в степных, лесостепных и горных ландшафтах.

Исследование выполнено в рамках гос. задания Института степи УрО РАН ОФИЦ УрО РАН № ГР АААА-А21-121011190016-1 и гос. задания ГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова ФЗНУ-2021-0012

### Библиографические ссылки

1. Heinsch F., Reeves M., Votava P., Kang S., Milesi C., Nemani R. User's guide GPP and NPP (MOD17A2/A3) products NASA MODIS land algorithm. Version 2.0. 2003. P. 1-57.
2. Kira T., Shidei T. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific // Jap J Ecol, 1967. №17. P. 70–87.
3. Lv Z, Shi Y, Zang S, Sun L. Spatial and Temporal Variations of Atmospheric CO2 Concentration in China and Its Influencing Factors // Atmosphere, 2020. Т. 11(3). P. 231.
4. Tang J., Luysaert S., Richardson A. D., Kutsch W., Janssens I. A. Steeper declines in forest photosynthesis than respiration explain age-driven decreases in forest growth // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2014. Т. 111. №24. P. 8856-8860.
5. Wani, A. A. Assessing relationship of forest biophysical factors with NDVI for carbon management in key coniferous strata of temperate Himalayas / A. A. Wani, A. F. Bhat, A. A. Gattoo, S. Zahoor, B. Mehraj, N. Najam, P. K. Joshi // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2021. Т. 26. № 1. P. 1-22.

УДК 551.4/911

## АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МАЛОГО КАВКАЗА

**М. И. Юнусов, И. Я. Кучинская, Э. Д. Керимова**

*Институт географии МНУ Республики Азербайджан, AZ1143, Азербайджан, Баку,  
пр. Г. Джавида, 115, [irina.danula@gmail.com](mailto:irina.danula@gmail.com)*

В статье проанализированы изменения антропогенного влияния за исторический период на естественные ландшафты юго-восточной оконечности Малого Кавказа, а также выявлены основные тенденции антропогенной трансформации ландшафтов.

**Ключевые слова:** антропогенное влияние; трансформация ландшафтов; селитебные и агроландшафты.

## ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF THE LANDSCAPE OF THE SOUTH-EASTERN PART OF MINOR CAUCASUS

**M. I. Yunusov, I. Y. Kuchinskaya, E. D. Karimova**

*Institute of Geography of the Ministry of Education and Science of the Republic of  
Azerbaijan, AZ1143, Azerbaijan, Baku, H. Javid ave., 115, [irina.danula@gmail.com](mailto:irina.danula@gmail.com)*

The changes in anthropogenic influence over the historical period on the natural landscapes of the south-eastern part of the Minor Caucasus have been analyzed, and the main trends in anthropogenic transformation of landscapes also have been identified in the article.

**Key words:** anthropogenic influence, landscape transformation, residential and agricultural landscapes

Ландшафты горных районов нашей республики имеют типологически и морфологически сложную структуру из-за большого изменения относительной высоты. Поэтому влияние антропогенных факторов на природные комплексы Малого Кавказа различно. Трансформация ландшафтов, подчиняясь высотной поясности, носит своеобразный характер.

Благодаря благоприятному рельефу, территория Карабаха издревле находилась под влиянием хозяйственной деятельности людей. Негативные воздействия нарушили устойчивость природных комплексов и привели к формированию различных модификаций антропогенных ландшафтов.

Анализ археологических данных показывает, что в неоген-четвертичном периоде на Малом Кавказе были благоприятные условия для проживания людей [1]. В I тысячелетии до нашей эры и в I-II вв. нашей эры в предгорных и низкогорных частях бассейнов рек Тертер, Индже, Хакари, Кондалан развивались оседлое земледелие, животноводство, городские и

сельские поселения. Это показатель того, что на Малом Кавказе уже в то время на фоне природных ландшафтов сформировались сельскохозяйственные (поля, пастбища, сенокосы) и селитебные типы антропогенных ландшафтов.

В связи с созданием в средние века крупных поселений, расширением оседлого земледелия и животноводства динамика антропогенных ландшафтов в предгорьях и речных долинах значительно возросла. М. Калантуклу (1861) свидетельствовал, что уже в V в. на террасных равнинах рек Араз, Хакари, Тертер и других выращивались зерновые культуры, виноград, хлопок, шелковица. Расширение искусственного орошения на наклонных равнинах высокогорья привело к развитию земледелия и садоводства. В это время использовались каналы и арыки, отведенные от рек Карабаха. Поэтому стало возможным превратить пастбища в сухих пустынях и полупустынях в орошаемые поля и выращивать там пшеницу, фрукты, бахчевые, хлопчатник. Об этом свидетельствуют остатки оросительных каналов того периода.

