

Периодичность выхода журнала с 2021 года **2 номера в год**
(до 2021 года журнал выходил 1 раз в год).

В журнале «**Антропогенная трансформация природной среды**» представлены оригинальные и обзорные статьи, краткие сообщения по геоэкологическим проблемам, научные результаты исследований взаимодействия человека и природы, соответствующие трем тематическим разделам:

- **Трансформация природной среды ИЛИ Pollution** (по классификации Scopus)
- **Сохранение природной среды ИЛИ Nature and Landscape Conservation** (по классификации Scopus)
- **Палеоэкология и Палеогеография ИЛИ Earth-Surface Processes** (по классификации Scopus)

Предпочтение отдается статьям на геоэкологической, географической, биогеоэкологической, биогеохимической, биологической основе.

Журнал представляет интерес для исследовательских институтов; учебных заведений, дающих высшее профессиональное образование и осуществляющих научную деятельность; научных библиотек и ученых, работающих в области геоэкологии, экологии, сохранения и восстановления природы.

Журнал индексируется в системах:

Российский индекс научного цитирования

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Сергей Алексеевич Бузмаков зав. кафедрой биогеоэкологии и охраны природы Пермского государственного национального исследовательского университета (Россия), профессор, доктор географических наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Валентина Сергеевна Артамонова ведущий научный сотрудник Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Россия), доктор биологических наук;

Славомир Бакир декан факультета лесного хозяйства Белостокского технологического университета (Польша), доктор технических наук;

Александр Николаевич Бармин декан геолого-географического факультета; зав. кафедрой экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности Астраханского государственного университета (Россия), профессор, доктор географических наук;

Дарья Олеговна Егорова старший научный сотрудник лаборатории молекулярной микробиологии и биотехнологии Института экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН (Россия), доцент, доктор биологических наук;

Ханс-Холгер Листе научный сотрудник Институт им. Юлиуса Кюна, Федеральный исследовательский центр культурных растений (Германия), доктор сельскохозяйственных наук;

Павел Юрьевич Санников доцент кафедры биогеоэкологии и охраны природы Пермского государственного национального исследовательского университета (Россия), кандидат географических наук;

Андрей Владимирович Соромотин директор научно-исследовательского института экологии и рационального использования природных ресурсов при Тюменском государственном университете (Россия), профессор, доктор биологических наук;

Юрий Александрович Федоров зав. кафедрой физической географии, экологии и охраны природы, Институт наук о Земле, Южный федеральный университет (Россия), профессор, доктор географических наук;

Адриано Фиоруччи профессор кафедры окружающей среды, землепользования и инженерной инфраструктуры Политехнического университета г. Турин (Италия), доктор геолого-минералогических наук;

Андрей Николаевич Шихов доцент кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета (Россия), доктор географических наук;

Людмила Сергеевна Шумиловских научный сотрудник кафедры палинологии и динамики климата Гёттингенского университета им. Георга-Августа (Германия), кандидат биологических наук.

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Адрес учредителя: 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Адрес редакции: 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, географический факультет, кафедра биогеоэкологии и охраны природы

© Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023



The frequency of the journal's publication from 2021 is **2 issues per year** (until 2021 the journal was published once a year).

The journal «**Anthropogenic Transformation of Nature**» presents original papers, review papers and short communications articles addressed to geocological problems, scientific questions of interaction of Man and Nature. All material in the Journal should correspond to three thematic sections:

- **Nature and Landscape Conservation** (Scopus classification)
- **Pollution** (Scopus classification)
- **Earth-Surface Processes** (Scopus classification)

Articles on a geocological, geographical, ecosystem, biogeochemical, biological basis are preferred.

The journal is of interest to research institutes; educational institutions providing higher professional education and carrying out scientific activities; scientific libraries and scientists working in the field of geocology, ecology, conservation and restoration of nature.

The journal is indexed in systems:

Russian Science Citation Index

EDITOR-IN-CHIEF

Sergei A. Buzmakov Chair of Department of Biogeocenology and Nature Protection in Perm State University (Russia),
Doctor of Sciences in Geography.

EDITORIAL BOARD

- | | |
|---------------------------|---|
| Valentina S. Artamonova | Leading Scientific Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry (Siberian Branch of Russian Academy of Sciences – Russia), Doctor of Sciences in Biology. |
| Slawomir Bakier | Dean of the Faculty of Forestry, Bialystok University of Technology (Poland), Doctor of Sciences in Technology. |
| Alexander N. Barmin | Dean of the Faculty of Geology & Geography; Chair of Ecology, Nature & Land Management & Safe Vital Activities Department, Astrakhan State University (Russia), Doctor of Sciences in Geography. |
| Darya O. Egorova | Senior Scientific Researcher of Laboratory of Molecular Microbiology and Biotechnology, Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms (Ural Branch of Russian Academy of Sciences – Russia), Doctor of Sciences in Biology. |
| Hans-Holger Liste | Research Scientist of Julius Kühn-Institut, Federal Research Centre for Cultivated Plants (Germany), Doctor of Sciences in Agriculture. |
| Pavel Yu. Sannikov | Associate Professor, Department of Biogeocenology and Nature Protection in Perm State University (Russia), PhD in Geography. |
| Andrey V. Soromotin | Director of the Research Institute of Ecology and Natural Resource Management of the University of Tyumen, Doctor of Sciences in Biology. |
| Yuri A. Fedorov | Chair of Department of Physical Geography, Ecology and Nature Conservation, Institute of Earth Sciences, Southern Federal University (Russia), Doctor of Sciences in Geography. |
| Adriano Fiorucci | Professor, Department of Environment, Land and Infrastructure Engineering, Polytechnic of Turin (Italy), Doctor of Sciences in Geology. |
| Andrey N. Shikhov | Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics in Perm State University (Russia), Doctor of Sciences in Geography. |
| Lyudmila S. Shumilovskikh | Scientific Researcher of Department of Palynology and Climate Dynamics in Georg-August-University of Göttingen (Germany), PhD in Biology. |

Founder: Perm State University

Founder address: 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia

Editorial office address: 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia,
Faculty of Geography, Department of Biogeocenology and Nature Protection

СОДЕРЖАНИЕ**РАЗДЕЛ 1. СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

Воронов Г.А., Наймушина Е.Э. Сукцессионная динамика мелких млекопитающих в ряду хвойных биогеоценозов заказника «Предуралье».....	6
Колбин В.А. Овсянка-ремез <i>Ocyris rusticus</i> на территории Вишерского и Норского заповедников	19
Бузмаков С.А., Гатина Е.Л., Шестаков И.Е., Абдулманова И.Ф., Воронов Г.А., Санников П.Ю., Литвинов Н.А., Исаков Д.С. Природоохранная ценность Новогайвинского бора	26

РАЗДЕЛ 2. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Артамонова В.С. Гумусовая мелиорация нарушенных земель: прошлое, настоящее, будущее (обзор)	32
Кучин Л.С., Немчанинова Е.А. Биотестирование реки Ивы и ее притоков методом измерения оптической плотности культуры водоросли хлорелла (<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer)	46
Хаматова А.В. Оценка качества вод и донных отложений р. Каменка методом биотестирования	54

CONTENTS

SECTION 1. NATURE AND LANDSCAPE CONSERVATION

Voronov G., Naymushina E. Successional dynamics of small mammals in a series of coniferous biogeocenoses of the «Preduralie» protected area	6
Kolbin V. Rustic bunting <i>Ocyris rusticus</i> in the Vishersky and Norsky strict nature reserves	19
Buzmakov S., Gatina E., Shestakov I., Abdulmanova I., Voronov G., Sannikov P. Litvinov N., Isakov D. The conservation value of the Novogaivinskiy Bor	26

SECTION 2. POLLUTION

Artamonova V. Humus reclamation of disturbed lands: past, present, future (review)	32
Kuchin L., Nemchaninova E. Biotesting of the Iva River and its tributaries by measuring the optical density of <i>Chlorella vulgaris</i> Beijer	46
Khamatova A. Assessment of the quality of waters and bottom sediments of the Kamenka river by biotesting	54



Высшее образование как всегда в лихорадке реформ: базовый уровень, специализированный, профессиональный; 4, 5, 6 лет обучения, как завещали нам наши предшественники, так и будет наилучшим для молодежи, желающей познания. Пилотный опыт получаем в отдельных, и это очень хорошо, избранных вузах. Стандарты нужны новейшие для дальнейшего совершенствования. Выпускающая кафедра уже не воспринимается как базовый способ организации работы вуза. Введем корпоративную культуру, управление, дирекции образовательных программ и дадим следующему поколению блестящее образование. Эффективный менеджмент через еще более эффективный контракт управляет каждым преподавателем. Зажигательно и плодотворно оптимизируем высшую школу, может даже доберемся и до учебной нагрузки. Как известно, она запредельная и для оптимизации качества учебного процесса надо бы сокращать не только штат преподавателей, но и учебную нагрузку примерно в два раза.

Научной комиссией, которую назначила редакция, проведен конкурс для определения лучших научных статей в Журнале по секционным номинациям. Лучшая оригинальная научная статья в секции «Трансформация природной среды» – работа А.П. Хаустова и М.М. Рединой «Структурная энтропия как мера фракционирования массопотоков в экосистемах в условиях транспортного прессинга» внесла значительный вклад в фундаментальные терминологические и понятийные аспекты теории антропогенной трансформации природной среды.

Как лучшая обзорная статья в секции «Сохранение природной среды» оценено исследование А.А. Чибилева «Заповедное дело России: от прошлого к будущему» за интересный и ценный исторический обзор заповедного дела в России, хронологии основных событий и анализ основных направлений в развитии государственной системы ООПТ.

Г.А. Воронову, Д.С. Исакову, М.В. Жуковой за обширный объем и описание научных данных среди исследований, посвященных сохранению природной среды, присвоена номинация: лучшая оригинальная научная статья в секции «Сохранение природной среды».

В.С. Артамонова и С.Б. Бортникова создали лучшую обзорную статью в секции «Трансформация природной среды». За существенный вклад в обзор современных взглядов на биогенность и её роль в образовании плодородия почв. А также, за акцентирование внимания на состоянии проблемы экологии биологической рекультивации нарушенных земель.

Ю.А. Федоров, В.В. Сухоруков, Р.Г. Трубник победили в номинации: лучшая научная статья по комплексу наукометрических показателей научной электронной библиотеки Elibrary. За актуальный и глубокий аналитический обзор методов определения концентрации парниковых газов в природной среде, вызвавший наибольший интерес в научной среде.

В настоящем номере собраны исследования посвященные мелким млекопитающим в природной среде заказника Предуралья, овсянке-ремезу на заповедных территориях, орлану-белохвосту и другим замечательным объектам природного наследия на ООПТ города. Рассматриваются последствия и восстановление участков биосферы при недропользовании в Сибири, биотестирование качества водоемов в условиях урбанизации и добычи нефти.

Профессор кафедры биогеоэкологии и охраны природы Георгий Анатольевич Воронов ушел из жизни. Ученый, преподаватель, общественный деятель, основатель кафедры биогеоэкологии и охраны природы успел выполнить совместное исследование с магистранткой Евгенией Наймушиной. Подготовлена первая журнальная статья молодой исследовательницы и последняя для Г.А. Воронова. Будем надеяться, что научно-образовательная школа, создателем которой стал профессор, будет успешно самовоспроизводиться, как и один из любимых объектов его изучения – популяция.

Есть большой ценитель орнитофауны и биоразнообразия и глубоко оригинальный ученый из заповедной среды – Василий Анфимович Колбин. Он представляет исследование, которое свидетельствует о сокращении численности овсянки-ремеза, выдвигает гипотезы о причинно-следственных связях этих изменений с вырубками леса, изменением климата, химизации сельского хозяйства. И, конечно, как истинный натуралист приводит великолепные фотографии птицы на фоне природы.

Большая группа деятелей природоохранного дела ратует за создание «Новогайвинского бора» как ООПТ регионального значения, на основе выявления экологических ценностей в ходе полевых обследований. Показана особенность почвенного покрова, его уникальность, наличие редких видов животных и растений.

Валентина Сергеевна Артамонова подготовила полноценный обзор по проблеме применения гумусового слоя для восстановления и даже мелиорации техноземов, образующихся после добычи каменного угля. Рассматривается история гумусовой мелиорации нарушенных земель, почвенные ресурсы района недропользования, физико-химические, токсические параметры отвальных пород, вовлекаемых в восстановление, приоритет улучшения экологической обстановки для угледобывающего региона. Автор связывает экономические и политические концепции (услуги экосистем, климатическую доктрину), климаторегулирующие аспекты углеродного баланса с мелиорацией техноземов.

Сразу две статьи построены на использовании методов биотестирования для оценки качества водоемов. В одной рассматривается река Ива как водоток, который трансформировался в условиях урбанизированной среды. В другой дается такая же оценка для водотока в карстовом районе в условиях добычи нефти, углеводородного и солевого загрязнения. Так что мы можем сравнить нефтепромышленное и городское влияние на экосистемы малых рек.

Сочетание опытных и молодых авторов делает изучение всего номера журнала и занимательным, и познавательным.

Главный редактор С.А. Бузмаков

РАЗДЕЛ 1. СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Оригинальная научная (исследовательская) статья
УДК 591.9

**Сукцессионная динамика мелких млекопитающих
в ряду хвойных биогеоценозов заказника «Предуралье»**

Георгий Анатольевич Воронов¹, Евгения Эдуардовна Наймушина²

^{1,2} Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

¹ voronov-professor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1243-2164>

² ya.najmushina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1252-8115>

Аннотация. В статье рассматривается сукцессионная динамика мелких млекопитающих в ряду хвойных биогеоценозов заказника «Предуралье». Учет мелких млекопитающих проводился методами ловчих канавок, на линии давилок и живоловок в 1969, 1980–1984, 1986, 1987, 1989 и 1990 гг. На основании проведенных учетов проанализирована и составлена динамика численности мелких млекопитающих в темнохвойном лесу, в вырубках на месте темнохвойного леса, в березниках на месте темнохвойного леса, в светлохвойном лесу и в светлохвойно-мелколиственном лесу. В ряду хвойных биогеоценозов зафиксировано 14 видов: 5 насекомоядных, 8 грызунов и 1 хищник. Максимального обилия виды мелких млекопитающих достигают на стадиях светлохвойно-мелколиственного леса. Рыжая полевка, обыкновенная бурозубка, средняя бурозубка и лесная мышь в ряду хвойных биогеоценозов заказника «Предуралье» наиболее многочисленны. Реже всего встречается ласка, обыкновенная кутора, полевка-экономка и темная полевка. Проанализирована динамика встречаемости мелких млекопитающих в зависимости от пола и возраста. Достаточно чаще встречаются молодые особи, и несущественно больше, в отличие от самок, обнаружены молодые самцы за счет своей высокой активности и расселения. Биоразнообразие мелких млекопитающих изученной территории находится на достаточно высоком уровне.

Ключевые слова: биоразнообразие, фауна, видовой состав, обилие, сукцессионный ряд хвойного леса

Для цитирования: Воронов Г.А., Наймушина Е.Э. Сукцессионная динамика мелких млекопитающих в ряду хвойных биогеоценозов заказника «Предуралье» // Антропогенная трансформация природной среды. 2023. Т. 9. № 1. С. 6–18.

SECTION 1. NATURE AND LANDSCAPE CONSERVATION

Original paper

**Successional dynamics of small mammals in a series of coniferous biogeocenoses
of the «Preduralie» protected area**

Georgi A. Voronov¹, Evgenya E. Naymushina²

^{1,2} Perm State University, Perm, Russia

¹ voronov-professor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1243-2164>

² ya.najmushina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1252-8115>

Abstract. The article deals with the successional dynamics of small mammals in a number of coniferous biogeocenoses of the «Preduralie» protected area. Censuses of small mammals were conducted by trapping, trap line and animal trap in 1969, 1980–1984, 1986, 1987, 1989, and 1990. On the basis of the executed censuses, the dynamics of number of small mammals in the dark coniferous forest, in clearings on the site of the dark coniferous forest, in the birch forest on the site of the dark coniferous forest, in light coniferous forest and in light coniferous-small-leaved forest was analyzed and made up. In a number of coniferous biogeocenoses 14 species were recorded: 5 insectivores, 8 rodents and 1 predator. Small mammal species reach their maximum abundance in the light coniferous-small-leaved forest stages. The red vole, common woodpecker, common woodpecker and wood mouse are the most abundant in the coniferous biogeocenosis of the «Preduralie» protected area. Weasel, Common Marten, Tundra Vole and Dark Vole are less common. We analysed the dynamics of small mammal occurrence depending on sex and age. Young mammals were rather more common than females, and young males were found slightly more often due to their high activity and dispersal. The biodiversity of small mammals of the study area is at a sufficiently high level.

Key words: biological diversity, fauna, species composition, abundance, coniferous forest successional series

For citation: Voronov, G., Naymushina, E., 2023. Successional dynamics of small mammals in a series of coniferous biogeocenoses of the «Preduralie» protected area. *Anthropogenic Transformation of Nature*, 9(1). pp. 6–18. (in Russian)

Введение

Мелкие млекопитающие самые многочисленные позвоночные животные, которые на протяжении многих десятилетий служат распространенными объектами фундаментальных и прикладных эколого-биологических исследований [17]. В трофической цепи мелкие грызуны и насекомоядные служат потребителями первичной фитопродукции и беспозвоночных, способствуют изменению структуры и продуктивности растительных сообществ, формируют кормовую базу для многих ценных промысловых млекопитающих и краснокнижных хищных птиц [2]. Поэтому изменение численности наиболее массовых видов зверьков прямо влияет на численность их потребителей. В связи с этим необходимо детальное изучение экологии фоновых видов мелких млекопитающих в разных регионах не только России, но и на Земле в целом [12].

Большой вклад в изучение мелких млекопитающих Пермского Прикамья внес В.В. Демидов. В 1971 г. в свет выходит его первая публикация «К экологии мелких млекопитающих южной тайги Камского Приуралья», опубликованная в сборнике «Биогеография и краеведение» в соавторстве с Г.А. Вороновым и Л.Е. Перминовым [6]. Им проведена огромная работа по обобщению материалов классических определителей, переработке определительных таблиц, подбору наиболее информативных иллюстраций для реализации «Полевого справочника – определителя мелких млекопитающих Пермского края (насекомоядные, рукокрылые, грызуны)» [3]. Г.А. Воронов большую часть своей научной деятельности посвятил изучению мелких млекопитающих. Опубликовано значительное число работ, такие как «Динамика размещения мелких млекопитающих южной тайги в связи с антропогенным воздействием» (1979), «География мелких млекопитающих южной тайги Приуралья, Средней Сибири и Дальнего Востока» (1993), «Изменения населения мелких млекопитающих южной тайги под влиянием антропогенной нагрузки» (2001), «Роль мелких млекопитающих в некоторых природно-очаговых заболеваниях Пермского края» (2019) и другие [2, 20].

Заказник «Предуралье» – центр научно-исследовательской деятельности. Первый сбор материала по мелким млекопитающим в «Предуралье» еще в конце 40-ых, начале 50-ых годов XX в. провел Анатолий Георгиевич Воронов (отец Г.А. Воронова). А с 1977 г. начинаются зоологические работы под руководством Г.А. Воронова. В будущем многолетние труды станут фундаментом для научных работ специалистов по териологии, ботанике и эпидемиологии, при прогнозировании и сравнительном фаунистическом анализе.

Цель настоящей работы – изучение сукцессионной динамики мелких млекопитающих в ряду хвойных биогеоценозов заказника «Предуралье», а также выявление закономерностей распространения зверьков в зависимости от типа биогеоценоза.

Задачи:

– охарактеризовать природные условия хвойных биогеоценозов;

– систематизировать данные многолетних отловов мелких млекопитающих в заказнике «Предуралье»;

– сформулировать выводы относительно видового состава, общей численности и её динамики, численности по биотопам, половозрастной структуры мелких млекопитающих в заказнике «Предуралье».