В XIII–XIV вв. и более поздние периоды характер антропогенного воздействия на ландшафты Малого Кавказа существенно меняется. Таким образом, частые нападения иностранных врагов и войны подавили оседлое земледелие, а культурные поля, посевы и сады превратились в пастбища и сенокосы.

С начала XIX в. начался новый техногенный этап воздействия антропогенных факторов на природные ландшафты Малого Кавказа. Это было вызвано усовершенствованием орудий труда, внедрением мелиорации и ирригации. В долинах рек Тертер, Хакари, Кондалан, Гуру и Араз шелководные рощи занимали большие площади вокруг крупных сел. В 80-е гг. XIX в. жители более чем 800 сел Азербайджана занимались выращиванием кокона шелкопряда. [2].

В конце XIX в. распространение антропогенных ландшафтов на Малом Кавказе приняло зональный характер. Так, на более благоприятных предгорьях и равнинах распространяются сады, виноградники и сельскохозяйственные поля, а в высокогорьях — пастбища и сенокосы. Усиление антропогенных воздействий вызвало существенные изменения лесных, лесокустарниковых, послелесных кустарниковых и лугово-степных ландшафтов. Интенсивная вырубка крестьянами окрестных лесов полностью уничтожила лесные участки Халифали и Зарыслы в окрестностях Шуши [3]. Вокруг населенных пунктов, расположенных в лесной зоне, образовывались специфические «окна». Увеличение количества поселений привело также и к увеличению площади селитебных ландшафтов.

В начале XX в. в связи с ростом населения и развитием техники обострилось антропогенное воздействие на природные ландшафты. В

бассейнах рек Хакари, Тертер, Кондалан, Баргушад расширяются виноградники, тутовые, фруктовые сады и орошаемые поля, селитебные комплексы. Правда, в то время еще не было преобладания мелиорации и химизации в сельском хозяйстве, поэтому антропогенное воздействие было в определенной степени ограничено. Волнистые равнины, пологие горные склоны и плато изучаемого региона на участках богарного земледелия часто нарушались связи между компонентами и образовывались неустойчивые агроландшафты, что приводило к возникновению нежелательных природных процессов. Увеличение числа поселений усилило воздействие различной экономической деятельности на природные ландшафты. Так, 50 % поселений располагалось в лесных и лесостепных районах региона, 46 % — в сухостепных и до 4 % — в послелесных и луговых ландшафтах высокогорья.

Сравнительный анализ картографических материалов показывает, что леса вырубались преимущественно на прилегающих к населенным пунктам территориях. Окрестности сел Шюкюрбейли, Марзали Джебраильского района, Пирахмедли, Гочахмедли, Гараколлу Физулинского района, долины рек Хакари, Кондалан, Гуру, Охчу были покрыты лесами.

В 1930-е г. леса простирались до окраин населенных пунктов Газанчи, Дашбаши, Алимататлы, Джанятаг, Агдере, Суговушан и др. расположенные в низкогорье. В настоящее время эти территории заняты орошаемыми садами, виноградниками, пашнями и селитебными комплексами [4] (рис. 1).



Рис. 1. Агроландшафты Тертерского района

Во второй половине прошлого века строительство крупных водохранилищ для развития сельского хозяйства (Суговушан, Кондалан, Хачин), рекреационных объектов в Шуше и Истису, а также создание новых

поселков городского типа оказали значительное влияние на окружающие ландшафты.

В результате хозяйственной деятельности человека в структуре природных ландшафтов происходят количественные и качественные изменения. В результате образуются такие природно-антропогенные комплексы (ПАК) как сельскохозяйственные, селитебные, городские, водные, горнодобывающие и т. д. Однако эти комплексы в основном подчиняются естественным законам, а после прекращения антропогенной деятельности природные ландшафты частично восстанавливаются. На изучаемой территории происходят очаговые, линейные и площадные антропогенные изменения, что связано с определенными динамическими процессами.

Равнины предгорий и пологие склоны низкогорий подверглись площадным изменениям. Очаговые изменения характерны для горных регионов, где они фрагментировано распространяются на небольших участках на отдельных склонах. Обычно такие ландшафты имеют неустойчивую структуру. Обычно, при динамическом развитии наряду с антропогенными воздействиями преобладают и природные процессы (оползни, денудация, лавины, наводнения и др.). Очаговые антропогенные комплексы формируются на границах естественных ландшафтов, поэтому для них характерна природно-антропогенная трансформация. Вокруг территорий, где ведутся горнодобывающие работы, горных сел, поселков горные склоны очагово интенсивно эксплуатируются, лесные, лесокустарниковые и луговые ландшафты изменяются. Иногда это приводит к формированию зрелых и необратимых ландшафтов.

Транспорт и связь, соединяющие крупные центры освоения, играют ключевую роль при линейно-очаговом освоении территорий [5]. Данный тип хозяйственного освоения характерен для среднегорных и высокогорных районов изучаемых территорий.

Воздействия и нарушения чаще происходят на территориях, где природные системы изменяются линейно (лентообразно). Шоссе и другие системы связи играют важную роль в этих ландшафтных единицах. В зависимости от характера и функции придорожного комплекса радиус антропогенного воздействия варьируется. Поэтому на территориях вокруг этих систем преобладают естественные и антропогенные динамические процессы (рис. 2).





Рис. 2. Линейно-очаговая трансформация территории Физулинского района (прокладка дорог)

Динамические процессы в высокогорьях, вторичных лугах и степях приобретают совершенно разные характеристики. На пастбищах, лугах и послелесных лугах горных массивов природная структура комплексов претерпела множество изменений под влиянием многолетнего использования. Тем не менее, они в той или иной степени сохранили свою структуру, функцию и свойства самовосстановления. В процессе многолетнего использования формируется более стабильная структура, сохраняющая свою устойчивость в широком диапазоне.

В результате исследований стало известно, что в последнее время меняется структура различных посевных площадей, особенно виноградников, тутовых садов, сенокосов, пастбищ, орошаемых и богарных плантаций в сухостепных и полупустынных ландшафтах. Послелесные лугово-кустарниковые комплексы на склонах различной крутизны и экспозиции находятся на разных стадиях по своей динамичности. Первичные ландшафты здесь были полностью уничтожены, а на их месте сформировались природно-антропогенные послелесные лугово-кустарниковые ландшафты. Эти комплексы имеют совершенно другой режим развития и характеризуются сравнительно высокой производительностью. Здесь слой почвы мощный, поверхность в разной степени фрагментирована, а некоторые участки выстланы камнями. Основной хозяйственной деятельностью в этих комплексах является вырубка кустарников и выпас скота. Однако по сравнению с аридно-кустарниковыми комплексами здесь быстрее восстанавливаются травянистые и полукустарниковые растения. Обилие продольных троп на склонах гор свидетельствует об интенсивном выпасе

скота. Нерегулярный выпас животных после завершения заготовки сена приводит к увеличению антропогенной нагрузки в 3-4 раза.

Вырубка лесов — один из древнейших и наиболее эффективных видов деятельности человека в лесных ландшафтах юго-восточного склона Малого Кавказа. Эта деятельность осуществлялась периодически в течение многих лет для удовлетворения различных хозяйственных потребностей. С увеличением численности населения в горных районах увеличился и объем этих работ. В динамике лесов в исторические периоды можно выделить локальный, линейный и площадной типы динамики.



Рис. 3. Лесные ландшафты юго-восточного склона Малого Кавказа

Локальная динамика ландшафтов наибольшей была в древнейшие времена. В те времена восстановление естественных лесов шло быстрыми темпами. В более поздние периоды усилился процесс линейной и площадной вырубки лесов. Вырубка лесов — это вид деятельности человека, оказывающая на них наибольшее воздействие. На этом этапе был поврежден весь лесной комплекс. Таким образом, возникали оголенные скалы, массивы без крупных деревьев, происходила эрозия, деградация, опустынивание (степпинг), в целом снижалась биологическая продуктивность лесных ценозов, менялся видовой состав лесов. На месте дубовых, дубово-грабовых лесов появились кустарники и шибляк, верхняя граница лесов опустилась, а нижняя граница поднялась.

Исследования показывают, что леса в настоящее время сохранились в среднегорье и в небольшом количестве на относительно крутых склонах высокогорья. Однако больше всего изменений претерпели леса вокруг

жилых массивов указанного пояса и по обочинам автомагистралей. В 1980-е гг. 44 % лесов Малого Кавказа находились на высотах 600-1200 м, 43,5 % — на высоте 1200-1800 м, 10 % — на высоте 1800-2200 м, и 2,5 % на высоте 400-600 м.