Материалы и методы

Краткая характеристика темнохвойного леса. Темнохвойный лес образован теневыносливыми хвойными древесными породами – елью и пихтой. Плотные сложенные кроны деревьев, а часто и высокая сомкнутость древесного полога создают в темнохвойных лесах слабую освещенность и прогреваемость нижележащих ярусов лесной растительности и почвы, поэтому подлесок и напочвенный покров в темнохвойных лесах формируется из теневыносливых растений. Природные свойства ели, пихты и кедровой сосны определяют их агрессивность по отношению к светолюбивым породам, что в некоторых лесорастительных условиях приводит к смене светлохвойных лесов темнохвойными. Под пологом темнохвойного леса наблюдаются равномерные климатические условия – ровный ход суточных температур, поддерживается постоянная влажность воздуха. В течение зимы сохраняется снежный покров, который защищает почву, корневую систему деревьев и наземные ярусы от переохлаждения [8].

Краткая характеристика вырубок на месте темнохвойного леса. Подрост нового поколения на вырубках темнохвойного леса представлен пихтой, елью разного возраста и разных высотных групп с небольшой примесью березы, осины. Естественное возобновление в большинстве случаев зависит от степени сохранения подроста хвойных. На вырубках в зеленомошных типах леса лиственные породы разрастаются не столь интенсивно, как в разнотравных. Нередко примесь оценивается как единичная. К 25-30 годам на таких вырубках за счет жизнеспособного подроста и последующего появления самосева хвойных формируются смешанные темнохвойные насаждения с небольшой примесью мягколиственных пород [14].

Краткая характеристика березников на месте темнохвойного леса. Представляют собой разреженный березовый лес «паркового типа» с примесью хвойных пород (сомкнутость крон не более 0,3-0,4). Часто березы начинают расти на месте вырубки еловых и сосновых лесов. Процесс смены березников хвойным лесом длится более ста лет. Естественные березовые леса могут достигать возраста 120 лет и более. Средняя высота деревьев равна 25 м, диаметр стволов – 40-50 см. В небольшом количестве встречаются кусты шиповника, а травостой очень густ (проективное покрытие порядка 90-100%) [7].

Краткая характеристика светлохвойного леса. Светлохвойный лес имеет ряд особенностей, отличающих его от темнохвойного: сосна (в отличие от ели и пихты) быстрее восстанавливается на свободных от леса площадях; в короткий срок формируется в молодости; создает полог древостоя, пропускающий больше света и способствующий хорошему развитию третьего и четвертого ярусов – подлеска и травяного покрова; занимает более разнообразные типы условий местопроизрастания – от бедных сухих песков и каменистых почв до сфагновых болот; на плодородных

почвах и в более влажном климате сменяется темнохвойным лесом. Распространены преимущественно сосновые леса [1].

Краткая характеристика светлохвойно-мелколиственных лесов. Светлохвойно-мелколиственные леса образованы смешением хвойных и мелколиственных пород. В мелколиственном лесу преобладают мелколиственные породы. Основными из них являются береза, осина, серая ольха. Нижний ярус состоит из разнообразных представителей осоковых и цветковых: ромашка, лютик и другие. Все они имеют небольшую листовую пластину и неплотную кору. Они появляются на вырубках и гарях хвойных или широколиственных лесов. Также они могут возникать на местах ветровалов и на зарастающих сельскохозяйственных угодьях [9].

Проведена обработка сведений о *Micrommalia* в полевых журналах по «Предуралью» за 1969, 1981-1984, 1986, 1987, 1989 и 1990 гг., которые велись на территории заказника «Предуралье» профессором Г.А. Вороновым с сотрудниками и студентами кафедры биогеоэкологии и охраны природы Пермского университета.

Для определения ключевого участка, на котором проводился лов мелких млекопитающих, учитывались следующие обстоятельства [5]:

– Типичность набора местообитаний, то есть представительность участка для региона.

– Наличие на участке различных сукцессионных стадий типов биотопов.

Основным способом учета были ловчие канавки, закладывавшиеся по стандартной методике (50 метров, 5 цилиндров), описанной многими авторами. Иногда использовались линии давилок или живоловок. Во всех случаях применялась стандартная приманка – хлеб с подсолнечным маслом и морковь [5, 15, 10].

Так как период массового расселения молодых зверьков по всей южной тайге обычно приурочен к июню-августу (лишь в некоторые годы в зависимости от погодных условий учетами захватывалась часть апреля и май), особенно интенсивно сбор материалов осуществлялось в эти месяцы. Сроки проведения работ представлены в таблице 1 / table 1 [19].

Наиболее длительно в хвойном ряду биогеоценозов в каждом году обследовались березники на месте темнохвойного леса (от 38 до 139 дней), светлохвойно-мелколиственные леса (от 38 до 138 дней) и темнохвойные леса (от 8 до 98 дней).

Число отработанных канавок-суток за весь исследуемый период показано в таблице 2 / table 2 [19].

Таблица 1

Сроки отлова зверьков в заказнике «Предуралье»

Table 1

Timing of trapping in the «Preduralie» protected area

Год // Year	Дата начала учетов // Start date of census	Дата завершения учетов // Date of completion of census
Темнохвойный лес // Dark coniferous forest		
1969	22.07.	17.08.
1981	10.06.	30.08.
1982	23.05.	29.08.
1983	23.04.	08.07.
1984	01.06.	15.09.
1986	09.07.	17.07.
1987	11.06.	23.07.
1989	05.07.	27.08.
1990	07.06.	26.08.
Вырубка на месте темнохвойного леса // Clear-cutting on the site of a dark coniferous forest		
1969	25.04.	26.09.
1981	11.06.	06.08.
1982	27.06.	17.07.
1984	08.05.	07.09.
1990	15.06.	25.06.
Березники на месте темнохвойного леса // Birch forest in place of dark coniferous forest		
1969	23.06.	25.10.
1981	10.06.	30.08.
1982	19.05.	20.08.
1983	01.06.	08.07.
1984	08.05.	24.09.
1986	08.07.	17.08.
1987	11.06.	23.07.
1989	27.06.	27.08.
1990	07.06.	26.08.
Светлохвойный лес // Light coniferous forest		
1981	11.06.	30.08.
1982	23.05.	29.08.
1983	23.04.	08.07.
1984	10.06.	24.09.
1986	08.07.	17.08.

Год // Year	Дата начала учетов // Start date of census	Дата завершения учетов // Date of completion of census
1987	11.06.	23.07.
1989	06.07.	27.08.
1990	07.06.	15.08.
Светлохвойно-мелколиственный лес // Light coniferous-small-leaved forest		
1981	10.06.	30.08.
1982	23.05.	16.07.
1983	01.06.	08.07.
1984	09.05.	24.09.
1989	27.06.	27.08.
1990	07.06.	21.08.

Таблица 2

Число отработанных канавко-суток в заказнике «Предуралье»

Table 2

Number of groove-days worked within the «Preduralie» protected area

Биотон // Biotope	Год // Year									Всего // Total
	1969	1981	1982	1983	1984	1986	1987	1989	1990	
Темнохвойный лес // Dark coniferous forest	25	156	128	72	92	8	42	41	65	629
Березники на месте темнохвойного леса // Birch forest in place of dark coniferous forest	216	157	133	44	99	9	42	92	130	922
Вырубка на месте темнохвойного леса // Clear-cutting on the site of a dark coniferous forest	124	52	19	–	50	–	–	–	10	255
Светлохвойный лес // Light coniferous forest	–	77	92	73	50	9	42	51	52	446
Светлохвойно-мелколиственный лес // Light coniferous-small-leaved forest	–	221	154	32	69	–	–	92	130	698

За весь период в хвойном ряду биогеоценозов отработано 2950 канавко-суток. Наибольшее число приходится на биотопы: березники на месте темнохвойного леса – 922, светлохвойно-мелколиственный лес – 698 и темнохвойных лес – 629. Эти биотопы охватывают большую часть заказника.

Результаты исследования

С помощью описанной методики были собраны данные о видовом разнообразии и обилии мелких млекопитающих в хвойном ряду биогеоценозов заказника «Предуралье», которые показаны в таблицах 3–4 / tables 3–4 [19].

Таблица 3

Виды мелких млекопитающих, обнаруженные в хвойном ряду биогеоценозов заказника «Предуралья»

Table 3

Small mammal species found in the coniferous biogeocenoses row of the «Preduralie» protected area

Биотон // Biotope	Видовое разнообразие // Species diversity
Темнохвойный лес // Dark coniferous forest	бурозубка обыкновенная, европейский крот, красная полевка, ласка, лесная мышь, малая бурозубка, мышь-малютка, обыкновенная кутора, обыкновенная полевка, полевая мышь, полевка-экономка, рыжая полевка, средняя бурозубка, темная полевка // common woodpecker, european mole, red vole, weasel, wood mouse, small rodent, little mouse, common couture, common vole, field mouse, housekeeper's vole, redshank vole, medium sized rodent, dark vole
Березники на месте темнохвойного леса // Birch forest in place of dark coniferous forest	бурозубка обыкновенная, европейский крот, красная полевка, лесная мышь, малая бурозубка, мышь-малютка, обыкновенная кутора, обыкновенная полевка, полевая мышь, рыжая полевка, средняя бурозубка, темная полевка // common woodpecker, european mole, red vole, wood mouse, small rodent, little mouse, common couture, common vole, field mouse, redshank vole, medium sized rodent, dark vole
Вырубка на месте темнохвойного леса // Clear-cutting on the site of a dark coniferous forest	бурозубка обыкновенная, европейский крот, красная полевка, ласка, лесная мышь, малая бурозубка, мышь-малютка, обыкновенная полевка, полевая мышь, рыжая полевка, средняя бурозубка, темная полевка // common woodpecker, european mole, red vole, weasel, wood mouse, small rodent, little mouse, common vole, field mouse, redshank vole, medium sized rodent, dark vole
Светлохвойный лес // Light coniferous forest	бурозубка обыкновенная, европейский крот, красная полевка, ласка, лесная мышь, малая бурозубка, обыкновенная полевка, полевая мышь, полевка-экономка, рыжая полевка, средняя бурозубка, темная полевка // common woodpecker, european mole, red vole, weasel, wood mouse, small rodent, common vole, field mouse, housekeeper's vole, redshank vole, medium sized rodent, dark vole
Светлохвойно-мелколиственный лес // Light coniferous-small-leaved forest	бурозубка обыкновенная, европейский крот, красная полевка, ласка, лесная мышь, малая бурозубка, обыкновенная кутора, обыкновенная полевка, полевая мышь, рыжая полевка, средняя бурозубка, темная полевка // common woodpecker, european mole, red vole, weasel, wood mouse, small rodent, common couture, common vole, field mouse, redshank vole, medium sized rodent, dark vole

Таблица 4

Показатели обилия отрядов мелких млекопитающих

Table 4

Indicators of the abundance of small mammal groups

<i>Ordo // Отряд // Division</i>	<i>Число видов // Number of species</i>	<i>Доля, % // Share, %</i>
Eulipotyphla // Насекомоядные // Insectivores	5	35,8
Rodentia // Грызуны // Rodents	8	57,1
Carnivora // Хищники // Predators	1	7,1
Всего // Total	14	100

За изученные года наибольшее число пойманных зверьков отмечено в отряде грызунов (57,1%), затем насекомоядных (35,8%), хищников обнаружен только один вид (7,1%). Анализируя таблицу 3, можно сказать о том, что внутри спектра хвойных биогеоценозов заказника «Предуралье» видовое разнообразие мелких млекопитающих практически не различается. Среди отловленных видов не на всех биотопах обнаружены: полевка-экономка (березники на месте темнохвойного

леса, светлохвойно-мелколиственный лес, вырубка на месте темнохвойного леса), обыкновенная кутора (светлохвойный лес, вырубка на месте темнохвойного леса), мыш-малютка (светлохвойно-мелколиственный лес, светлохвойный лес), ласка (березники на месте темнохвойного леса).

Темнохвойный лес. Динамика численности мелких млекопитающих в заказнике «Предуралье» в темнохвойном лесу представлена в таблице 5 / table 5 [19].

Таблица 5

Динамика численности мелких млекопитающих в темнохвойном лесу

Table 5

Population dynamics of small mammals in a dark coniferous forest

<i>Вид (русск.; англ.; латинск.) // Species (russ. eng., lat.) // Specia (russ., angl., lat.)</i>	<i>Год // Year</i>								
	1969	1981	1982	1983	1984	1986	1987	1989	1990
	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Бурозубка обыкновенная // Common woodpecker // <i>Sorex araneus</i>	4	55	10	4	33	4	39	22	44
	1,60	8,84	1,55	0,56	7,18	5,00	9,29	5,37	6,92
Европейский крот // European mole // <i>Talpa europaea</i>	2	1	0	0	5	0	0	0	1
	0,80	0,13	0	0	1,09	0	0	0	0,15
Красная полевка // Red vole // <i>Clethrionomys rutilus</i>	0	12	11	3	4	0	0	0	0
	0	1,54	1,66	0,42	0,87	0	0	0	0
Ласка // Weasel // <i>Mustela nivalis</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	0	0	0	0	0	0	0,48	0	0
Лесная мышь // Wood mouse // <i>Apodemus sylvaticus</i>	1	14	7	10	3	0	14	0	6
	0,40	1,79	1,05	1,39	0,65	0	3,33	0	0,92
Малая бурозубка // Small rodent // <i>Sorex minutus</i>	0	12	0	6	4	1	0	3	3
	0	1,54	0	0,83	0,87	1,25	0	0,73	0,46
Мышь-малютка // Little mouse // <i>Micromys minutus</i>	0	0	0	0	0	0	6	0	0
	0	0	0	0	0	0	1,43	0	0
Обыкновенная кутора // Common couture // <i>Neotomys fodiens</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	0	0	0	0	0	0	0,71	0	0
Обыкновенная полевка // Common vole // <i>Microtus arvalis</i>	0	11	3	16	2	1	52	11	13
	0	1,41	0,43	2,22	0,43	1,25	12,38	2,68	2,00
Полевая мышь // Field mouse // <i>Apodemus agrarius</i>	0	5	0	1	1	0	2	0	0
	0	0,64	0	0,14	0,22	0	0,48	0	0
Полевка-экономка // Housekeeper's vole // <i>Microtus oeconomus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0,24	0	0
Рыжая полевка // Redshank vole // <i>Clethrionomys glareolus</i>	0	86	140	46	31	7	29	23	48
	0	9,75	20,95	6,39	6,52	8,75	6,90	5,61	7,38
Средняя бурозубка // Medium sized rodent // <i>Sorex caecutiens</i>	2	26	8	24	28	9	49	35	30
	0,80	3,33	1,17	3,33	5,65	11,25	11,67	8,54	4,62
Темная полевка // Dark vole // <i>Microtus agrestis</i>	0	0	2	0	0	1	1	0	0
	0	0	0,29	0	0	1,25	0,24	0	0
Всего // Total	9	222	181	110	111	23	198	94	145
	3,60	28,97	27,1	15,28	23,48	27,50	47,15	22,93	22,45

Примечание: // Note:

1 – абсолютное число отловленных зверьков // 1 – absolute number of trapped animals

2 – число отловленных зверьков на 10 канавко-суток // 2 – number of trapped animals per 10 ditch-days

Мелкие млекопитающие в темнохвойном лесу представлены 14 видами. Всего за исследуемый период было отловлено 1093 особи. Наибольшая встречаемость приходится на рыжую полевку (410 особей), обыкновенную бурозубку (215) и среднюю бурозубку (211), а наименьшая на полевку-экономку (1), ласку (2)

и темную полевку (4). Динамика численности видов за весь период наблюдений серьезно не изменилась.

Вырубка на месте темнохвойного леса. Динамика численности мелких млекопитающих в заказнике «Предуралье» в вырубках на месте темнохвойного леса представлена в таблице 6 / table 6 [19].

Таблица 6

Динамика численности мелких млекопитающих в вырубках на месте темнохвойного леса

Table 6

Population dynamics of small mammals in clear-cutting on the site of dark coniferous forest

Вид (русск.; англ; латинск.) // Species (russ, eng., lat.) // Specia (russ., angl., lat.)	Год // Year				
	1969	1981	1982	1984	1990
	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2
Бурозубка обыкновенная // Common woodpecker // <i>Sorex araneus</i>	13	37	9	33	3
	1,05	7,12	4,74	6,40	3,00
Европейский крот // European mole // <i>Talpa europaea</i>	0	1	0	0	0
	0	0,19	0	0	0
Красная полевка // Red vole // <i>Clethrionomys rutilus</i>	0	0	3	1	0
	0	0	1,58	0,20	0
Ласка // weasel // <i>Mustela nivalis</i>	0	0	0	3	0
	0	0	0	0,60	0
Лесная мышь // Wood mouse // <i>Apodemus sylvaticus</i>	1	33	20	19	11
	0,08	6,35	10,53	3,80	11,00
Малая бурозубка // Small rodent // <i>Sorex minutus</i>	1	13	3	6	5
	0,08	2,50	1,58	1,20	5,00
Мышь-малютка // Little mouse // <i>Microtus minutus</i>	1	0	0	0	0
	0,08	0	0	0	0
Обыкновенная кутора // Common couture // <i>Neomys fodiens</i>	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
обыкновенная полевка // common vole // <i>Microtus arvalis</i>	10	5	9	2	0
	0,81	0,96	4,21	0,40	0
Полевая мышь // Field mouse // <i>Apodemus agrarius</i>	1	3	0	4	0
	0,08	0,58	0	0,80	0
Полевка-экономка // Housekeeper's vole // <i>Microtus oeconomus</i>	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
Рыжая полевка // redshank vole // <i>Clethrionomys glareolus</i>	1	71	60	29	8
	0,08	13,65	31,58	5,80	8,00
Средняя бурозубка // Medium sized rodent // <i>Sorex caecutiens</i>	1	8	1	4	6
	0,08	1,54	0,53	0,80	6,00
Темная полевка // Dark vole // <i>Microtus agrestis</i>	1	1	0	1	1
	0,08	0,19	0	0,20	1,00
Всего // Total	30	172	105	102	34
	2,42	33,08	54,75	20,20	34,00

Примечание: // Note:

1 – абсолютное число отловленных зверьков // 1 – absolute number of trapped animals

2 – число отловленных зверьков на 10 канавко-суток // 2 – number of trapped animals per 10 ditch-days

Мелкие млекопитающие в вырубках на месте темнохвойного леса представлены 12 видами. Всего за исследуемый период было отловлено 443 особи. Наибольшая встречаемость приходится на рыжую полевку (169 особей), обыкновенную бурозубку (95) и лесную мышь (84), а наименьшая на темную полевку (4 особи), красную полевку (4), ласку (3) и мышь-малютку (1). Не обнаружены такие виды, как обыкновенная кутора и полевка-экономка. Динамика численности видов за весь

период серьезным изменениям не подвергалась. В целом, вырубка на месте темнохвойного леса не отличается видовым разнообразием мелких млекопитающих, однако для некоторых представителей это благоприятная среда обитания, отсюда их встречаемость выше.

Березники на месте темнохвойного леса. Динамика численности мелких млекопитающих в заказнике «Предуралье» в березниках на месте темнохвойного леса отображена в таблице 7 / table 7 [19].

Таблица 7

Динамика численности мелких млекопитающих в березниках на месте темнохвойного леса

Table 7

Population dynamics of small mammals in birch forests in place of dark coniferous forest

Вид (русск.; англ; латинск.) // Species (russ, eng., lat.) // Specia (russ., angl., lat.)	Год // Year								
	1969	1981	1982	1983	1984	1986	1987	1989	1990
	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Бурозубка обыкновенная // Common woodpecker // <i>Sorex araneus</i>	21	55	5	15	38	10	25	58	88
	1,19	7,75	0,67	6,25	7,77	11,11	5,95	12,76	13,38
Европейский крот // European mole // <i>Talpa europaea</i>	0	1	0	0	5	0	4	0	1
	0	0,13	0	0	0,91	0	0,95	0	0,15
Красная полевка // Red vole // <i>Clethrionomys rutilus</i>	1	3	4	1	0	0	0	0	0
	0,11	0,37	0,64	0,83	0	0	0	0	0
Ласка // Weasel // <i>Mustela nivalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Лесная мышь // Wood mouse // <i>Apodemus sylvaticus</i>	1	17	31	24	21	3	3	6	17
	0,11	5,95	4,60	11,67	4,09	3,33	0,71	1,42	2,31
Малая бурозубка // Small rodent // <i>Sorex minutus</i>	1	18	2	3	2	1	3	7	10
	0,11	2,31	0,30	0,94	0,36	1,11	0,71	1,61	1,54
Мышь-малютка // Little mouse // <i>Micromys minutus</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	0,11	0	0	0	0	0	0,24	0	0
Обыкновенная кутора // Common couture // <i>Neomys fodiens</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Обыкновенная полевка // Common vole // <i>Microtus arvalis</i>	13	6	13	12	8	1	17	5	10
	0,67	0,78	1,85	4,58	1,45	1,11	4,05	1,08	1,54
Полевая мышь // Field mouse // <i>Apodemus agrarius</i>	1	7	0	0	2	0	0	0	0
	0,11	0,90	0	0	0,36	0	0	0	0
Полевка-экономка // Housekeeper's vole // <i>Microtus oeconomus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Рыжая полевка // Redshank vole // <i>Clethrionomys glareolus</i>	11	47	40	34	17	3	27	30	78
	1,22	5,95	14,14	19,48	3,64	3,33	6,43	6,65	12,00
Средняя бурозубка // Medium sized rodent // <i>Sorex caecutiens</i>	0	2	2	15	12	10	22	43	34
	0	1,99	0,34	5,21	2,32	1,11	5,24	9,25	5,24
Темная полевка // Dark vole // <i>Microtus agrestis</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0
	0,11	0,12	0	0	0	1,11	0	0	0
Всего // Total	54	157	97	104	105	29	102	149	238
	4,07	26,25	22,54	48,96	20,90	22,21	24,28	32,77	36,16

Примечание: // Note:

1 – абсолютное число отловленных зверьков // 1 – absolute number of trapped animals

2 – число отловленных зверьков на 10 канавко-суток // 2 – number of trapped animals per 10 ditch-days

Мелкие млекопитающие в березниках на месте темнохвойного леса представлены 12 видами. Всего за исследуемый период было отловлено 1035 особей. Наибольшая встречаемость приходится на рыжую полевку (287), обыкновенную бурозубку (315) и среднюю бурозубку (140), а наименьшая на темную полевку (2), обыкновенную кутору (3) и мышь-ма-

лютку (2). Не обнаружены такие виды, как ласка и полевка-экономка. Динамика численности видов за весь период серьезным изменениям не подвергалась.

Светлохвойный лес. Динамика численности мелких млекопитающих на территории заказника «Предуралье» в светлохвойном лесу представлена в таблице 8 / table 8 [19].

Таблица 8

Динамика численности мелких млекопитающих в светлохвойном лесу

Table 8

Population dynamics of small mammals in a light coniferous forest

Вид (русск.; англ; латинск.) // Species (russ, eng., lat.) // Specia (russ., angl., lat.)	Год // Year							
	1981	1982	1983	1984	1986	1987	1989	1990
	1	1	1	1	1	1	1	1
Бурозубка обыкновенная // Common woodpecker // <i>Sorex araneus</i>	48	10	19	17	16	27	26	25
	6,23	1,09	2,60	3,40	17,78	6,43	5,10	4,81
Европейский крот // European mole // <i>Talpa europaea</i>	3	9	2	2	0	2	1	2
	0,39	0,98	0,27	0,40	0	0,48	0,20	0,38
Красная полевка // Red vole // <i>Clethrionomys rutilus</i>	1	18	1	2	0	0	0	0
	0,13	1,96	0,14	0,40	0	0	0	0
Ласка // Weasel // <i>Mustela nivalis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0,24	0	0
Лесная мышь // Wood mouse // <i>Apodemus sylvaticus</i>	5	63	36	14	0	3	4	33
	0,65	6,85	4,38	2,80	0	0,71	0,78	6,35
Малая бурозубка // Small rodent // <i>Sorex minutus</i>	13	7	17	5	0	1	3	6
	1,69	0,76	1,92	1,00	0	0,24	0,59	1,15
Мышь-малютка // Little mouse // <i>Micromys minutus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
Обыкновенная кутора // Common couture // <i>Neomys fodiens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
Обыкновенная полевка // Common vole // <i>Microtus arvalis</i>	2	6	13	0	0	7	7	1
	0,26	0,65	1,78	0	0	1,67	1,37	0,19
Полевая мышь // Field mouse // <i>Apodemus agrarius</i>	2	0	0	0	0	0	1	0
	0,26	0	0	0	0	0	0,20	0
Полевка-экономка // Housekeeper's vole // <i>Microtus oeconomus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0,20	0
Рыжая полевка // Redshank vole // <i>Clethrionomys glareolus</i>	64	345	150	95	12	30	18	84
	10,00	37,50	20,55	18,80	13,33	7,14	3,53	15,58
Средняя бурозубка // Medium sized rodent // <i>Sorex caecutiens</i>	19	13	20	6	6	24	15	12
	2,47	1,41	2,74	1,20	6,67	5,71	2,94	2,31
Темная полевка // Dark vole // <i>Microtus agrestis</i>	0	0	1	1	0	2	0	2
	0	0	0,14	0,20	0	0,48	0	0,38
Всего // Total	157	471	259	142	34	97	76	165
	22,08	51,20	34,52	28,20	37,78	23,10	14,71	31,15

Примечание: // Note:

1 – абсолютное число отловленных зверьков // 1 – absolute number of trapped animals

Примечание: // Note:

2 – число отловленных зверьков на 10 канавко-суток // 2 – number of trapped animals per 10 ditch-days

Мелкие млекопитающие в светлохвойном лесу представлены 12 видами. Всего за исследуемый период было отловлено 1401 особь. Наибольшая встречаемость приходится на рыжую полевку (798 особей). Достаточно часто встречалась обыкновенная бурозубка (188), лесная мышь (158) и средняя бурозубка (115). За весь исследуемый период реже всего наблюдалась полевая мышь (3), полевка-экономка (1) и

ласка (1). Не обнаружены такие виды, как мышь-малютка и обыкновенная кутора. Динамика численности видов за весь период серьезным изменениям не подвергалась.

Светлохвойно-мелколиственный лес. Динамика численности мелких млекопитающих на территории заказника «Предуралье» в светлохвойно-мелколиственном лесу представлена в таблице 9 / table 9 [19].

Таблица 9

Динамика численности мелких млекопитающих в светлохвойно-мелколиственном лесу

Table 9

Population dynamics of small mammals in a light coniferous-small-leaved forest

Вид (русск.; англ; латинск.) // Species (russ, eng., lat.) // Specia (russ., angl., lat.)	Год // Year					
	1981	1982	1983	1984	1989	1990
	1	1	1	1	1	1
Бурозубка обыкновенная // Common woodpecker // <i>Sorex araneus</i>	145	7	31	45	42	75
	19,75	1,39	9,69	14,41	8,90	11,39
Европейский крот // European mole // <i>Talpa europaea</i>	3	1	0	2	1	1
	0,42	0,19	0	0,37	0,20	0,15

Вид (русск.; англ; латинск.) // Species (russ., eng., lat.) // Specia (russ., angl., lat.)	Год // Year					
	1981	1982	1983	1984	1989	1990
	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2
Красная полевка // Red vole // <i>Clethrionomys rutilus</i>	7	14	0	0	0	0
	0,98	2,77	0	0	0	0
Ласка // Weasel // <i>Mustela nivalis</i>	1	1	0	1	1	0
	0,14	0,21	0	0,19	0,20	0
Лесная мышь // Wood mouse // <i>Apodemus sylvaticus</i>	14	98	34	13	3	40
	2,16	18,61	10,63	2,89	0,59	6,00
Малая бурозубка // Small rodent // <i>Sorex minutus</i>	41	15	10	6	2	10
	5,51	2,90	3,13	3,52	0,44	1,54
Мышь-малютка // Little mouse // <i>Micromys minutus</i>	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
Обыкновенная кутора // Common couture // <i>Neotomys fodiens</i>	0	0	1	0	0	0
	0	0	0,31	0	0	0
обыкновенная полевка // common vole // <i>Microtus arvalis</i>	10	14	10	6	17	11
	1,37	2,80	3,13	1,11	3,62	1,69
Полевая мышь // Field mouse // <i>Apodemus agrarius</i>	5	0	0	1	1	0
	0,64	0	0	0,19	0,20	0
Полевка-экономка // Housekeeper's vole // <i>Microtus oeconomus</i>	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
Рыжая полевка // Redshank vole // <i>Clethrionomys glareolus</i>	204	363	51	32	34	92
	29,44	52,53	16,25	9,59	7,43	14,15
Средняя бурозубка // Medium sized rodent // <i>Sorex caecutiens</i>	19	18	18	11	16	45
	6,58	3,24	5,63	3,97	3,14	7,23
Темная полевка // Dark vole // <i>Microtus agrestis</i>	0	1	0	1	0	2
	0	0,21	0	0,19	0	0,30
Всего // Total	449	532	155	118	117	276
	66,99	84,85	45,33	36,43	24,72	42,45

Примечание: // Note:

1 – абсолютное число отловленных зверьков // 1 – absolute number of trapped animals

2 – число отловленных зверьков на 10 канавко-суток // 2 – number of trapped animals per 10 ditch-days

Мелкие млекопитающие в светлохвойно-мелколиственном лесу представлены 12 видами. Всего за исследуемый период было отловлено 1647 особей. Наибольшая встречаемость приходится на рыжую полевку (776 особей). Достаточно часто встречалась обыкновенная бурозубка (345), лесная мышь (202) и средняя бурозубка (127). За весь исследуемый период реже всего наблюдалась темная полевка (4), ласка (4) и

обыкновенная кутора (1). Не обнаружены такие виды, как мышь-малютка и полевка-экономка. Динамика численности видов за весь период серьезным изменениям не подвергалась.

Динамика встречаемости мелких млекопитающих в зависимости от пола и возраста показана на рисунках 1–2 / figures 1–2 [19].

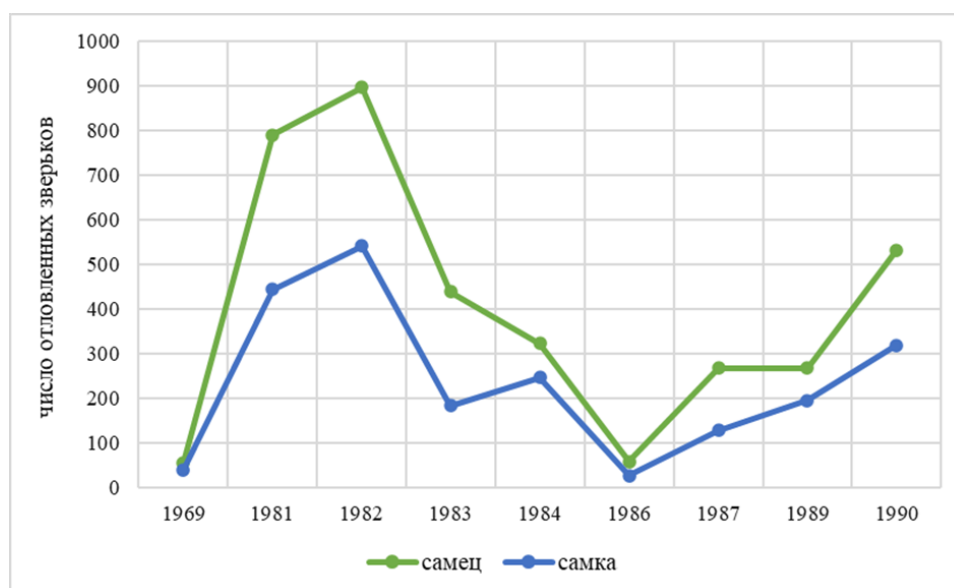


Рис. 1. Динамика встречаемости самок и самцов мелких млекопитающих
Fig. 1. Dynamics of occurrence of female and male small mammals

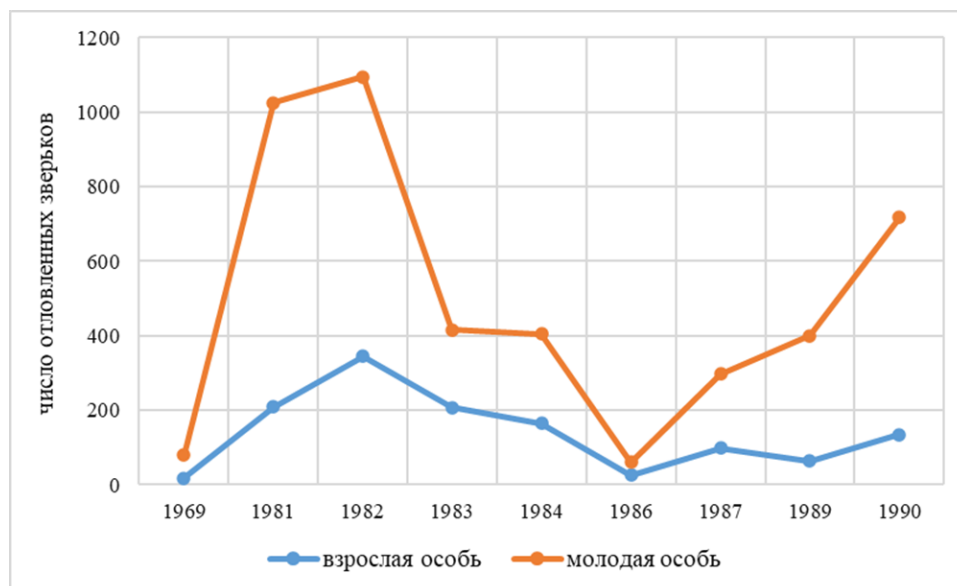


Рис. 2. Динамика встречаемости взрослой и молодой особи мелких млекопитающих
Fig. 2. Dynamics of adult and young small mammal occurrence

Обсуждение

Выбор местообитаний мелкими млекопитающими определяется рядом факторов, сходным для многих видов. Максимального обилия виды достигают на стадиях светлохвойно-мелколиственного леса. Рыжая полевка, обыкновенная бурозубка, средняя бурозубка и лесная мышь в ряду хвойных биогеоценозов заказника «Предуралье» наиболее многочисленны. Для рыжей полевки доминирующими средовыми характеристиками являются прежде всего кормность и микроклимат, а также наличие естественных убежищ и конкурентные отношения. Одна из причин, по которой рыжая полевка настолько распространена, заключается в ее высокой плодовитости. Эти грызуны способны размножаться круглый год, и самки могут иметь до 10 пометов в год, каждый из которых состоит из 3-7 молодых. Благодаря такому быстрому размножению, популяция рыжей полевки может быстро нарастать. Кроме того, рыжая полевка – адаптивный вид, который может приспосабливаться к различным условиям среды обитания. Они могут обитать в различных типах ландшафтов, включая поля, луга, леса и степи, и могут приспосабливаться к изменениям погодных условий и качеству пищи [18].

Светлохвойно-мелколиственные леса отличаются сильной захламенностью и хорошо выраженной лесной подстилкой, что очень важно для представителей данных видов при обустройстве гнезд; нижний ярус состоит из разнообразных представителей осоковых и цветковых – основной источник питания многих грызунов. А в зимний период бурозубки снижают свою активность, и вместо добычи червей и насекомых предпочитают питаться семенами хвойных деревьев [4].

Благодаря удлинённому телосложению и более крупной массе, в отличие от рыжей полевки, ласка очень ловка и изворотлива, отчего и вероятность ее попадания в канавки и давилки наименьшая. Обыкновенной кутуре или водяной землеройке можно присвоить звание настоящего хищника благодаря слюне, которая

содержит токсины, способные парализовать мелких животных (в основном рыб или амфибий), поэтому представленный вид семейства землеройковых предпочитает строить свои гнезда вблизи ручьев и водоемов. Полевка-экономка и темная полевка по всему заказнику встречаются редко. Они широко распространены на севере европейской части России, в Западной и Средней Сибири [16].

Заметно чаще взрослых встречаются молодые особи. Возрастной состав популяции находится в прямой зависимости от сроков начала и окончания размножения, уровня поголовья и интенсивности размножения в течении репродуктивного сезона. Не вызывает сомнений и то, что возрастная структура (преобладание в составе популяции зверьков тех или иных возрастных групп) в не меньшей степени определяет популяционные явления [15]. Перезимовавшие взрослые особи начинают размножаться в мае, и в июне-августе появляется новая возрастная группа и период массового расселения зверьков. Полевым работы в основном проводились в период рождения и расселения молодых особей. Самок среди отловленных животных несколько меньше, чем самцов. Мы связываем это с более высокой активностью последних в период расселения.

Заключение

Мелкие млекопитающие являются важным звеном в сложной цепи природных экосистем, внося существенный вклад в накопление биомассы в биогеоценозах. Являясь консументами, они выполняют функцию биокатализаторов [13], оказывая влияние на самоочищающие свойства экосистем [11]. Они имеют крайне многообразное значение для человека, являясь объектом добычи – пушнина – и, одновременно, кормовой базой для более ценных пушных хищников, источником инфекций ряда заболеваний, а в особенности – одним из главных переносчиков иксодовых клещей. Изучение динамики численности видов важно для человека.

В ряду хвойных биогеоценозов заказника «Предуралье» обнаружено 14 видов мелких млекопитающих:

– 5 насекомоядных (обыкновенная бурозубка, средняя бурозубка, малая бурозубка, европейский крот, обыкновенная кутора);

– 8 грызунов (рыжая полевка, красная полевка, темная полевка, лесная мышь, полевая мышь, обыкновенная полевка, мышь-малютка, полевка-экономка);

– 1 хищник (ласка).

По результатам проведенных учетов можно сделать следующие выводы:

– по численности мелких млекопитающих чуть более богаты светлохвойно-мелколиственные леса. Они характеризуются сильной захлапленностью и хорошо выраженной лесной подстилкой, что очень важно для представителей данных видов при обустройстве гнезд; нижний ярус состоит из разнообразных представителей осоковых и цветковых – основной источник питания многих грызунов.

– рыжая полевка, обыкновенная бурозубка, средняя бурозубка и лесная мышь в ряду хвойных биогеоценозов заказника «Предуралье» наиболее многочисленны. Реже всего встречается ласка, обыкновенная кутора, полевка-экономка и темная полевка.

– молодые особи встречаются заметно чаще взрослых. Среди отловленных зверьков самцов больше самок, что обусловлено их более высокой активностью в период расселения.

Сведения об авторском вкладе

Г.А. Воронов – учет мелких млекопитающих на территории заказника «Предуралье»; разработка структуры статьи; первичная обработка литературных источников; составление списка видов; написание выводов и результатов работы; вычитка и корректировка финального варианта публикации.

Е.Э. Наймушина – камеральная обработка и анализ первичных полевых данных; перевод текста статьи на английский язык; разработка табличных и графических материалов; подготовка первого варианта рукописи; написание выводов и результатов работы.

Contribution of the authors

G.A. Voronov – small mammal census in the «Preduralie» protected area; formulation of the structure of the paper; primary processing of literary sources; species listing; writing of the results of research; proofreading and correcting the final version of the paper.

E.E. Naymushina – cameral processing and analysis of primary field data; the translation of the paper into English; development of tabular and graphical materials; preparation of the first version of the manuscript; writing of the results of research.

Список источников

1. Богданов П.Л. Дендрология: Учебник для лесохоз. специальностей вузов – Москва: Лесная пром-сть, 1974. 240 с.

2. Большаков В.Н. Пути приспособления мелких млекопитающих к горным условиям. М.: Наука, 1972. 200 с.