Роль пастбищ и сенокосов очень важна для развития и повышения продуктивности животноводства. Площадь летних пастбищ на исследуемой территории составляет более 300 000 га и расположена на участках с абсолютной высотой 1800 (2000)-3000 (3200) м. К таким территориям относятся высокогорья Кельбаджарского, Лачинского, Шушинского районов. Пастбища альпийских лугов имеют более низкорослые (15–20 см) группировки растений, чем пастбища субальпийского пояса. Эти пастбища чаще встречаются на северных, северо-восточных склонах и водоразделах. Среди растений наиболее распространены люцерна, овес, расторопша, одуванчик и различные виды чабреца. Степень покрытия растениями 90–95 %. Эти типы ландшафтов считаются самыми продуктивными летними пастбищами нашей республики. В 90-е гг. прошлого века, т. е. в период до оккупации наших земель, до 1,5 млн. голов мелкого и крупнорогатого скота ежегодно кормились на летних пастбищах в весенне-летний сезон. Это составляло 4-5 голов на гектар, что почти в 2 раза больше нормы.

Перевыпас скота на горных лугах приводит к изменению видового состава растительности, сокращению кормовых растений, разрастанию колючек и сорняков, что усиливает эрозию почв. Существенные нарушения при использовании пастбищ происходят на Карабахском вулканическом плато. В частности, это проявляется в хребтах Михтокен, Делидаг, Гырхгыз. Так, здесь не учитываются высотно-поясные и динамические характеристики ландшафтов. Начало вегетации растений, их развитие и начало пастбищного периода сильно зависят от климатических факторов.

Динамика субальпийских лугов (сенокосов) и альпийских лугов (пастбищ) на исследуемой территории имеет свои особенности. Так, субальпийские луга, используемые в качестве сенокосов по району расположения, отличаются от альпийских лугов, используемых в качестве пастбищ. Поэтому сенокосы в короткие сроки восстанавливают свою естественную систему. Сенокосы Малого Кавказа расположены в основном в субальпийском поясе между абсолютными высотами 1800-2000 м и 2700-2800 м. Кроме того, сенокосы широко распространены в послелесных лугово-степях, особенно, на искусственно террасированных склонах гор на высоте 1300-1800 м.

На летних пастбищах происходят однокомпонентные и многокомпонентные изменения в зависимости от условий рельефа и интенсивности антропогенных факторов. Однокомпонентные изменения происходят

преимущественно на склонах гор, где имеются многочисленные овраги, лишённые растительности. При них меняется структура части почвенного покрова. Многокомпонентные изменения характерны для всех крутых горных массивов. Подобные изменения более характерны для склонов вулканических массивов (Беюк Ишиглы, Гызылбогаз, Айичынгылы и др.), хребта Муровдаг и районов Делидаг. В это время под воздействием интенсивного выпаса скота происходит полное обнажение огромных горных склонов, изменяется почвенно-растительный покров, микроклимат и рельеф.

На аэро- и космоснимках хорошо видны дороги, овраги, проходящие через пастбища, а также размытые склоны. Наиболее большая плотность дорожной сети вокруг Гарагёля, Минкенда и горы Конгур. Большинство многочисленных неиспользуемых старых грунтовых дорог на Карабахском вулканическом плато превратились в эрозионные овраги. Между Сарымсагдагом и Багирсагдагом на альпийских лугах с абсолютной высотой 2800-3000 м на 1 га проложено более 30 грунтовых дорог. Наиболее нарушена поверхность пастбищ, расположенных у подножья горы Гелинга. Здесь находилось 14 загонов на площади 1 км<sup>2</sup>, расположенных на расстоянии 500-600 м друг от друга. 15 параллельных автодорог шириной 150-200 м тянутся на более ровных участках, которые, вероятно, в будущем создадут потенциальный овраг.

Вышесказанное отражает трансформацию ландшафтов Малого Кавказа до 90-х годов прошлого столетия. Как известно, более 1,3 млн. этой территории последние 30 лет находилось под армянской оккупацией. В этот период в динамике и трансформации ландшафтов произошли лишь разрушительные и катастрофические изменения. Многокомпонентная трансформация в отдельных комплексах привела к созданию новых антропогенных модификаций. В частности, вырубка лесов, поджог сельскохозяйственных угодий и уничтожение летних пастбищ привели к радикальным изменениям ландшафтов. Так, до оккупации, по данным Министерства лесного хозяйства республики, (1988 г.) площадь естественных лесов здесь составляла 228 тыс. га. После освобождения земель от оккупации в 2020 г. по спутниковым снимкам была подсчитана площадь лесов и установлено, что здесь находится 174 тыс. га лесного массива. Таким образом, за время оккупации было уничтожено более 54 тысяч гектаров драгоценных богатств нашей республики [6]. На более чем 90 тысячах га плодородных земель освобожденных территорий выращивались злаки. В результате преднамеренных пожаров уничтожено 96 тысяч га пастбищ, сенокосов, зеленых насаждений и лесных массивов.