3. Бузмаков С.А., Зайцев А.А., Дзюба Е.А. Биогеоценология, охрана природы и Г.А. Воронов; Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2020. 158 с.

4. Воронов Г.А. Видовое разнообразие позвоночных животных Пермского края // *Антропогенная трансформация природной среды: материалы научной конференции. Пермь, 2010. Т. 1. С. 41–59.*

5. Воронов Г.А. География мелких млекопитающих южной тайги Приуралья, Средней Сибири и Дальнего Востока (антропогенная динамика фауны и населения). Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1993. 223 с.

6. Воронов Г.А., Перминов Л.Е. О млекопитающих Пермской области. В кн.: В помощь учителю, биологии, природоведения и химии. Пермь, 1972. С. 62–79.

7. Воронов Г.А., Никифоров Л.П. Землеройки-бурозубки в очаге клещевого энцефалита Красноярского края. Ученые записки Пермского педагогического института. Т. 79, 1969. 54 с.

8. Горичев Ю.П., Давыдычев А.Н., Кулагин А.Ю. О лесобразующей роли темнохвойных пород в районах широколиственно-темнохвойных и горнотаежных темнохвойных лесов Южного Урала // *Журнал «Самарская лука: проблемы региональной и глобальной экологии»*. 2018. Т. 27. № 1. С. 185–190.

9. Горичев Ю.П. Типы широколиственных лесов провинции смешанных широколиственно-темнохвойных лесов Южного Урала // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2011. № 12(131). С. 51–53.

10. Демидов В.В., Демидова М.И. Полевой справочник-определитель мелких млекопитающих Пермского края. Пермь, 2017. 105 с.

11. Динесман Л.Г., Соколов В.Е., Шилов И.А. Значение позвоночных животных в биосфере // *Биосфера и ее ресурсы*. М., 1971. С. 181–193.

12. Замалдинова М.С. Степень изученности мелких млекопитающих на территории Предбайкалья (обзор литературы) // *Вестник Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского*. 2015. №71. С. 48–52.

13. Злотин Р.И., Ходашова К.С. Влияние животных на автотрофный цикл биологического круговорота // *Проблемы биоценологии*. М., 1973. С. 105–117.

14. Иванов В.В. Естественное возобновление на вырубках темнохвойных лесов подзоны южной тайги // *Журнал «Хвойные бореальные зоны»*. 2008. № 3–4. С. 256–260.

15. Ивантер Э.В. Популяционные факторы динамики численности рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) на Северном пределе ареала // *Журнал «Труды Карельского научного центра Российской академии наук»*. 2005. Вып. 7. С. 48–63.

16. Кузякин А.П. Зоогеография СССР // *МОПИ им. Н. Крупской. Ученые записки*. Т. СІХ. Вып. 1. М., 1962. 182 с.

17. Левых А.Ю. Фундаментальные и прикладные аспекты изучения мелких млекопитающих // *Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки*. 2014. № 5. С. 1311–1315.

18. Лукьянова Л.Е. Динамика пространственного распределения численности рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) в меняющихся биотопических условиях на охраняемой территории Среднего Урала // Вестник Сыктывкарского университета. серия 2: биология. геология. химия. экология. 2020. № 1(13). С. 28–39.

19. Неопубликованные материалы Г.А. Воронова. Личный архив д.г.н., профессора, Г.А. Воронова.

20. Хе В.Х. Развитие эколого-фаунистических исследований млекопитающих Уральского и Северо-Восточного регионов России в советский период // Журнал «Известия ТРТУ» Технологического института Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге. 2006. № 1. С. 224–228.

References

1. Bogdanov, P., 1974. Dendrologija: Uchebnik dlja lesohoz. special'nostej vuzov [Dendrology: Textbook for forestry professions]. Moscow, 240 p. (in Russian)
2. Bol'shakov, V., 1972. Puti prispособlenija melkih mlekopitajushhih k gornym uslovijam [How small mammals adapt to mountain conditions]. Moscow: Science, 200 p. (in Russian)
3. Buzmakov, C., Zaycev, A. and Dzyba, E., 2020. Biogeocenologija, ohrana prirody i G.A. Voronov [Biogeocenology, nature conservation and G.A. Voronov]. Perm State National Research University. Perm, 158 p. (in Russian)
4. Voronov, G., 2010. Species diversity of vertebrates of Perm Krai. In: Buzmakov, S. (ed.) Anthropogenic Transformation of the Nature Environment. To memory of F.R. Shtilmark and N.F. Reimers: Proceedings of the Scientific Conference, 2010, Perm, Russia. Perm: PSU, 1, pp. 41–59. (in Russian)
5. Voronov, G., 1993. Geografiya melkix mlekopitajushhih yuzhnoj tajgi Priural'ya, Srednej Sibiri i Dal'nego Vostoka (antropogennaya dinamika fauny i naseleniya) [Geography of small mammals in the southern taiga of the Urals, Central Siberia and the Far East (anthropogenic dynamics of fauna and population)]. Perm State National Research University. Perm, 223 p. (in Russian)
6. Voronov, G. and Perminov, L., 1972. O mlekopitajushhih Permskoj oblast [On the mammals of the Perm region]. V pomoshh' uchitelju, biologii, prirodovedenija i himii. Perm, pp. 62–79. (in Russian)
7. Voronov, G. and Nikiforov, L., 1969. Zemlerojki-burozubki v ochage kleshhevogo jencefalita Krasnojarskogo kraja [Shrews in a tick-borne encephalitis outbreak in Krasnojarsk Krai]. Uchenye zapiski Permskogo pedagogicheskogo instituta. 79. 54 p. (in Russian)
8. Gorichev, Y., Davydychev, A. and Kulagin, A., 2018. O lesobrazujushhej roli temnohvojnyh porod v rajonah shirokolistvenno-temnohvojnyh i gornotaezhnyh temnohvojnyh lesov Juzhnogo Urala [On the forest-forming role of dark conifers in the broad-leaved-dark coniferous and mountain taiga dark coniferous forests of the Southern Urals]. Journal «Samarskaya Luka: Problems of Regional and Global Ecology». 27(1), pp. 185–190. (in Russian)
9. Gorichev, Y., 2011. Tipy shirokolistvennyh lesov provincii smeshannyh shirokolistvenno-temnohvojnyh lesov Juzhnogo Urala [Broad-leaved forest types in the mixed broad-leaved-dark coniferous forest province of the Southern Urals]. Bulletin of the Orenburg State University. 12 (131), pp. 51–53. (in Russian)
10. Demidov, V. and Demidova, M., 2017. Polevoj spravocnik-opredelitel' melkih mlekopitajushhih Permskogo kraja [Field Guide – Small Mammal Identifier for the Perm Region]. Perm, 105 p. (in Russian)
11. Dinesman, L., Sokolov, B. and Shilov, I., 1971. Znachenie pozvonocnyh zhivotnyh v biosfere [The importance of vertebrates in the biosphere]. The biosphere and its resources. Moscow, pp. 181–193. (in Russian)
12. Zamaldinova, M., 2015. Stepen' izuchennosti melkih mlekopitajushhih na territorii Predbaikal'ja (obzor literatury) [Extent of research on small mammals in the Pre-Baikal area (literature review)]. Bulletin of the A.A. Ezhevsky Irkutsk State Agrarian University. 71, pp. 48–52. (in Russian)
13. Zlotin, R. and Hodashova, K., 1973. Vlijanie zhivotnyh na avtotrofnij cikl biologicheskogo krugovorota [The influence of animals on the autotrophic cycle of the biological cycle]. Problems of biocenology. Moscow, pp. 105–117. (in Russian)
14. Ivanov, V., 2008. Estestvennoe vozobnovlenie na vyrubkah temnohvojnyh lesov podzony juzhnoj tajgi [Natural regeneration on clearcuts in dark coniferous forests of the southern taiga sub-zone]. The Coniferous Boreal Journal. 3(4), pp. 256–260. (in Russian)
15. Ivanter, E., 2005. Populjacionnye faktory dinamiki chislennosti ryzhej polevki (*Clethrionomys glareolus*) na Severnom predele areala [Population dynamics of the red-backed vole (*Clethrionomys glareolus*) at the northern limit of its range]. Journal Proceedings of the Karelian Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences. 7, pp. 48–63. (in Russian)
16. Kuzjakin, A., 1962. Zoogeografija SSSR [Zoogeography of the USSR]. N. Krupskaya Moscow State Regional University. Uchenye zapiski. CIX(1). Moscow, 182 p. (in Russian)
17. Levyh, A., 2014. Fundamental'nye i prikladnye aspekty izuchenija melkih mlekopitajushhih [Fundamental and applied aspects of small mammal studies]. Bulletin of Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences. 5. pp. 1311–1315. (in Russian)
18. Luk'janova, L., 2020. Dinamika prostranstvennogo raspredelenija chislennosti ryzhej polevki (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) v menjajushhihsja biotopicheskikh uslovijah na ohranjaemoj territorii Srednego urala [Dynamics of spatial distribution of the population of the red-backed vole (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) in changing biotopic conditions in the protected area of the Middle Urals]. Bulletin of Syktывkar University. series 2: biology. geology. chemistry. ecology. 1 (13), pp. 28–39. (in Russian)
19. Неопубликованные материалы Воронова, Г. Личный архив д.г.н., профессора, Г.А. Воронова [Unpublished

materials of G.A. Voronov. Personal archive of Grand PhD in Geography, Professor, G.A. Voronov] (in Russian)

20. He, V., 2006. Razvitie jekologo-faunisticheskikh issledovaniy mlekopitajushhih Ural'skogo i Severo-Vostochnogo regionov Rossii v sovetskij period [Development

of ecological and faunal studies of mammals of the Ural and North-Eastern regions of Russia during the Soviet period]. *Journal "Proceedings of TRTU" of the Technological Institute of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Southern Federal University*. 1. Taganrog, pp. 224–228. (in Russian)

Статья поступила в редакцию 28.03.2023; одобрена после рецензирования 05.04.2023; принята к публикации 20.04.2023.

The article was submitted 28.03.2023; approved after reviewing 05.04.2023; accepted for publication 20.04.2023.

РАЗДЕЛ 1. СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Краткое сообщение
УДК 598.296.4 + 574.34

Овсянка-ремез *Ocyris rusticus* на территории Вишерского и Норского заповедников

Василий Анфимович Колбин

ФГБУ «Государственный заповедник «Вишерский», Красновишерск, Пермский край, Россия

ФГБУ «Государственный заповедник «Норский», п. Февральск, Амурская область, Россия

kgularis@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5372-3825>

Аннотация. Приведены сведения по состоянию и динамике численности локальной гнездовой популяции овсянки-ремеза на территории Вишерского заповедника Пермского края. Средняя плотность населения овсянок-ремезов на территории заповедника в гнездовое время по данным до 2014 г. составила: в горно-таежных лесах $1,5 \pm 1,2$ пар/км², в долинных лесах $1,4 \pm 1,1$ пар/км². Проводится сравнение с Норским заповедником Амурской области, где вид встречается на пролете, анализируется динамика численности мигрирующих птиц. Обсуждается обоснованность включения вида в Красные книги РФ и ряда регионов.

Ключевые слова: Северный Урал, Приамурье, динамика численности, плотность населения птиц, сохранение биологического разнообразия

Для цитирования: Колбин В.А. Овсянка-ремез *Ocyris rusticus* на территории Вишерского и Норского заповедников // Антропогенная трансформация природной среды. 2023. Т. 9. № 1. С. 19–25.

SECTION 1. NATURE AND LANDSCAPE CONSERVATION

Short Communications Article

Rustic bunting *Ocyris rusticus* in the Vishersky and Norsky strict nature reserves

Vasily A. Kolbin

Vishersky nature reserve, Krasnovishersk, Perm region, Russia

Norsky nature reserve, Fevral'sk settlement, Amur Region, Russia

kgularis@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5372-3825>

Abstract. The Information about the state and the dynamics of the number of the local nesting population of the Rustic bunting in the Vishersky strict nature reserve of the Perm Region is given. The average population density of *Ocyris rusticus* on the territory of the strict nature reserve in the nesting period, according to data until 2014, is: 1.5 ± 1.2 pairs/km² in mountain taiga forests, and 1.4 ± 1.1 pairs/km² in valley forests. A comparison is made with the Norsky strict nature reserve of the Amur Region, where the species occurs on migration, and the dynamics of the number of migratory birds is analyzed. The validity of including the species in the Red Books of the Russian Federation and regions is discussed.

Key words: Northern Ural, Amur River region, population dynamics, bird population density, biodiversity conservation

For citation: Kolbin, V., 2023. Rustic bunting *Ocyris rusticus* in the Vishersky and Norsky strict nature reserves. *Anthropogenic Transformation of Nature*, 9(1). pp. 19–25. (in Russian)

Введение

Овсянка-ремез *Ocyris rusticus* с недавних пор внесена в Красные книги РФ [9], Пермского края [11], Амурской области [1] и других регионов, а также в красный список МСОП (в России по шкале МСОП – VU A2abcd; в Красном списке МСОП – VUA2abcd+3bcd+4abcd). Главной причиной тревоги о судьбе в недалеком прошлом благополучного вида явилось резкое снижение его численности в западной части ареала [13–14] и на местах зимовки, кроме того,

в некоторых регионах Сибири и Дальнего Востока отмечено существенное сокращение численности мигрирующих птиц [3, 5]. В целом, по экспертной оценке, численность популяции вида снизилась на 30–49% [15], а в Норвегии на 73% [14]. С другой стороны, многолетние наблюдения на Камчатке [4] и в Хабаровском крае – в заповедниках «Буреинский» и «Бастак» [2] – показали, что снижения численности овсянки-ремеза в этих регионах нет, а нередко выявляется рост. Поэтому Марат Фарисович Бисеров пришел к выводу, что столь

массовый вид необходимо исключить из Красной книги РФ. Очевидно, что включение овсянки-ремеза в Красную книгу произошло под впечатлением резкого исчезновения овсянки-дубровника *Ocyris aureola* на Европейской части РФ и, вероятно, в данной ситуации лучше перестараться с охраной, чем не уследить. Хотя конечно, такие немногочисленные виды Восточной Сибири с незначительной площадью ареалов, как желтобровая *Ocyris chrysophrys* и рыжая овсянка *O. rutilus*, возможно уязвимы в большей степени и вполне заслуживают включения в соответствующие документы, о чем резонно говорит Марат Фарисович. Как бы то ни было, мониторингу состояния вида должно быть уделено пристальное внимание.

Материал и методика

Материал собирался во время плановых учетов птиц на Северном Урале и Северном Приамурье на

территориях Вишерского (241.2 тыс. га) и Норского (211.2 тыс. га) заповедников, также использовались данные, полученные в Комсомольском заповеднике. Целевых исследований по данному виду не проводилось. В Вишерском заповеднике наблюдения осуществлялись с 1994 по 2022 гг., в Комсомольском заповеднике – с 1983 по 1994 гг., в Норском – с 2000 по 2021 гг., включая территорию Орловского федерального заказника, подчиненного Норскому заповеднику. Для оценки динамики численности пролетных птиц в Норском заповеднике брались только те годы, когда наблюдения приходились на период миграции овсянок-ремезов. Маршрутные учеты проводились с использованием наиболее распространенных методик [8, 12]. Протяженность пеших маршрутов в безморозное время на территории Вишерского заповедника составила 3159 км, Норского – 1317 км, Комсомольского – 355 км.



Рис. 1. Пролётный самец овсянки-ремеза в пойме р. Селемджа (Норский заповедник)
28 апреля 2011 г. Фото В. Колбина

Fig. 1. A male of the Rustic Bunting in the floodplain of the river. Selemdzha (Norsky strict nature reserve)
April 28, 2011. Photo by V. Kolbin

Результаты и обсуждение

Характер пребывания. Овсянка-ремез – обычный пролетный вид для Комсомольского и Норского заповедников, для Вишерского – гнездящийся перелетный вид, численность которого в последнее десятилетие существенно снизилась. В Комсомольском заповеднике весенний пролет проходил с третьей декады марта до середины мая, осенний – с первой декады сентября до конца октября [6]. В Норском заповеднике к началу

наблюдений в третьей декаде апреля стайки этих овсянок были обычными в пойме р. Селемджи (рис. 1 / fig. 1), в нижнем течении р. Норы, на проселочной дороге, проходящей параллельно железной дороге вдоль северо-восточной границы заповедника, в окрестностях поселков Норск и Февральск, в пойме р. Орловка Орловского заказника. В 2020 году, когда наблюдения велись с 1 апреля, первая встреча зафиксирована 20 апреля. Самые поздние встречи отмечены 26 сентября

2014 г., 7 октября 2017 г., 28 сентября 2019 г. Прилет в Вишерском заповеднике проходит в начале мая. Первые встречи: 2 мая 2014 г., 7 мая 2019 г. Осенью пролетные овсянки-ремезы встречаются в пойме реки Вишеры. Отлет завершается к началу третьей декады сентября. Самые поздние осенние встречи: 21 сентября 2015 г., 22 сентября 2018 г., 20 сентября 2020 г.

Местообитание. Овсянка-ремез – чисто лесная овсянка. Птицы селятся в смешанных и темнохвойных равнинных пойменных лесах, достаточно обычны в

горно-таежных лесах на участках с высокой увлажненностью и вблизи ручьев. В горных редколесьях в гнездовое время встречались не регулярно. Во время послегнездовых кочевок и осенней миграции на территории Вишерского заповедника овсянки-ремезы регистрировались как в горных редколесьях, так и в поймах. На пролете в Норском и Комсомольском заповедниках птицы отмечались в пойменных комплексах, проявляли тяготение к синантропному ландшафту – пустырям, проселочным дорогам.



Рис. 2. Беспокоящийся самец овсянки-ремеза в пойме р. Малая Мойва (Вишерский заповедник) 4 июля 2013 г. Фото В. Колбина

Fig. 2. Male Rustic Bunting in the floodplain of the river. Malaya Moyva (Vishersky strict nature reserve) worries about chicks July 4, 2013. Photo by V. Kolbin

Гнездование. Орнитологами Пермского университета летные выводки овсянок-ремезов наблюдались 12 июля 1993 г. на р. Велс, 4 июля 1994 г. в районе устья р. Большая Мойва, 17 июля 1995 г. на р. Улс [10]. Данные овсянки обычно живут отдельными парами, часто на значительном расстоянии одна от другой. Нами беспокоящиеся возле плохо летающих слетков взрослые птицы отмечены в долине р. Малая Мойва 25 июля 2009 г., 4 июля 2013 г.

(рис. 2 / fig. 2), 24 июля 2020 г. В долине р. Вишеры по тропе к хребту Тулымский камень 17 июля 2021 г. встречен выводок овсянок-ремезов (рис. 3 / fig. 3), беспокоящиеся самец и самка в этом же районе отмечены 13 июня 2022 г. В то же время необходимо отметить, что в елово-березовом лесу в долине р. Лыпы в 2 км от кордона, где 1–2 пары постоянно гнездились в 90-е годы данные овсянки уже 10 лет не встречаются.



Рис. 3. Слеток овсянки-ремеза в долинном ельнике 17.07. 2021 г. Вишерский заповедник
Fig. 3. Fledgling of the Rustic bunting in a valley spruce forest 17.07. 2021 Vishersky strict nature reserve

Численность. Средняя плотность населения овсянок-ремезов на территории Вишерского заповедника в гнездовое время по данным до 2014 г. составила в горно-таежных лесах $1,5 \pm 1,2$ пар/км², в долинных лесах $1,4 \pm 1,1$ пар/км². Анализ динамики численности в долинных и горно-таежных ельниках по годам показал снижение плотности населения в гнездовое время (рис. 4 / fig. 4). Осенью до недавнего времени в пойме р. Вишеры шел достаточно интенсивный пролет овсянок-ремезов: так, в районе урочища «71 квартал» во второй декаде сентября 2010 г. плотность населения пролетных птиц составила 101,8 ос./км², также во второй декаде

сентября 2015 г. в окрестностях кордона Лыпя плотность пролетных птиц была 39 ос./км². В сентябре 2018 г. на данном месте были зарегистрированы только 3 птицы, в сентябре 2022 г. овсянки-ремезы не отмечены вообще.

В другом заповеднике Пермского края – «Басеги» – плотность населения в горной тайге снизилась с 20 пар/км² в конце прошлого века до 1,5 пар/км² в последние десять лет [7].

В Норском заповеднике колебания численности пролетных овсянок не выявили существенного отрицательного тренда (рис. 5 / fig. 5).

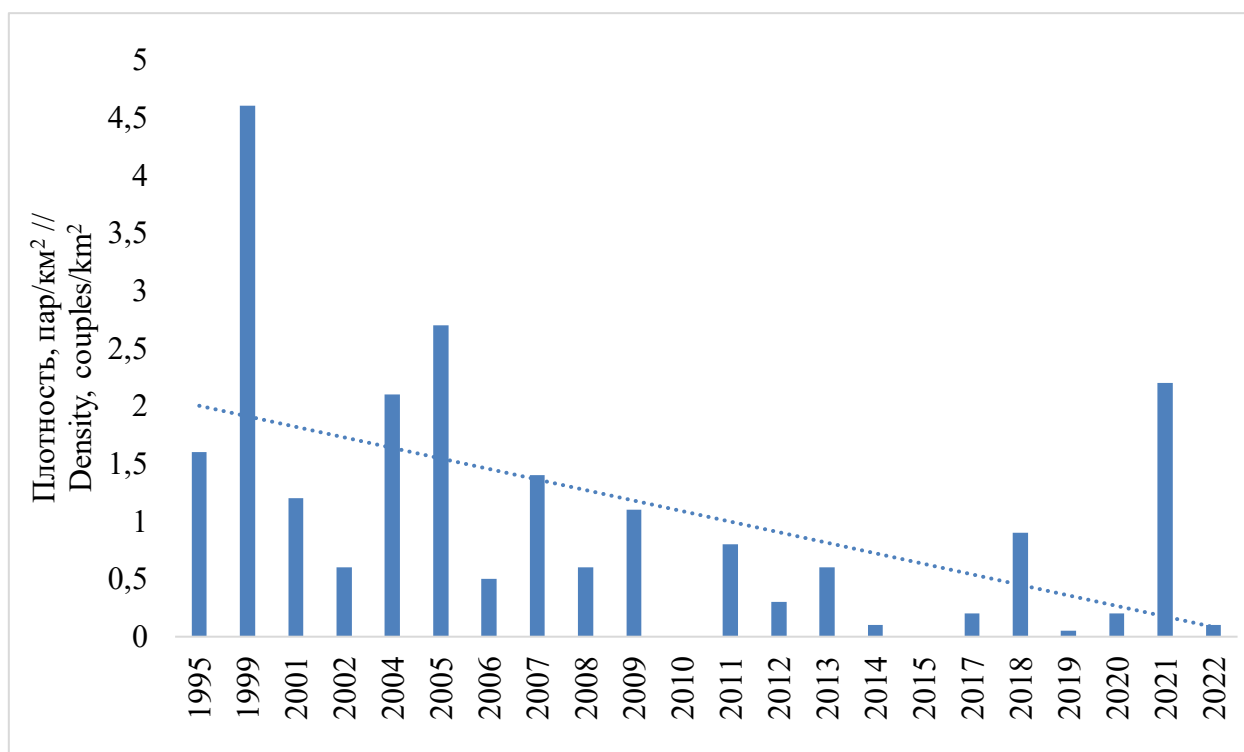


Рис. 4. Динамика численности овсянки-ремеза *Ocyris rusticus* в ельниках Вишерского заповедника
 Fig. 4. Population dynamics of the Rustic bunting *Ocyris rusticus* in the spruce forests of the Vishersky strict nature reserve

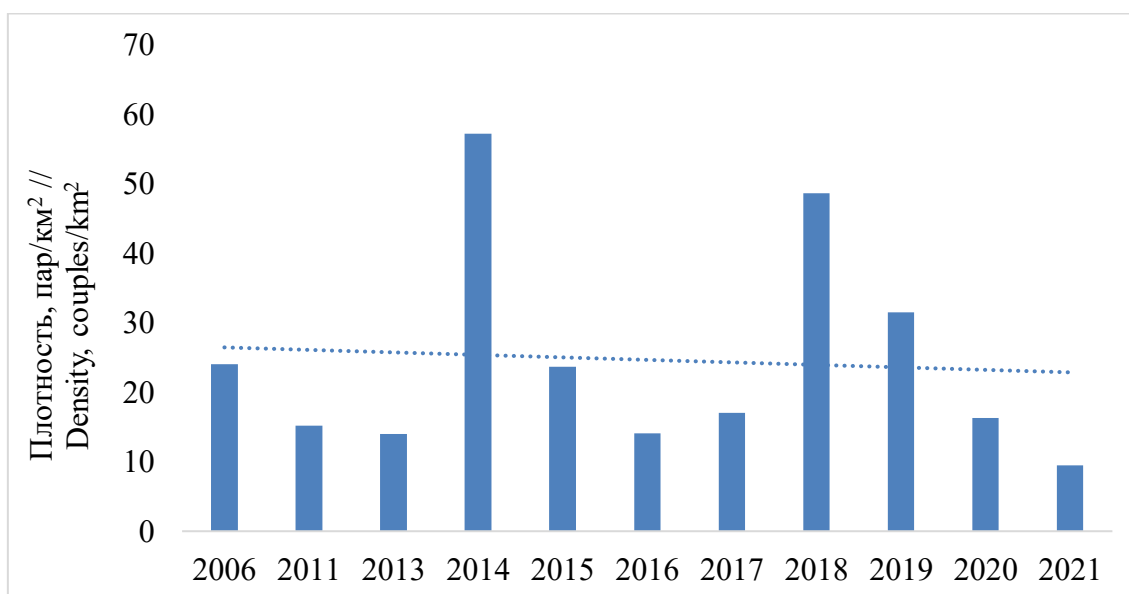


Рис. 5. Динамика численности пролетных овсянок-ремезов на территории Норского заповедника и на сопредельных землях
 Fig. 5. Population dynamics of migrating Rustic buntings on the territory of the Norsky strict nature reserve and on adjacent lands

Таким образом, можно констатировать существенное сокращение численности овсянки-ремеза в Вишерском заповеднике, как для гнездящихся птиц, так и для пролетных. Возможно одной из причин снижения численности является деградация лесов вследствие изменения климата, проявляющаяся в увеличении площади ветровалов, как на территории заповедника, так и на сопредельных землях. Кроме того, сказывается и сокращение площади коренных ельников в регионе вследствие обширных рубок. Нельзя исключить и неблагоприятную обстановку на местах зимовки в Юго-Восточной Азии, где все усиливается химизация сельского хозяйства и сокращаются площади лугов, лесов и залежей.

Список источников

1. Антонов А.И., Бабкина М.С., Хэйм В. Овсянка-ремез *Emberiza rustica* Pallas 1776 // Красная книга Амурской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2020. С. 160–161.
2. Бисеров М.Ф. О необходимости исключения овсянки-ремеза *Ocyris rusticus* из Красной книги Российской Федерации // Русский орнитологический журнал. 2021. Т. 30. , Вып. 2087. С. 3047–3055.
3. Вальчук О.П., Лелюхина Е.В. Разнообразие осенних миграционных стратегий овсянковых *Emberizidae* в Южном Приморье // Русский орнитологический журнал. 2019. Т. 28., Вып. 1760. С. 1840–1841.
4. Герасимов Ю.Н., Герасимов Н.Н., Бухалова Р.В. Овсянка-ремез *Ocyris rusticus* на Камчатке // Русский орнитологический журнал. 2019. Т. 28. Вып. 1726, С. 487–490.
5. Дурнев Ю.А., Морошенко Н.В. Критическое снижение численности овсянки-ремеза *Ocyris rusticus*: современная ситуация в области Байкальского рифта // Русский орнитологический журнал. 2020. Т. 29. Вып. 2016. С. 6118–6120.
6. Колбин В.А., Бабенко В.Г., Бачурин Г.Н. Птицы Комсомольского заповедника // Позвоночные животные Комсомольского заповедника. М.: 1994. С. 13–41.
7. Наумкин Д.В., Преображенская Е.С. Овсянка-ремез // Атлас гнездящихся птиц европейской части России. М.: Фитон XXI, 2020. С. 840–842.
8. Наумов Р.П. Методики абсолютного учета птиц в гнездовой период на маршрутах // Зоологический журнал. 1965. №1. С. 81–92.
9. Рымкевич Т.А., Вальчук О.П., Стрельников Е.Г. Овсянка-ремез *Emberiza rustica* (Pallas 1776) // Красная книга Российской Федерации, том «Животные». М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. С. 811–814.
10. Шепель А.И., Зиновьев Е.А., Фишер С.В., Казаков В.П. Животный мир Вишерского края: Позвоночные животные. Пермь, 2004. С. 1–208.
11. Шепель А.И., Наумкин Д.В., Колбин В.А. Овсянка-ремез // Красная книга Пермского края. Пермь: Алдари, 2018. С. 55.
12. Щеголев В.И. Количественный учет птиц в лесной зоне // Методики исследования продуктивности и

структуры птиц в пределах их ареалов. Вильнюс, 1977. С. 95–102.

13. Яковлева М.В., Сухов А.В. Овсянка-ремез *Ocyris rusticus* в заповеднике «Кивач» // Русский орнитологический журнал. 2017. Т. 26. Вып. 1409. С. 726–731.

14. Dale S., Hansen K. Population decline in the Rustic Bunting *Emberiza rustica* in Norway // *Ornis fennica*. 2013. Vol. 90. № 4. P. 193–202.

15. Edenius L., Choi Ch., Helm W., Jaakkone N., De-Jong A., Ozaki K., Roberge J.M. The next common and widespread bunting to go? Global population decline in the Rustic Bunting *Emberiza rustica* // *Bird Conservation International*. 2016. Vol. 1. P. 1–10.

<https://doi.org/10.1017/S0959270916000046>

References

1. Antonov, A., Babykina, M. and Heim V. 2020. Ovsyanka-remez *Emberiza rustica* Pallas 1776 [Rustic Bunting *Emberiza rustica* Pallas 1776]. In *Krasnaya kniga Amurskoi oblasti: Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoi ischeznoveniya vidy zhivotnykh, rastenii i gribov* [Red Book of the Amur Region: Rare and endangered species of animals, plants and fungi]. Blagoveshchensk, Russia, Dal-GAU, pp. 160–161. (in Russian)
2. Biserov, M., 2021. *O neobkhodimosti isklyucheniya ovsyanki-remeza Ocyris rusticus iz Krasnoi knigi Rossiiskoi Federatsii* [On the need to exclude the Rustic Bunting *Ocyris rusticus* from the Red Book of the Russian Federation]. *The Russian Journal of Ornithology*. 30 (2027). pp. 3047–3055. (in Russian)
3. Valchuk, O. and Lelyukhina, E. 2019. Diversity of Autumn Migration Strategies of Bunting *Emberizidae* in Southern Primorye. *The Russian Journal of Ornithology*. 28 (1760). pp. 1840–1841. (in Russian)
4. Gerasimov, Yu., Gerasimov, N. and Bukhalova, R. 2019. Rustic Bunting *Ocyris rusticus* in Kamchatka. *The Russian Journal of Ornithology*. 28 (1726). pp. 487–490. (in Russian)
5. Durnev, Yu. and Moroshenko, N. 2020. Critical decline in the population of the Rustic Bunting *Ocyris rusticus*: the current situation in the Baikal Rift. *The Russian Journal of Ornithology*. 29 (2016). pp. 6118–6120. (in Russian)
6. Kolbin, V., Babenko, V. and Bachurin, G. 1994. Ptitsy Komsomol'skogo zapovednika [Birds of the Komsomolsky Reserve]. *Pozvonochnye zhivotnye Komsomol'skogo zapovednika* [Vertebrates of the Komsomolsky Reserve]. Moscow. pp. 13–41. (in Russian)
7. Naumkin, D. and Preobrazhenskaya, E. 2020. Ovsyanka-remez [Rustic Bunting]. *Atlas of Breeding Birds of the European part of Russia*. Moscow, Fiton XXI. pp. 840–842. (in Russian)
8. Naumov, R. 1965. Metodiki absolyutnogo ucheta ptits v gnezdovoi period na marshrutakh [Methods of absolute counting of birds during the nesting period on the routes]. *Zoological journal*. 1. pp. 81–92. (in Russian)
9. Rymkevich, T., Valchuk, O. and Strel'nikov, E. 2021. Ovsyanka-remez *Emberiza rustica* (Pallas 1776) [Rustic Bunting *Emberiza rustica* (Pallas 1776)]. *Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii, tom «ZhivotnyE»* [Red Book

of the Russian Federation, volume "Animals"]. Moscow, FGBU "VNII Ecology". pp. 811–814. (in Russian)

10. Shepel, A., Zinoviev, E., Fisher, S. and Kazakov, V. 2004. *Zhivotnyi mir Visherskogo kraya: Pozvonochnye zhivotnye* [Fauna of the Vishersky region: Vertebrates]. Perm, Russia. 208 p. (in Russian)

11. Shepel, A., Naumkin, D. and Kolbin, V. 2018. Ovsyanka-remez [Rustic Bunting] *Krasnaya kniga Permskogo kraya* [The Red Book of the Perm Territory Красная книга Пермского края]. Perm, Aldari, Russia. p. 55. (in Russian)

12. Shchegolev, V. 1977. Kolichestvennyi uchet ptits v lesnoi zone [Quantitative accounting of birds in the forest zone] *Metodiki issledovaniya produktivnosti i struktury ptits v predelakh ikh arealov* [Methods for studying the

productivity and structure of birds within their ranges]. Vilnius, USSR. pp. 95–102. (in Russian)

13. Yakovleva, M., Sukhov, A. 2017. Rustic Bunting *Ocyris rusticus* in the Kivach Nature Reserve. *The Russian Journal of Ornithology*. 26 (1409). pp. 726–731. (in Russian)

14. Dale, S. and Hansen, K. 2013. Population decline in the Rustic Bunting *Emberiza rustica* in Norway. *Ornis fennica*. 90 (4). pp. 193–202.

15. Edenius, L., Choi, Ch., Helm, W., Jaakkone, N., De-Jong, A., Ozaki, K. and Roberge, J. 2016. The next common and widespread bunting to go? Global population decline in the Rustic Bunting *Emberiza rustica*. *Bird Conservation International*. 1 (1). pp. 1–10.

<https://doi.org/10.1017/S0959270916000046>

Статья поступила в редакцию 25.01.2023; одобрена после рецензирования 10.02.2023; принята к публикации 15.03.2023.

The article was submitted 25.01.2023; approved after reviewing 10.02.2023; accepted for publication 15.03.2023.

РАЗДЕЛ 1. СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Краткое сообщение
УДК 502.43

Природоохранная ценность Новогайвинского бора

Сергей Алексеевич Бузмаков¹, Евгения Леонидовна Гатина², Игорь Евгеньевич Шестаков³, Ирина Фиргатовна Абдулманова⁴, **Георгий Анатольевич Воронов⁵**, Павел Юрьевич Санников⁶, Николай Антонович Литвинов⁷, Денис Сергеевич Исаков⁸

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия,

⁷ Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, Пермь, Россия

⁸ Управление по экологии и природопользованию администрации города Перми, Пермь, Россия,

¹ buzmakov2012@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5144-0714>

² suslovael@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4684-0465>

³ galendil@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1695-6061>

⁴ a.ir-flora@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6058-5176>

⁵ voronov-professor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1243-2164>

⁶ sol1430@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7973-301X>

⁷ litvinov@pspu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4442-7183>

⁸ isakovdenis@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1363-8022>

Аннотация. Одним из наиболее эффективных методов сохранения биоразнообразия, в том числе редких и исчезающих видов организмов, является организация особо охраняемых природных территорий. Особенно это актуально для территорий городов, где трансформируются почти все компоненты природной среды. В сообщении приведены данные о выявленных ценных природных объектах на территории Новогайвинского бора – участка сравнительно малонарушенных экосистем в правобережной части Камы в границах г. Перми. В результате прямых полевых обследований обнаружены: ценный почвенный объект, местонахождения видов растений и животных, включенных в Красные книги РФ и Пермского края или приложения к ним. Комплекс исследований позволил обосновать высокую природоохранную ценность Новогайвинского бора, в результате чего в декабре 2022 г. этому участку был присвоен статус ООПТ.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, город Пермь, экосистема, почвенный покров, растительность, животный мир, Красная книга

Для цитирования: Бузмаков С.А., Гатина Е.Л., Шестаков И.Е., Абдулманова И.Ф., Воронов Г.А., Санников П.Ю., Литвинов Н.А., Исаков Д.С. Природоохранная ценность Новогайвинского бора // Антропогенная трансформация природной среды. 2023. Т. 9. № 1. С. 26–31.

SECTION 1. NATURE AND LANDSCAPE CONSERVATION

Short Communications Article

The conservation value of the Novogaiivinskiy Bor

Sergei A. Buzmakov¹, Evgenia L. Gatina², Igor E. Shestakov³, Irina F. Abdulmanova⁴, **Georgi A. Voronov⁵**, Pavel Yu. Sannikov⁶, Nikolai A. Litvinov⁷, Denis S. Isakov⁸

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Perm State University, Perm, Russia,

⁷ Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia

⁸ Department of ecology and nature management of the Perm city administration, Perm, Russia,

¹ buzmakov2012@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5144-0714>

² suslovael@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4684-0465>

³ galendil@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1695-6061>

⁴ a.ir-flora@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6058-5176>

⁵ voronov-professor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1243-2164>

⁶ sol1430@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7973-301X>

⁷ litvinov@pspu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4442-7183>

⁸ isakovdenis@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1363-8022>

© Бузмаков С.А., Гатина Е.Л., Шестаков И.Е., Абдулманова И.Ф., **Воронов Г.А.**, Санников П.Ю., Литвинов Н.А., Исаков Д.С., 2023



Abstract. One of the most effective methods of biodiversity conservation, including rare and endangered species of organisms, is the improvement of a protected areas network. This is especially relevant for urban areas, where almost all components of the environment are transformed. In the Short Communications Article described valuable natural objects of the Novogaivinskiy Bor – the area of relatively intact ecosystems on the right bank of Kama river in city Perm. As a result of the direct field survey were identified: valuable soil object, habitats of plant and animal species included to the Red Lists of the Russian Federation and the Perm Region or Appendix to them. Set of studies allows to argued high conservation value of the Novogaivinskiy Bor, where December 2022 protected area was created.

Key words: protected areas, Perm city, ecosystem, soil cover, vegetation, animals, Red List

For citation: Buzmakov, S., Gatina, E., Shestakov, I., Abdulmanova, I., Voronov, G., Sannikov, P., Litvinov, N., Isakov, D., 2023. The conservation value of the Novogaivinskiy Bor. *Anthropogenic Transformation of Nature*, 9(1). pp. 26–31. (in Russian)

Современная Пермь – один из самых крупных по площади городов России – всего около 800 км². Городские леса при этом занимают чуть более 330 км². До декабря 2022 г. в Перми насчитывалось 25 особо охраняемых природных территорий (далее – ООПТ), площадью около 12,9 км² (16,6% от территории города).

В городах существенно меняются почти все компоненты природной среды: рельеф, атмосфера, гидрографическая сеть, подземные воды, почва, растительность, животное население [1, 6, 10]. В этих условиях важным следует считать сохранение относительно ма-

лонарушенных экосистем. Одним из эффективных методов сохранения биоразнообразия, в том числе редких и исчезающих видов организмов, является развитие сети особо охраняемых природных территорий, в том числе организация новых ООПТ [8].