## Библиографические ссылки

1. *Гаджиев, Г. А.* Климатические и микроклиматические условия летних пастбищ Малого Кавказа (в пределах Азербайджанской ССР). Фонд Института географии НАНА. Баку, 1975 (на азерб. языке).
2. *Сумбатзаде, А. С.* Сельское хозяйство Азербайджана в XIX в. Баку: [б. и.], 1958. 364 с.
3. *Деконский, А. Г.* Экономический быт государственных крестьян Шушинского и Джебраильского уездов Елизаветпольской губернии // МИЭБГКЗК. Т. 4. Тифлис, 1886.
4. *Гарибов Ю. А., Мамедбеков Э. Ш., Юнусов М. И.* Изменение ландшафтов юго-восточного склона Малого Кавказа под антропогенным воздействием // НАНА «Новости», сер. «Науки о Земле», № 3. Баку, 1998. С. 28–31 (на азерб. языке).
5. *Исаков Ю. А., Казанская П. С., Тишков А. А.* Зональные закономерности динамики экосистем. – Москва : Наука, 1986. 149 с.
6. *Гарибов Ю. А., Юнусов М. И.* Древние орошаемые агроирригационные ландшафты Карабахской равнины // Проблемы опустынивания в Азербайджане. Баку : [б. и.], 2003 (на азерб. языке).

UDC: 349.6.502/504

## ENVIRONMENTAL PROBLEMS AND ATTITUDES TOWARDS THEM

**X. L. Khudoyorov, I. L. Oltinov**

*Shakhrisabz State Pedagogical Institute, Shakhrisabz Av., 17,  
17, Shakhrisabz, Uzbekistan, [lochinbekxudoyorov22@gmail.com](mailto:lochinbekxudoyorov22@gmail.com)*

This article presents current environmental issues, solutions to these problems using a variety of sources, with a concentration of knowledge and skills.

**Keywords:** Ecology; ozone layer; greenhouse effect; apocalypse; Abu Ali ibn Sino; Central Asia; USA; Japan; Europe; UN; Hek; Matt Theresa.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОТНОШЕНИЕ К НИМ

**Х. Л. Худоёров, И. Л. Олтинов**

*Шахрисабзский государственный педагогический институт, проспект Шахрисабз,  
17, Шахрисабз, Узбекистан, [lochinbekxudoyorov22@gmail.com](mailto:lochinbekxudoyorov22@gmail.com)*

В данной статье представлены актуальные экологические проблемы, пути решения этих проблем с использованием различных источников, с концентрацией знаний и умений.

**Ключевые слова:** Экология; озоновый слой; парниковый эффект; апокалипсис; Абу Али ибн Сино; Центральная Азия; США; Япония; Европа; ООН; Хек; Мэтт Тереза.

From the time humans began to live on Earth to the present day, humans have met their needs through nature and most likely will continue to do so. In other words, nature is the basis of many benefits that are necessary for people. Therefore, human society should not forget the following during communication with nature:

1. Nature was not created by humans. Nature can exist without humans. However, it is clear that it is very difficult for humans to live without nature;

2. Everything in existence has a measure. That is, it may come to an end sometime. Experts have calculated how many resources the earth has and how long it will last. According to scientists, even the Sun, which we are used to and it is difficult for you to imagine our life, is 5 billion it is estimated that his life will reach its end after a year. "After all, 5 billion until the year..." We won't be right. However, it is not about our wrong understanding, but about the fact that someday all the blessings of nature will disappear;

3. Any external influence on nature will not go unanswered. Someday, anyway, it will show its result. In recent years, the Indian government has announced a monetary reward for every sparrow killed due to overpopulation. Do you know what the result ended up being? That year, locusts multiplied excessively and caused great damage to agriculture. In addition, it is no secret that the cause of many diseases today is the pollution of the atmosphere. Especially in industrialized countries, atmospheric pollution causes respiratory and skin diseases among the population.