Для выявления природоохранной значимости в 2022 г. обследована территория Новогайвинского бора, расположенного на правом берегу реки Камы в пределах городской черты. В административном отношении бор находится в границах Мотовилихинского и Орджоникидзевогского районов г. Перми. Общая площадь составляет около 290 га.

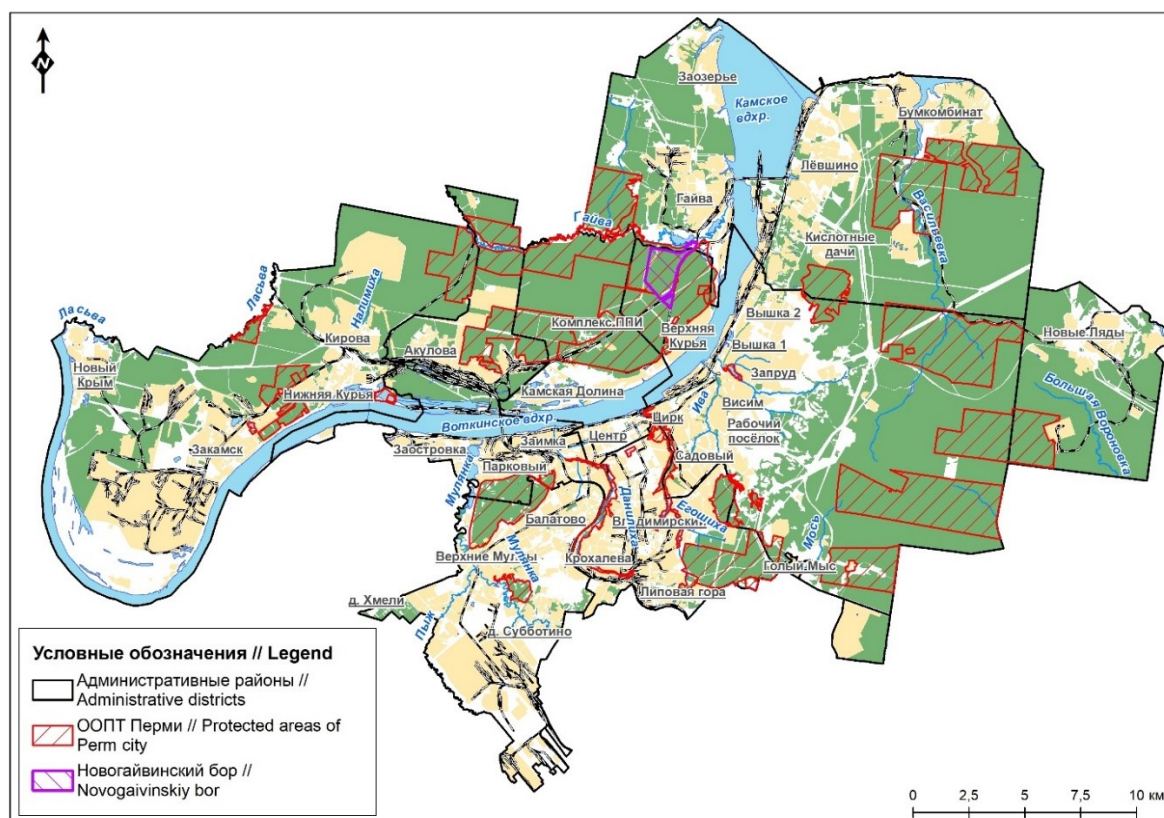


Рис. 1. Расположение исследуемой территории в г. Перми
Fig. 1. Location of the study area in the city of Perm

Для этого участка характерен бугристый и мелко-грядовый рельеф с широкими пологими междуречьями, местами изрезанными неглубокими молодыми оврагами и долинами речек. Поверхности междуречий покрыты флювиогляциальными песками и перигляциальными суглинками, претерпевшими эоловую пере-

работку. Здесь преобладают экосистемы светлохвойных и смешанных лесов. На древнеаллювиальных песчаных отложениях сформировались сосняки со слабо развитым травяно-кустарничковым и зеленомошным покровом. Эти сообщества преобладают на обследованной территории. В понижениях между песчаными

гривами представлены сосняки бруснично-политрихумовые, березняки чернично-кисличные. Кроме того, здесь встречаются елово-сосновые кисличные леса. В пойме р. Гайвы отмечены ивняки крупнопоротниковые. При подъеме из поймы встречаются сосняки кисличные. На II надпойменной террасе р. Камы в северной части бора развиты заболоченные березовые травяные леса. Древесный ярус сформирован с преобладанием сосны с примесью ели, березы, единично встречаются липа, осина.

Природоохранная ценность территории. В пределах обследованного участка отмечены ископаемые дюны плейстоценового возраста, плейстоценовые галечники с сердоликами, агатами и яшмой, а также окремненными известняками с фауной морских беспозвоночных каменноугольного и раннепермского возраста [7].

В почвенном отношении большая часть бора сложена слабо развитыми песчаными почвами. Согласно современной классификации почв РФ [4] данные разности диагностируются как псаммозёмы гумусовые (отдел слабо развитые почвы). Иные почвенные разности (серогумусовые глееватые и глеевые, перегнойно-глеевые и торфяно-глеевые), встречающиеся в северо-восточной части бора, занимают менее 10% площади.

Отдел слабо развитых почв включает почвы, профиль которых состоит из гумусово-слабо развитого горизонта – W или подстильно-торфяного горизонта – O, залегающего на минеральной толще: плотной или рыхлой породе любого химического состава и любой мощности. В ней могут наблюдаться слабые признаки почвообразования, недостаточные для выделения генетических горизонтов, однако позволяющие разде-

лять почвы на уровне подтипов в соответствии с генетическими признаками, относимыми в формулах профиля к верхней части породы (горизонт C). Ее нижняя часть обозначается индексом, указывающим класс пород: силикатные, карбонатные и др.

Слаборазвитые песчаные почвы встречаются в разных природных зонах. Песчаные породы могут иметь водноледниковое, аллювиальное и другое происхождение. Причинами, ограничивающими развитие профиля, являются молодость почв или особые климатические условия. В связи со слабым проявлением педогенных процессов, свойства почв отдела в значительной степени зависят от состава почвообразующих пород, который, в данном случае, учитывается при выделении типов почв [3].

Ценный почвенный объект *псаммозем гумусовый на древнеаллювиальных отложениях* был диагностирован в соответствии с указанной в утверждённом перечне Классификацией и диагностикой почв России (2004).

На исследуемой территории выявлены местообитания 4 редких видов растений: плаун баранец (*Lycopodium selago* L.), гудайера ползучая (*Goodyera repens* (L.) R. Br.), любка двулистная (*Platanthera bifolia* (L.) Rich.), прострел раскрытый (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.). Виды занесены в Приложение Красной книги Пермского края, как виды, нуждающиеся в особом внимании к их состоянию в природной среде [5].

Плаун баранец повсеместно редок. Это лекарственное и красивое растение. На обследованной территории произрастает в березняке чернично-кисличном, образуя крупные куртины (рис. 2-А / fig. 2-A). Ценопопуляция стабильна, малочисленна.



Рис. 2. Виды растений Новогайвинского бора, внесенные в Приложение к Красной книге Пермского края. А – Плаун баранец (*Lycopodium selago* L.); Б – Прострел раскрытый (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.)

Fig. 2. Plants of the Novogaivinskiy Bor, included to the Appendix of the Red List of Perm Region.

A – *Lycopodium selago* L.; Б – *Pulsatilla patens* (L.) Mill.

Гудайера ползучая произрастает в елово-сосновом кисличном лесу. Популяция полночленная, многочисленная, но характеризуется пониженной жизненностью вдоль лесных троп и площадок отдыха. Вид приурочен к местам умеренного увлажнения. Сильное иссушение почвы, препятствует развитию грибов-симбионтов. В большинстве случаев орхидея не выживает после лесных пожаров или вырубке леса.

Любка двулистная зафиксирована в сосняке хвощево-кисличном, сформировавшемся на покатом склоне над поймой р. Гайва. Отмечено 9 вегетирующих особей. Ценопопуляция малочисленная, нестабильная. Для вида характерна тенденция к сокращению числа особей, особенно на территории города [2].

Прострел раскрытый на обследованной территории произрастает в сосняках зеленомошных (рис. 2-Б / fig. 2-Б). Часто встречается вблизи железной дороги. Ценопопуляции малочисленные, стабильные. Численность сокращается в результате сбора населением, вытаптывания.

На исследуемой территории выявлены местообитания 6 редких видов животных, из которых 3 занесены в Красную книгу Пермского края (2018): обыкновенная медянка (*Coronella austriaca*), большая выпь

(*Botaurus stellaris*), орлан – белохвост (*Haliaeetus albicilla*). Три оставшихся вида внесены в Приложение к Красной книге региона, как виды, нуждающиеся в особом внимании к состоянию в природной среде. Это сибирский углозуб (*Salamandrella keyserlingii*), гребенчатый тритон (*Triturus cristatus*), погоньш крошка (*Porzana pusilla*).

Большая выпь занесена в Красную книгу Пермского края (II категория редкости), статус в г. Перми: редкий гнездящийся, перелетный вид. Поющая птица фиксировалась в северной части исследуемой территории в течение мая 2022 года. Возможно гнездование в пойме реки Гайвы.

Орлан-белохвост занесен в Красную книгу Пермского края (III категория редкости) и в Красную книгу Российской Федерации (V категория редкости). Статус в г. Перми: обычный пролетный и зимующий вид. Пролетающая взрослая птица была зафиксирована на исследуемой территории 18.06.2022 (рис. 3 / fig. 3). Учитывая присутствие орланов-белохвостов в районе КамГЭС, в том числе зимнее время года, исследуемая территория может использоваться птицами в качестве временного пребывания.



Рис. 3. Орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla* в северной части исследуемой области
Fig. 3. *Haliaeetus albicilla* in the northern part of the study area

Погоньш крошка занесен в Приложение к Красной книге Пермского края. Статус в г. Перми: редкий гнездящийся, перелетный вид. Поющая птица была зафиксирована на исследуемой территории в мае 2022 г. Возможно гнездование в пойме реки Гайвы.

Следует отметить, что встреченные виды имеют топические и трофические связи со всем комплексом прилегающих экосистем, поэтому ареалы распространения видов шире точек встреч с ними. Кроме того, в период весенних миграции 2022 г. в пойме реки Гайвы были зафиксированы виды, внесенные в Приложение к Красной книге Пермского края: лебедь – шипун

Cygnus olor, серый журавль *Grus grus*. Необходимы регулярные мониторинговые наблюдения за состоянием этих видов птиц.

Расположение выявленных ценных природных объектов показано на рис. 4 / fig. 4.

Основными факторами негативного антропогенного воздействия на природную среду в исследуемой территории следует считать: селитебный фактор (градостроительная деятельность), транспортный фактор (наличие на границе ООПТ автомобильных дорог, средних и крупных линий электропередач, линии железной дороги), захламливание, рекреацию.



Рис. 4. Ценные природные объекты Новогайвинского бора
Fig. 4. Valuable natural features of Novogaivinskiy Bor

Данные полученные в ходе обследования легли в основу материалов для организации ООПТ, что и произошло 21 декабря 2022 г. [10]. Создание экологического парка «Новогайвинский бор» с соответствующим режимом особой охраны обеспечивает сохранение ценных геологических, почвенных, флористических и фаунистических объектов и позволяет снижать проявления процессов деградацию природных компонентов и комплексов вследствие антропогенного воздействия.

Одновременно в Новогайвинском, было создано еще 2 экологических парка: «Егошихинская долина» и «Долина реки Данилихи». Это довело число ООПТ в г. Перми до 28 или 13,6 км² (17,4%).

Сведения об авторском вкладе

С.А. Бузмаков – постановка задачи исследования, формулировка идеи статьи, научное редактирование;

Е.Л. Гатина – сбор, систематизация сведений, вычитка финального варианта статьи;

И.Е. Шестаков – сбор, систематизация сведений о ценных почвенных объектах, написание статьи;

И.Ф. Абдулманова – сбор, систематизация сведений о ценных растительных объектах, написание статьи;

Г.А. Воронов – систематизация сведений о ценных объектах животного мира;

П.Ю. Санников – обработка пространственных данных, подготовка карт;

Н.А. Литвинов – систематизация сведений о ценных объектах животного мира;

Д.В. Исаков – сбор, систематизация сведений о ценных орнитологических объектах, написание статьи.

Contribution of the authors

Sergei A. Buzmakov – setting the research objective, formulating the idea for the article, scientific editing;

Evgenia L. Gatina – collecting, systematizing and proofreading the final version of the article;

Igor E. Shestakov – collecting, systematizing information on valuable soil features, writing an article

Irina F. Abdulmanova – collecting and systematizing information on valuable plant objects, writing an article;

Georgi A. Voronov – systematization of information on valuable animal species;

Pavel Yu. Sannikov – spatial data processing, preparation of maps;

Nikolai A. Litvinov – systematization of information on valuable animal species;

Denis S. Isakov – collecting and systematizing information on valuable ornithological sites, writing an article.

Список источников

1. Воронов Г.А. Животные города Перми. Позвоночные: монография. Пермь: Форвард-С, 2010. 296 с.

2. Гатина Е.Л. Охраняемые виды растений на территории г. Перми // Антропогенная трансформация природной среды: материалы международной конференции. Пермь, 18–21 октября 2010 г. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. Т.3. С. 72–77.

3. Еремченко О.З., Филькин Т.Г., Шестаков И.Е. Редкие и исчезающие почвы Пермского края. Пермь: б.и., 2010. 92 с.

4. Классификация и диагностика почв России / под общ. ред. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Смоленск: Ойкумена, 2004. 235 с.

5. Красная книга Пермского края / под общ.ред. М.А.Бакланова. Пермь: Алдари, 2018. 232 с.

6. Литвинов Н.А. Амфибии и рептилии Перми // Экология города. Состояние и охрана окружающей среды г. Перми. 2017. С. 78–80.

7. Наугольных С.В. Геолого-палеонтологические памятники Перми: на пути к энциклопедическому обзору // Состояние и охрана окружающей среда в городе Перми в 2014 году [Электронный ресурс]. URL: <http://www.priodaperm.ru/izdaniya/2015/03/05/2161> (дата обращения: 12.07.2022).

8. Особо охраняемые природные территории г. Перми: монография / под ред. С.А. Бузмакова, Г.А. Воронина. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2012. 204 с.

9. О создании особо охраняемой природной территории регионального значения – экологического парка "Новогайвинский бор": Правительство Пермского края. Постановление № 1128-п от 21.12.2022 г.

10. Шестаков И.Е., Еремченко О.З., Филькин Т.Г. Картографирование почвенного покрова городских территорий на примере г. Пермь // Почвоведение. 2014. № 1. С. 12–21.

References

1. Voronov, G. 2010. *Zhivotnye goroda Permi. Pozvonochnye* [Animals of the city of Perm. Vertebrates]. Perm, Forvard-S. 296 p. (in Russian)

2. Gatina, E., 2010. *Accounting and mapping of protected plant species on the territory city of Perm. In. Anthropogenic Transformation of Nature. The international conference, 18-21 October 2010. Perm, Russia. Perm State University, pp. 72–77. (in Russian)*

Статья поступила в редакцию 15.02.2023; одобрена после рецензирования 20.03.2023; принята к публикации 28.04.2023.

The article was submitted 15.02.2023; approved after reviewing 20.03.2023; accepted for publication 28.04.2023.

3. Eremchenko, O., Fil'kin, T., and Shestakov, I., 2010. *Redkie i ischezayushchie pochvy Permskogo kraja* [Rare and endangered soils in Perm Region]. Perm, 92 p. (in Russian)

4. Shishov, L. at al. 2004. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnosis of soils in Russia] Smolensk: Oikumena 235 p. (in Russian)

5. Baklanov M. (ed.) 2018. *Krasnaya kniga Permskogo kraja* [Red List of the Perm Region 2018]. Perm, Aldari. 232 p. (in Russian)

6. Litvinov, N.A. 2017. *Amfibii i reptilii Permi* [Amphibians and reptiles of city of Perm] Ekologiya goroda. Sostoyanie i okhrana okruzhayushchei sredy g. Permi, pp. 78–80. (in Russian)

7. Naugol'nykh, S., 2014. *Geologo-paleontologicheskie pamyatniki Permi: na puti k entsiklopedicheskomu obzoru* [The geological and palaeontological monuments of Perm: towards an encyclopaedic overview] Sostoyanie i okhrana okruzhayushchei sreda v gorode Permi v 2014 godu [Accessed 12th July 2022]. (in Russian)

8. Buzmakov, S., (ed.), 2012. *Osobo okhranyaemye prirodnye territorii g. Permi* [Specially Protected Natural Areas of the City of Perm]. Perm, 204 p. (in Russian)

9. O sozdanii osobo okhranyaemoi prirodnoi territorii regional'nogo znacheniya – ekologicheskogo parka "Novogaivinskii bor" [On the creation of a protected area of regional level – the ecological park "Novogaivinskii Bor"]: Pravitel'stvo Permskogo kraja. Postanovlenie № 1128-p since 21.12.2022.

10. Shestakov, I., Eremchenko, O. and Fil'kin, T., 2014. *Kartografirovanie pochvennogo pokrova gorodskikh territorii na primere g. Perm'* [Mapping the land cover of urban areas using the city of Perm as an example] Pochvovedenie, (1). pp. 12–21. (in Russian)

РАЗДЕЛ 2. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Обзорная статья
УДК 631.4

Гумусовая мелиорация нарушенных земель: прошлое, настоящее, будущее (обзор)

Валентина Сергеевна Артамонова

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

artamonovavs@yandex.ru, artamonova@issa-siberia.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8606-7975>

Аннотация. Многолетняя добыча каменных углей открытым способом на юге Западной Сибири сопровождается разрушением природных ландшафтов, утратой редких видов флоры, фауны, плодородных почв в лесостепной и степной зоне. Это актуализирует решение проблемы биологической рекультивации нарушенных территорий. В представленном обзоре приведены сведения об объёмах вскрышных пород, погребении ими плодородных земель, перспективах развития почв и угольной промышленности. В статье рассмотрена история применения гумусовой мелиорации нарушенных земель, обеспечивающей привнос стартового плодородия и микробиоты, участвующей в биогенном почвообразовании. Акцентировано внимание на ограниченность наличия гумусированных резервов в сибирском регионе, ухудшение качества отчуждённого плодородного слоя при длительном хранении в буртах. Представлена информация об исходных свойствах отвальных пород, которые выступают в качестве подстилающей породы в искусственно созданных почвоподобных образованиях. Акцентируется внимание на значимость формирования эдафических услуг в корнеобитаемом слое. Подчёркивается необходимость привлечения инновационных разработок для повышения азотного режима технозёмов, а также микробиологических способов улучшения корневого питания фитопоселенцев и повышения их стрессоустойчивости. Данный обзор отражает проблемы сложного и медленного восстановления природной среды, особенно в зоне сухих степей, в результате её быстрого разрушения при недропользовании.

Ключевые слова: гумусовая мелиорация, землевание, технозём, экологическая безопасность

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания, номер госрегистрации темы: ИПА СО РАН № 1210311700316-9.

Для цитирования: Артамонова В. С. Гумусовая мелиорация нарушенных земель: прошлое, настоящее, будущее (обзор) // Антропогенная трансформация природной среды. 2023. Т. 9. № 1. С. 32–45.

SECTION 2. POLLUTION

Review Paper

Humus reclamation of disturbed lands: past, present, future (review)

Valentina S. Artamonova

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia

artamonovavs@yandex.ru, artamonova@issa-siberia.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8606-7975>

Abstract. Long-term open-pit mining of coal in the south of Western Siberia is accompanied by the destruction of natural landscapes, the disappearance of rare species of flora, fauna, fertile soils in forest-steppe and steppe zones. This actualizes the problem of biological reclamation of disturbed territories. The presented review provides information about the volumes of overburden rocks, the burial of fertile lands by them, and the prospects soils and for the development of the coal industry. The article considers the history of the use of humus reclamation of disturbed lands, which ensures the introduction of initial fertility and microbiota involved in biogenic soil formation. Attention is focused on the limited availability of humus reserves in the Siberian region, the deterioration of the quality of the alienated fertile layer during long-term storage in burts. Information is presented on the initial properties of dump rocks, which act as the underlying rock in artificially created soil-like formations. Attention is focused on the importance of the formation of edaphic services in the root layer. The need to attract innovative developments to increase the nitrogen regime of technozems, as well as microbiological ways to improve the root nutrition of phytoplankton and increase their stress resistance is emphasized. This review reflects the problems of complex and slow restoration of the natural environment, especially in the dry steppe zone, as a result of its rapid destruction during subsurface use.

Key words: land use, humus reclamation, waste, technozem, soil, environmental safety

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of State Assignment, the state registration number of the topic: Institute of Soil Science and Agrochemistry of the SB RAS № 1210311700316-9.

For citation: Artamonova, V., 2023. Humus reclamation of disturbed lands: past, present, future (review). *Anthropogenic Transformation of Nature*, 9(1). pp. 32–45. (in Russian)

Введение

На юге Западной Сибири, на территориях с лесостепной и степной растительностью исторически сформировались уникальные природные экосистемы, в том числе почвенные. В 2000 г. лесостепи и степи Кемеровской области и Хакасии включены в состав Алтае-Саянского экорегиона, одного из двухсот в мире, где сохранились редкие виды флоры и фауны. Однако ареалы их распространения сокращаются вследствие активного недропользования.

Административно лесостепные и степные зоны входят в состав Сибирского федерального округа, расположены в Кемеровской области, Красноярском крае, Республике Хакасия. Под почвенно-растительным покровом на относительно небольшой глубине залегают большие запасы различных полезных ископаемых, поэтому ресурсный потенциал этих территорий – это экономически значимый объект антропогенного воздействия [37], отчего сохранение природных наземных экосистем чрезвычайно актуально. В последнее десятилетие расширились и продолжают расти площади, занятые угледобычей, в связи с чем наметилась тенденция вовлечения самих отвалов в процессы восстановления на них прежнего фитообразия.

Реставрация наземных экосистем базируется на «экоцентризме», современной парадигме – от экономических приоритетов к экологическим. Такому подходу способствуют совместные усилия инвесторов, власти, собственников угольных компаний, частных лиц. Ключевую роль в организации природного заказника «Караканский» 2012 г. сыграла Кузбасская топливная компания. Она согласовала создание ООПТ на землях, оформленных в собственность угольной компании, тем самым способствовала сохранению уникального природного комплекса с разнообразными степными экосистемами. В 2013-2017 гг. на территории Кемеровской области и республики Хакасия были организованы комплексные исследования сухопутных экосистем по Проекту Программы развития ООН и Глобального экологического фонда совместно с Минприроды России «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России». В последние 5 лет проведены комплексные фундаментальные исследования растительности, почв и почвоподобных образований, финансово поддержанные РНФ. Они расширили знания о современном состоянии земель, нарушенных 35–40 лет тому назад и вовлеченных в рекультивацию путём землевания. Такая информация необходима для понимания процессов восстановления плодородия и зональной растительности, разработки перспективных обоснованных способов биологической рекультивации.

К настоящему времени действуют Методические рекомендации для реставрации лугово-степной и лесной растительности на отвалах угольной промышленности в Кузбассе [27, 48], национальный стандарт

наилучших доступных технологий [14], ориентированный на восстановление исходного биоразнообразия, в том числе редких видов, на нарушенных землях и земельных участках. Однако существует немало проблем по обеспеченности растений стабильным корневым питанием, по накоплению и образованию гумуса, в котором сосредоточены основные доступные элементы. Не решены вопросы о путях обогащённости гумуса азотом, наиболее дефицитном биогенном элементе в почвоподобных образованиях, а также развитии в них биогенности и биологической активности. Недостаточно изучены технозёмы, созданные во второй половине прошлого столетия путём землевания отвальных пород – привноса на их поверхность потенциально плодородных пород, гумусированной массы, либо одновременно тех и других, для повышения в корнеобитаемом слое запаса доступного питания и ускорения вовлечения подстилающих отвальных пород в почвообразовательные процессы. К настоящему времени информации о последствиях гумусовой мелиорации породных отвалов на процессы восстановления биоты и биологических свойств искусственно созданных почв недостаточно. Цель данной работы заключалась в обобщении имеющихся знаний об истории гумусовой мелиорации отвалов, проблемах и перспективах использования гумусированных масс на объектах техногенных отходов в районах угледобычи.

История гумусовой мелиорации отвальных пород

Впервые нанесение почвенного слоя для восстановления пространств, образованных при открытой добыче угля, было продекларировано в Германии в 1940 г. [68]. В СССР вовлечение плодородного слоя почв вменялось в обязанность землепользователей для повышения малопродуктивных угодий и рекультивации нарушенных земель на законодательном уровне в 1968 г., после выхода Закона № 3401-VII (статья 11) [17]. Землевание – это комплекс работ по снятию, транспортированию и нанесению плодородного слоя почвы и (или) потенциально плодородных пород на малопродуктивные угодья, легкие подзолы, солонцы и другие маломощные почвы [12]. Землевание отвалов в районах угледобычи с использованием гумусового горизонта было ориентировано на улучшение обеспеченности питанием корневых систем растений. Расчётный срок окупаемости капитальных затрат на землевание по результатам ожидаемой дополнительной продукции (на основании достоверных результатов о биологической эффективности гумусовой мелиорации, то есть данных о получении устойчивой прибавки урожая на участках с насыпными почвами по сравнению с контрольными участками) в случае с улучшаемыми малопродуктивными угодьями, превышал 40 лет [34]. Для техногенных почвоподобных образований такой срок не прогновировался, поскольку, рассчитать его было сложно.

В Сибири основные положения по использованию землевания сформулированы в 1981 г. [22]. Они были ориентированы на вовлечение породных отвалов в сельское хозяйство в зонах степи, лесостепи и подтайги. Рекомендовался привнос как плодородной массы почвы, так и лессовидного карбонатного или бескарбонатного суглинка. Благодаря гумусу ожидалось проявление наилучшей обеспеченности корнеобитаемой зоны многолетних культур основными элементами питания. При создании пашен и возделывании на них культур, наиболее требовательных к почвенному плодородию, предварительно формировали насыпный гумусовый горизонт мощностью 20–35 см. Применение экраняющих прослоек против поднятия токсичных солей из отвальных пород не предполагалось, ибо подавляющая часть вскрышных пород угольных месторождений Сибири не содержит фитотоксичных компонентов.

Активное землевание вскрышных пород с применением гумусированной массы на территории Кузбасса, КАТЭКа, Хакасии отмечалось в конце прошлого века. Надежды на интродуцированный гумусированный слой, как источник плодородия, возлагались большие. Но в начале текущего столетия выяснилось, что качество почвенного слоя, складированного в бурты под открытым небом и находящегося в таком состоянии в течение десятилетий, снижается. Согласно нормативному документу о формировании и хранении почв в буртах [13], хранение почвенной массы допускается до 20 лет. За это время физические и агрохимические свойства почв в значительной степени меняются в худшую сторону: теряется агрегация, разрушаются гумусовые вещества, вымывается из гуминовых кислот кальций, снижается содержание нитратов. Кроме этого, в толще буртов развиваются анаэробные процессы, активизируется брожение. Фактически плодородный слой превращается в почвогрунт с нежелательными физико-химическими и биологическими свойствами [25].

В этой связи, была предпринята попытка использовать «свежую» (только что снятую) гумусированную массу в качестве рекультивационного слоя [26]. Законом не запрещается применять свежеснятый слой, но соответствующая технология в нормативных актах не прописана, экономически и юридически не обоснована. Размещение жизнеспособного почвенного слоя (ЖПС) на поверхность отвала отработанного угольного разреза (минуя стадию буртования), дал положительный эффект. Оказалось, что почвенная масса, сохранившая исходные агрохимические, физические и микробиологические свойства, а также содержащая корневища, семязачатки, фрагменты растений, обеспечила возобновление растений, особенно не долговечных, что позволило создать природоподобное растительное сообщество с широким видовым разнообразием и высокой продуктивностью. В другом случае были увеличены мощности привносимого ЖПС – до 40 и 60 см, что способствовало накоплению фитомассы уже за три года развития травостоев лугово-степных видов [28]. Положительный результат показал также вариант с применением меньшей толщи гумусированного слоя, но привносимой

на предварительно размещённый слой потенциально плодородных суглинков.

Однако следует сказать, что реализация варианта с нанесением на отвальные породы увеличенной толщи гумусового для ускорения восстановления фиторазнообразия может быть применима лишь в исключительных случаях, поскольку гумусовый горизонт фоновых почв, подверженных отчуждению имеет небольшую мощность, он по сравнению с европейскими аналогами, короче. Следовательно, вторичное использование гумусированной массы ограничено его исходными ресурсами.

Почвенные ресурсы

Эволюционно сложившиеся почвы в Кемеровской области и Хакасии, которые обладают гумусовым горизонтом и потенциальным плодородием, постепенно сокращают свои площади в результате недропользования. В 2008 г. в Кузбассе около 40–45 % площади Кемеровской области уже было представлено антропогенным ландшафтом, маркируемым в разной степени интенсивными площадными инфракрасными аномалиями (по данным космического мониторинга) [31]. К настоящему времени около 150 тыс. га пахотных земель относится к категории эрозионно опасных и 340 тыс. га, подверженных водной и ветровой эрозии [44]. При этом пахотные угодья уже 40 лет назад обнаруживали признаки снижения запасов гумуса [54], истощение азотного фонда, поскольку главной культурой в регионе были зерновые злаки, пожнивные остатки которых и солома очень бедны азотом [23]. Учитывая, что в составе почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения лидируют чернозёмы, то их деградацию и потерю следует предотвратить, поскольку компенсировать такую утрату невозможно никакими технологиями.

В Республике Хакасия активное аграрное освоение целины в середине прошлого века способствовало расширению площадей пахотных земель, сенокосов и пастбищ, но они быстро подверглись дефляции. К началу XXI в. ветровая эрозия поразила до 50% всех сельхозугодий республики. Пахотные почвы утратили прежний запас гумуса, гумусовый профиль резко сократился. Уже сегодня земли сухостепной зоны преимущественно непахотнопригодны, степной зоны – ограниченно-пахотнопригодны. Фоновые почвы, например каштановые карбонатные, преимущественно солонцеватые, на территории расположения Черногорского угольного месторождения имеют чрезвычайно узкий гумусовый горизонт – менее 12 см [57]. Накоплению гумуса в каштановых почвах сухих степей не способствует гидротермический режим почв. На фоне острого дефицита влаги развивается ксероморфитизация, преобладают мелкодерновинные злаки (ковыль Крылова, типчак, тонконог, змеевка), бедные азотом. Их растительные остатки минерализуются медленно, что ведёт к аккумуляции мортмассы, в которой сосредоточена основная доля (до 82 %) азота. Но в корнеобитаемом слое почв азот дефицитен, его запасы в живых корнях низкие (8–17,8 т/га в слое 0–40 см). В верхнем слое почв (0–10 см) регистрируется лишь 0,16–

0,18 % общего азота [20]. Запасы мортмассы почти в 3 раза выше, чем корней, содержание углерода в ней достигает 9,88 т С/га. При этом запасы углерода в корнях не превышают 1,46 т С/га [59]. Поэтому средняя мощность гумусового горизонта чернозёмов и каштановых почв не превышает 25 см, по степени гумусированности они относятся к слабогумусированным [57]. К тому же в каштановых почвах сухих степей развитие корней приурочено к верхним горизонтам, где преобладают процессы аэробно-биологического разложения. Развитие в них гетеротрофной микрофлоры сдерживается дефицитом влаги и сжатым вегетационным периодом, что не способствует полному разложению злаковой растительности. В сухой степи отмечается слабая степень конденсированности новообразованных органических соединений, поверхностная концентрация запасов гумуса. Основным компонентом гумуса оказываются фульвокислоты, а не гуминовые кислоты (отчасти от преобладания в групповом составе почвенной микрофлоры актиномицетов, способных разлагать гуминовые кислоты). Биогенное почвообразование в степной зоне изначально характеризуются большей ксерофитизацией микробного ценоза, быстрой утилизацией мобильных углеводов, азотистых соединений, торможением разложения лигнизированных компонентов.

Доказано, что распашка степей на территории европейской части страны ведёт к резкому снижению С и N в денсиметрических фракциях [50], особенно низки их показатели в свободном и окклюдированном почвенном органическом веществе (плотностью менее 1,6 г/см³). Относительное содержание азотсодержащих соединений в составе этих частиц во всех распаханых почвах уступает фоновому значению, в залежных вариантах тенденция сохраняется. Не исключено, что в распаханых степях Хакасии, как и при залёживании почв наблюдается такая же картина. Укороченность гумусового горизонта сибирских почв (их фациальная специфика в отличие от европейских аналогов) обуславливает быструю утрату ими ценных свойств.

Не способствует сохранению прежнего качества гумуса в почвах Кузбасса и Хакасии сложившаяся к началу XXI в. и эколого-геохимическая обстановка. В Кузбассе выявляется загрязнение водных и почвенных экосистем [36]. В гумусированном слое почв некоторых районов аккумулируется высокое разнообразие и содержание тяжёлых металлов: 3-4 ПДК, порою загрязнение формируется присутствием подвижных форм двух, трех и даже четырех металлов одновременно [18]. Металлы и неметаллы обнаружены в снежном покрове и растительности, в количествах, превышающих фоновые значения [9, 30], что означает возврат химических соединений в почвы. В Хакасии группа элементов (Zn, Mo, Cu, V, Li, Yb, Pb, Sc) обнаруживает характерное устойчивое превышение регионального кларка в разных типах почв [7, 29, 58]. Коэффициенты концентрации таких элементов превышают 2,3. Элементы относятся к классам опасности (1 класс опасности – Zn и Pb, 2 класс – Cu и Mo, 3 класс – V), поэтому их повышенные концентрации потенциально опасны для людей и животных. Установлено, что Ва,

V, Sr, Yb, а для каштановых почв и чернозёмов обыкновенных также и Zr, имеют кларки концентрации выше допустимого предела (1,2), что связано с влиянием подстилающих пород, особенностями распределения этих элементов на региональном уровне. Таким образом, исходный гумусированный горизонт, востребованный для землевания породных отвалов, может содержать экотоксиканты, что необходимо отслеживать.

Характеристика отвальных пород, вовлекаемых в гумусовую мелиорацию

В Кузбассе вскрышные и вмещающие породы, вовлекаемые в землевание, представляют собой гетерогенную смесь осадочных четвертичных отложений, преимущественно лессовидных покровных суглинков, песчаников, алевролитов и аргеллитов. Иногда песчаники составляют до 78 % горной массы, алевролиты – до 28%, аргиллиты – до 2% [35]. В некоторых разрезах, например Калтанском, вскрышные массы, представлены бурыми некарбонатными глинами и лессовидными иловато-пылеватыми тяжелыми суглинками [45]. Для лессовидных суглинков характерна микроагрегированность, пористость, преимущественно нейтральная реакция среды, насыщенность основаниями, обогащенность биогенными элементами, унаследованными от былых фаз почвообразования. Помимо этого, глинистые минералы способны химически связывать воду, что немаловажно в ситуациях иссушения минеральной поверхности. Алевролиты, обладают сравнительно быстрой способностью к выветриванию, что, в свою очередь, способствует высвобождению глинистых минералов и ила, образованию мелкозёма. Присутствие глинистых минералов с обильными сколами кристаллической решётки и некомпенсированными зарядами увеличивает им катионнообменную способность. Однако в период планирования отвалов и привноса на их поверхность гумусированного слоя, происходит уплотнение технозёмов вследствие механических нагрузок, которые ухудшают агрофизические свойства жизнепригодного субстрата.

На территории степной зоны Усть-Абаканского района (центральная часть Минусинского прогиба) в составе отвалов вскрыши преобладают песчаники, аргиллиты, алевролиты, их углистые разности [58]. Отвальная смесь характеризуется следующими свойствами: рН=7,0–8,6; содержание подвижных форм фосфора достигает 1,9 мг/100 г, обменного калия – до 40 мг/100 г; содержание натрия до 10,0 мг-экв/л; содержание CO₂ карбонатов – до 8,8%. Отвальная масса засолена. Химизм засоления сульфатный, средней мощностью 1,5–2,0 м [57]. В составе вмещающих пород и углистых частицах присутствуют в незначительном количестве органические азотсодержащие соединения, однако многочисленные очаги эндогенных пожаров, причиной возникновения которых являются легковоспламеняющиеся углистые аргиллиты, снижают содержание элементов-биогенов, отчего в корнеобитаемой зоне возникает дефицит доступного питания растениям.

Следовательно, в разных природных зонах вскрышные породы отвалов различаются по своим физико-химическим свойствам.

Приоритеты гумусовой мелиорации

Они определяются в первую очередь острой необходимостью улучшения экологической обстановки в угледобывающих регионах. Создание почвоподобных покрытий с применением гумусированного слоя снижает загрязнение окружающей среды, способствует увеличению зон с возобновляемыми наземными ресурсами. Гумусовое покрытие экранирует породные отвалы, способствует уменьшению углеродного следа в угледобывающих регионах. Одновременно решается вопрос экологической утилизации отчуждённого ранее гумусированного слоя, в том числе длительно складированного в буртах. Оно является единственным эволюционно сложившимся ресурсом плодородия, питательных элементов и микроорганизмов, которые обуславливают биологическую активность вокруг корней растений, как культурных, так и ранее произрастающих в данной зоне, что важно для восстановления прежних сообществ на разрушенных территориях.

В Кузбасском угольном бассейне, формирование отвалов вскрышных пород при открытом способе добычи угля сопровождается ежегодным поглощением земельных угодий до 42 га на 1 млн т добычи угля [55]. Такие потери регистрируются во всем мире, Россия не исключение. Ежегодно под отвалы отчуждается 10–15 тыс. га. Ожидается, что в Кузбассе к 2030 г. площадь отчуждённых земель превысит таковую всеми отработанными и действующими разрезами за весь период развития открытой угледобычи в Кузнецком угольном бассейне. К 2035 г. планируется добыча 427 млн т. угля/год, площадь нарушенных земель – 5,956 тыс. га/год [60]. Под нарушение попадают районы с относительно высокоразвитым сельским хозяйством, что приведёт к существенной потере продуктивных пахотных земель с плодородными, преимущественно чернозёмными почвами [43].

Искусственно созданные почвоподобные образования с насыпным гумусированным слоем частично компенсируют дефицит сенокосных и пастбищных угодий. Наряду с этим перспективно вторичное вовлечение отчуждённого почвенного ресурса в зонах неотложной и первоочередной биологической рекультивации [18], например при осуществлении озеленения населённых мест, создании парков, скверов, резерваций для редких видов и полигонов реставрации бывшего зонального фиторазнообразия, питомников для разведения кустарников и травянистых растений в лесохозяйственных и садоводческих целях. Показано, что на отвалах с землеванием сеянцы берёзы 4–6 летнего возраста демонстрируют лучший результат приживаемости – до 87,5%, превосходя по этому показателю сосну обыкновенную, производство которой для лесной рекультивации в регионе сократилось [15].