Even the reason for the origin of the problems that await their solution in the world today lies in the “labors” of mankind, which have been and have been doing for years, centuries, which are not so important in their eyes. In the era of the industrial revolution of mankind, in the mystery of the problematic situations associated with atmospheric pollution above, which did not come to mind, we can also include the following situation without exception, it seems to me. "One of the second big problems is the precipitation of acid rain. Atmospheric and ozone, carbon and sulfur dioxides and other gases fall back to earth as a result of precipitation from the upper atmosphere". In these rainy regions, the soil and the plant contained in it, microorganisms are poisoned. Due to the consumption of primary and secondary foods made from these poisoned products, these poisons also have an effect on the human body. At this point, it is impossible not to note another problem.

This is such a process in which, as a result of the smoke of thick gases containing carbon dioxide surrounding the globe, a certain amount of returning sunlight from Earth cannot escape into the open universe, and as a result, the air temperature on Earth rises. The mystery of these problems lies in the fact that streams of hot air remain in one place for a long time (this is called “apocalypse”, that is, “resurrection”. Because of the” apocalypse", fires are created in different places on the Earth's surface. We can give an example of Europe, Japan and the United States to the areas where this disaster has spread). Desertification; erosion of the ozone layer; drought; shortage of clean and quality drinking water, food and fresh air; need for fertile lands... Yes, this sequence can still be long-lasting by an insoluble person. But despite the fact that the above problems are different, they are united by the human factor and its blind use of the resources of nature.

It seems to me that if the air we breathe today had been examined by Abu Ali ibn Sino, he would have greatly changed his view that, “if there were no dust and hump, man would have lived for a thousand years”. Because, in the composition of today's air, very different harmful substances “prevail”, in addition to dust and hump. Within humanity, there are no people who observe these situations in a broad way and act with a vision of the future, seek rational solutions to problems and try to correct the situation, of course. However, in

reality, intelligent people look for a way not to get out of it after falling into the swamp, but to get into the swamp. Whatever the preservation of nature, we will be clearly mistaken only if we say it on papers. As proof of our word: we can cite the first Universal conference on the Environment held by the UN in Stockholm in 1972 and the Stockholm Declaration adopted at it, the foundation of the Red Book, the adoption of laws protecting the animal and plant world, the International Commission on the external environment and development established under the UN in 1983, the UN international agreement on climate change, the Vienna agreement on. In a notable aspect, Uzbekistan is also not indifferent to these reforms and is considered one of the active participants. “In the wake of the reforms carried out to eliminate the problems of the islet in our region, the historic” Nukus declaration “was first signed by the presidents of 5 Central Asian countries during the conference on sustainable development of the islet Sea basin, held on September 18-20, 1995, and according to it, these countries have firmly established their support for Sustainable Development and” agenda for the 21<sup>st</sup> Century”.

In order to trace existing problem situations, I think it is necessary to form an ecological culture among people. Already one of the reasons for our situation today is precisely the lack of ecological culture, literacy. And it is appropriate to start this at the same time, first of all, from Family, Educational Institutions. As a solution, one can also cite the following:

Introduction of technologies in enterprises and factories that do not harm modern nature and provide effective access to resources;

Separate collection of waste by type and establishing their processing;

Introduction of a healthy lifestyle among the population. That is, ensuring that they are encouraged to walk or cycle on their way to more work, study “as long as cars spend several times more oxygen than all the population on Earth over a year”. (Because they need oxygen for their internal combustion engines). In addition, it is necessary to further improve the system of laws on ecology and strengthen state control in this area. In this regard, “at the president's meeting with representatives of the House of Commons, political parties and the environmental movement of Uzbekistan on July 12, 2017, the activities of the representative bodies of power and political parties and the environmental movement in the past period were analyzed in a critical spirit and identified important tasks ahead of us in order to deepen reforms.

In particular, the environmental movement and the prospective tasks of its parliamentary group in the legislative chamber were clearly outlined”. In place of the conclusion: “If you want to change the world, “says Matt Theresa, first change yourself. Let's think” “when, how many tree seedlings did I plant?”. The answer is almost the same in all of us... we debate politics for hours, but we ourselves forget that we are a branch of society in which the same policy



prevails. Remember, huge trips also start with the “first step”. “If you start throwing shells into the Sea one by one, which the waves from the sea throw out, then the landscape by the sea may not have changed much at first glance, of course. However, for shells thrown into the water, it all changed”. Never count what you are doing simply and get out of the shell called “what people say “.