В Республике Хакасия высококачественные угли, добываемые издавна открытым способом, располагаются преимущественно в сухостепной зоне под тёмно-каштановыми почвами [38]. Описания угольных месторождений известны с 1772 г., сведения о них сохранились в языке местных народов, например, слово «кара-бас» означает «чёрная голова» на выходе угольного пласта. В 2020 г. объём вскрышных масс достиг

1,958 млрд м³. На территории Черногорского месторождения (около Абакана) за период 2019–2021 гг. объём изъятых вскрышных пород приблизился суммарно к 190 млн м³, в то время как объём самого добытого угля составил около 27 млн т [56], то есть выемка 1 т угля сопровождалась извлечением около 7 тыс. м³ вскрышной породы. В ближайшей перспективе добыча угля открытым способом возрастёт, что неизбежно расширит площади, занимаемые отвалами, сократит запас фоновых почв, в том числе агрогенных, востребованных в настоящее время под пастбища, поскольку в приоритете остаётся развитие грубошерстного овцеводства, мясного скотоводства и табунного коневодства [40]. Не исключено, что создание технозёмов в сухостепной зоне с обеспечением регламентированного использования их под выпас, будет способствовать сохранению животноводческого сектора.

Помимо этого, технозёмообразование в Кузбассе и Хакасии частично уменьшит эмиссию углерода, размер которого увеличился вследствие разрушения почвенно-растительного покрова, экранирующего выбросы CO₂. Экспериментально доказано [24], что лесовидные карбонатные суглинки, которые входят в состав вскрыши, теряют за сравнительно короткий срок нахождения на дневной поверхности (6 лет) значительное количество CO₂ карбонатов, высокодисперсных илистых частиц, вследствие чего потеря веса минеральной массы составляет около 15%.

Для депонирования углерода на отработанных месторождениях каменного угля предлагается облесение отвалов, которое обеспечит сохранение углерода в древесине [48]. Создание лесных природоподобных сообществ обеспечивает накопление 4 т/га углерода в год. За рубежом в качестве «жизнеспособного» варианта предупреждения потерь как углерода, так и азота из почв, в том числе обнажённых, обсуждаются популярные почвопокровные культуры (ячмень, овёс, рожь, реди́с, бобовые) [64–66, 69, 71].

Привнос на отвалы гумусированного слоя неизбежен из-за медленного формирования почв естественным путём. Так, процесс накопления гумуса в ходе естественного зарастания внешних отвалов в лесостепной части на соседствующей с Кузбассом и Хакасией территории – Назаровской котловине (Красноярский край) регистрируется на 3-й год самозарастания, но лишь в слое 0–1 см [8]. В нижележащем слое (1–5 см) самозарастающих отвалов гумусонакопление замедлено. Его накопление в верхнем слое (0–20, 0–30 см) лессовых толщ длится 150–250 лет [16]. Полный гумусовый профиль фиксируется через несколько сотен и тысяч лет [3, 62].

Главной задачей «экологизации» отвалов остаётся создание условий стартового момента формирования экосистем [46], что в полной мере относится и к почвенным экосистемам. Привнос гумусированной массы на породные отвалы – это альтернатива их естественного формирования, но с более расширенными возможностями, поскольку интродуцированный слой обладает наследуемой биогенностью, элементами питания, «памятью почв» – свойстве, на которое неоднократно акцентировал внимание Г.В. Добровольский.

Сообщается, что технозёмы по прошествию 20-летнего сельскохозяйственного использования приближаются по основным агрохимическим показателям к фоновым почвам, за исключением азотного режима [4]. Количество нитратного азота в слое 0-10 см и 10-30 см технозёмов составляет 2,07 мг/100г и 1,85 мг/100г соответственно. Низкое содержание нитратов могло быть обусловлено хранением гумусированной массы в буртах [25], денитрификацией, вызванной присутствием гидрологического барьера над подстилающим техногенным субстратом. Нитраты химически не поглощаются, не формируют ни с одним другим присутствующим катионом трудно растворимые соединения, поэтому легко мигрируют с дождевыми и снеготальными водами. Транзит нитратов мог быть обусловлен отрицательной заряженностью полианионных глин, что позволяет им легко поглощать аммоний (NH_4^+), а нитратные ионы (NO_3^-) – оставаться в почвенном растворе. Помимо этого, высокое содержание в отвалах физической глины – до 50% [4], преобладание гидрослюдисто-монтмориллонитовых минералов, характеризующихся трехслойной кристаллической решеткой, которая расширяется при увлажнении, очевидно, благоприятствуют поглощению катионов, в том числе аммония, экстрамицелярно и интрамицелярно. Дефицит нитратных форм азота мог возникнуть также из-за недостатка содержания аммонифицирующих и строго специализированных нитрифицирующих бактерий (нитритных и нитратных) в связи с коагуляцией бактериальных дисперсий монтмориллонитом [33]. В сорбции могли принимать участие углистые частицы, являющиеся природными сорбентами микроорганизмов [41]. В свою очередь, тяжёлые металлы и полуметаллы могли ослабить процессы разложения азотсодержащих органических остатков.

Изучение микро- и макрокомпонентного состава почвогрунтов на рекультивированных территориях угольных шахт Донбасса выявило в них избыток Zn (выше оптимальных значений в почве для растений) и дефицит Cu [19]. В технозёмах Кузбасса, КАТЭКа, Хакассии по истечению 35-40-летнего срока их функционирования также обнаружено широкое разнообразие тяжёлых металлов и металлоидов [9] при высоких значениях концентраций некоторых из них. Сорбционная способность глин в отношении Pb^{2+} и Cu^{2+} в значительной степени определяется процессами ионного обмена [10]. В тетраэдрических позициях часть ионов кремния (Si^{4+}) замещается на ионы алюминия (Al^{3+}), в октаэдрических позициях – ионами Mg^{2+} и двухвалентного железа (Fe^{2+}). Ионы свинца Pb^{2+} могут находиться в межпакетном пространстве, а также на внешней поверхности глинистых минералов, а, значит, мигрировать в почвенный раствор. В прочносвязанной форме монтмориллонит удерживает около 10% металлов, остальные присутствуют в растворе в прикорневой зоне растений [42].

Повышенное содержание тяжёлых металлов и металлоидов обнаружено в корнеобитаемом слое травянистых растений на рекультивированных участках [5], у истока подотвальных вод [6]. Присутствие мышьяка в значительных количествах не случайно, поскольку месторождения угля в Западной Сибири арсеноносны.

В отвале Бейского угольного разреза (сухая степь, Минусинский бассейн) содержание As в среднем достигает 13,5 г/т, что значительно выше ПДК (2г/т) [1, 61]. Высокое содержание As и некоторых тяжёлых металлов обнаружено в фоновых почвах, эмбриозёмах 40-летних технозёмах и растениях Кузбасса, КАТЭКа и Хакассии [9]. В анаэробных условиях, например формирующихся в зоне контакта технозёма с породой, As может присутствовать в токсичной форме. Кроме того, в этой зоне гидрослюдисто-монтмориллонитовые минералы лессовидных покровных суглинков могли сорбировать широкий набор экотоксикантов, особенно хемогенным путём, в том числе 3-х и 6-валентные формы хрома, которые чрезвычайно генотоксичны и канцерогенны. О повышенном содержании хрома на отвалах Кузбасса сообщалось ранее [18].

В рекультивируемом слое отвала угольного разреза Чалпан, в зоне сухой степи Хакассии, обнаружены чрезвычайно высокие концентрации элементов различных классов опасности, что не позволило использовать его в сельскохозяйственных целях [1, 2]. При биотестировании в экспериментах с использованием тест-объектов: рачков *Daphnia magna*, инфузорий *Paramecium caudatum*, мушек *Drosophila melanogaster* и культуры клеток крови человека установлено негативное воздействие отвалов на живые объекты, оказывающее токсическое действие разной степени.

Снижению вредного действия экотоксикантов, как и повышению доступного минерального питания корням растений, в техногенных ландшафтах, уделяется много внимания. Используются традиционные способы и инновационные предложения.

Для искусственного возмещения утраченного плодородия, например, идёт поиск современных удобрений с «адресным» высвобождением нутриентов (CRF или SRF), приготовленных из минерала суглинков с добавлением мочевины [39]. Предполагается, что высвобождение азота из синтезированных удобрений будет происходить с разной скоростью. На начальной стадии будет расходоваться внешняя азотная микропенка или микропокрытие удобрений, после чего питательным веществом будет выступать интеркалирированная и абсорбированная часть нутриента. Экспериментально установлено, что композиты, полученные путем механической активации смеси мочевины и монтмориллонита, подходят в качестве экологически безопасных, многофункциональных и комплексных минеральных удобрений. Более того, до 23,2 % азота обратимо включается в межслоевое пространство монтмориллонита. Около 20 % азота адсорбируется на поверхности минеральных частиц, около 5% – в микропоровом пространстве глинистых ультрамикроагрегатов [51, 52]. Однако нужно заметить, что процесс нитрификации должен быть строго контролируемым во избежание негативного действия мочевины на рост нитрифицирующих бактерий, как основных участников формирования нитратного фонда вокруг корней.

Заключение

«Услуги экосистем», базирующиеся на климаторегулирующих функциях и формировании глобального углеродного баланса, являются предметом учёта при

международной торговле квотами в рамках Киотского протокола. Не исключено, что в будущем количественные характеристики продукционных, средообразующих и других услуг почвенных экосистем, обретут адекватность их денежного эквивалента в регионах интенсивного многолетнего недропользования, окажутся уместными и учтёнными в долгосрочных проектах восстановления биоразнообразия и возобновления почвенного плодородия. Утраченный природный почвенный капитал будет оцениваться по реальной стоимости компенсационных затрат на возмещение его отдельных составляющих уже на этапе создания искусственных почвоподобных образований. При оценке расходов на восстановление былого качества почв будет признана значимость и специфики эдафических условий, определяющих почвенно-экологическое состояние любого техногенного ландшафта, даже если они относятся к одной категории [11]. Под почвенно-экологическим потенциалом техногенного ландшафта понимается его способность обеспечить перспективы развития почвообразовательных процессов, самовосстановления комплекса свойств и режимов почвы и, в конечном счёте, экосистемы в целом [4]. Биологическая рекультивация породных отвалов в районах отвалов должна учитывать остаточную токсичность субстратов, их жизнестойкость для биоты, реализовать ресурсосберегающие технологии землевания, рационально и целенаправленно использовать отчуждённый гумусированный слой почв. Этот ценный «продукт» почвообразования формировался эволюционно, тысячи лет и он быстро не восполняется. В степной зоне восстановление видовой обилия растений напрямую зависит от эдафического фактора [47]. При этом, эколого-ценотическая структура травянистых сообществ подтайги, лесостепи и степи в современной обстановке почвообразования смещена на одну ступень в сторону ксероморфизма. По нашим наблюдениям в составе диссоциантов азотобактерий в технозёмах по мере продвижения к степи возрастает доля морфотипов, адаптированных к иссушению и инсоляции. Возможно, в технозёмах юга Западной Сибири проявляются признаки миграции почвенных зон, обусловленные ослаблением атмосферного увлажнения и повышением континентальности климата, что в свою очередь влияет на растительность и проявление почвообразовательных процессов [21]. По-видимому, участки с технозёмообразованием можно будет рассматривать в будущем как экоклины.

Технозёмы с привнесённым гумусовым горизонтом – это искусственные почвы, близкие по своей конструкции, свойствам, артефактам и сельскохозяйственной ориентации к реферативной группе Антросоли (Antrosoils) международной системы почв WRB, которые в условиях сухой степи наиболее приближены к группе Ареносоли (Arenosoils). В них проявление эдафических услуг наиболее лимитировано климатическими условиями. Преднамеренное внедрение экологической реинтродукции – переселения (возврата) видов, ранее обитавших в лесостепной и степной зоне, но потом исчезнувших по вине человека, должно учиты-

вать особенности почвенной среды в условиях техногенеза. Улучшение корневого питания таких реинтродуцентов и ускорения их физиолого-биохимической адаптации к новым условиям обитания требует разных подходов. Искусственно созданные технозёмы – это не полнопрофильные почвы, а почвоподобные тела с двумя горизонтами. Верхний горизонт – привнесённый плодородный, нижний горизонт – это минеральная порода, медленно вовлекаемая в образование горизонта вымывания продуктов распада органических остатков, поэтому все биогенные запасы сосредоточены исключительно в нём. Высвобождающиеся при разложении органических остатков и гумуса элементы зольного и азотного питания быстро вовлекаются в биологический круговорот. Гумусообразование в технозёмах происходит в условиях напряжённости микробиологических процессов, особенно в степях. В них априори формируются менее сложные гумусовые вещества и подвижные гуминовые кислоты. Преобладание минерализации над гумификацией не способствует накоплению гумуса. Помимо всего сказанного важно обратить внимание на состав микробиоты, обеспечивающей протекание процессов минерализации, гумификации, азотфиксации, а также её метаболическую активность в корнеобитаемом слое технозёмов. Стабильности корневого питания растений в технозёмах будут способствовать микробные препараты, в составе которых присутствуют живые культуры ассоциативных и симбиотических микроорганизмов, продукты их метаболизма. Некоторые микроорганизмы и их инокулянты уже используются в биологической рекультивации нарушенных земель в районах угледобычи [52]. Другие представители рассматриваются как потенциал для биорекультивации, поскольку участвуют в преобразовании минерального субстрата [32], продуцируют соединения стимулирующего действия, участвуют в формировании симбиотрофных отношений [70], повышают стрессоустойчивость растений к абиотическим нагрузкам [63], в том числе солевым [67]. При разработке эффективных микробных биодобавок следует ориентироваться на высокоактивные штаммы и их адаптационные возможности. У разных видов и штаммов микроорганизмов предел адаптационных возможностей на используемый субстрат, экстремальные факторы среды (рН, ионы металлов и металлоидов) разный. Интродукция чужеродных штаммов в новые экосистемы, в том числе искусственно созданные почвоподобные тела, малоперспективна. Наиболее эффективными окажутся местные популяции, особенно их диссоциированные особи, наиболее адаптированные к новым условиям обитания, и, возможно, наиболее экологически безопасные.

Список источников

1. *Азарова С.В.* Отходы горнодобывающих предприятий и комплексная оценка их опасности для окружающей среды (на примере объектов республики Хакасия): Автореф. ... дис. канд. с.-х. наук: 25.00.36. Томск, 2005. 21 с.

2. Азарова С.В., Язиков Е.Г., Ильинских Н.Н. Оценка экологической опасности отходов горнодобывающих предприятий республики Хакасия с применением метода биотестирования // Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 4. С. 55–59.
3. Александровский А.Л. Педогенез на датированных поверхностях: скорость ЭПП // История развития почв СССР в голоцене: Тез. докл. всес. научн. конф., Пуцино, 4–7 декабря 1984 г. / отв. за вып.: В.М. Алифанов, В.А. Демкин; отв. ред. О.В. Макеев. Пуцино: Научный центр биологических исследований [НЦБИ] АН СССР, 1984. С. 54–56.
4. Андроханов В.А., Курачёв В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2010. 224 с.
5. Артамонова В.С., Бортникова С.Б. Биогеохимическая характеристика корнеобитаемого слоя травянистых растений на рекультивированных участках техногенных отходов // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2022. Вып. 2. С. 155–163.
6. Артамонова В.С., Бортникова С.Б., Оплеухин А.В. Техногенное загрязнение почв подотвальными водами в районе угледобычи // Известия Коми научного центра УрО РАН. №4 (28). 2016. С. 38–45.
7. Архипов А.Л. Геоэкологическое и экогеохимическое состояние геологической среды Южно-Минусинской котловины (республика Хакасия): Автореф. ... дис. канд. геол.-мин. наук: 25.00.36. Томск, 2011. 23 с.
8. Афанасьев Н.А. Процессы почвообразования в ходе сукцессии // Сукцессии и биологический круговорот. Новосибирск: Наука. 1993. С. 124–136.
9. Богуславский А.Е., Андроханов В.А., Колмагорова Ю.О., Ужогова А.А., Госсен И.Н., Саева О.П. Геохимический фон тяжёлых металлов в почвах и растениях на участках отвалов угольных месторождений // Известия АО РГО. 2021. №2 (61). С. 40–49.
10. Везенцев А.И., Трубицын М.А., Голдовская-Перистая Л.Ф., Воловичева Н.А. Сорбционная очистка почв от тяжёлых металлов // Научные ведомости Белгородского гос. университета. 2008. №3 (43). С. 172–175.
11. Гаджиев И.М., Курачев В.М., Андроханов В.А. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. 37 с.
12. ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения // Охрана природы земли. М.: Изд-во стандартов, 2002. 13 с. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/43745/?ysclid=lfbz3goau5835790447> (дата обращения: 17.03.2023).
13. ГОСТ 17.4.3.02-85. Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ. М.: Стандартинформ. 2008. 2 с. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004382> (дата обращения: 18.03.2023); URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/29224/> (дата обращения: 29.03.2023).
14. ГОСТ Р 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия. М.: Стандартинформ. 2019. 23 с. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/64416/> (дата обращения: 29.03.2023).
15. Дремова М.С., Яковченко М.А. Мониторинг фитоценозов рекультивированных земель Кемеровской области // Методы и методики мониторинга окружающей природной среды техногенных ландшафтов: материалы науч.-практ. семинара. Кемерово, 30 октября 2012 г. / отв. редкол.: И.А. Ганиева, Е.А. Измулкина. Кемерово: Кемеровский ГСХИ, 2012. С. 18–21.
16. Етеревская Л.В., Лехциер Л.В., Михневская А.Д., Ланта Е.И. Почвообразование в техногенных ландшафтах на лессовых породах // Техногенные экосистемы: организация и функционирование. Новосибирск: Наука, 1985. С. 107–134.
17. Закон СССР «Об утверждении Основ земельного законодательства Союза ССР и союзных республик», 1968. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=37756&ysclid=lfbzj1aafa481569980> (дата обращения: 27.03.2023).
18. Заушенцева А.И., Кожевников Н.В. Биорекультивационное районирование Кузбасса // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 1-2 (61). С. 20–25.
19. Зубова Л.Г., Харламова Ф.В. Эдафические условия рекультивированных терриконов // Агрэкологічний ж. 2012. С. 41–47. URL: <https://www.researchgate.net/publication/348714738> (дата обращения: 16.03.2023).
20. Кадычегова А.Н. Запасы азота в чернозёмах и каштановых почвах и его основные потоки в агроценозах Минусинской котловины: Автореф. ... дис. канд. с-х. наук: 03.00.27. Красноярск, 2008. 18 с.
21. Каллас Е.В. Почвоведение с основами геологии и агроэкологического землепользования. Часть II. Томск: ТГУ., 2011. URL: <https://soil.tsu.ru/wp-content/uploads/2020/05/.pdf> (дата обращения: 26. 03.2023).
22. Кандрашин Е.Р. Проведение сельскохозяйственной рекультивации земель, нарушенной при открытой добыче каменных углей в зонах степи, лесостепи и подтайги Сибири // Биологическая рекультивация земель в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука. 1981. С. 5–7.
23. Клёнов Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео». 2000. 176 с.
24. Корсунов В.М. Автоморфное почвообразование в системе возвышенностей и кряжей восточного и юго-восточного окаймления Западно-Сибирской равнины: Автореф. ... дис. докт. биол. наук: 03.00.12. Новосибирск, 1984. 48 с.
25. Кожевников Н.В., Заушенцева А.В. Проблема хранения плодородного слоя почвы в горнодобывающей отрасли промышленности // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 1 (61). С. 10–14.
26. Куприянов А.Н., Манаков Ю.А., Куприянов О.А., Шатилов Д.А. Реконструкция почвенно-растительного слоя на поверхности отвалов в Кузбассе // Уголь. 2021. № 2. С. 46–52.

27. Куприянов А.Н., Уфимцев В.Н., Манаков Ю.А., Стрельникова Т.О., Куприянов О.А. Методические рекомендации по реставрации лугово-степной растительности в Кузбассе. Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2017. 28 с.
28. Куприянов А.Н., Куприянов О.А., Манаков Ю.А., Шатилов Д.А. Изменение продуктивности отвалов угольных предприятий Кузбасса при реконструкции растительного покрова // Ботаника. 2022. № 9(123). С. 1–6. URL: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.123.33> (дата обращения: 27.03.2023).
29. Кырова С.А., Швабенланд И.С., Кыров В.В. Геоэкологическая оценка территории Абакано-Черногорского промышленного района республики Хакасии // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 304. С. 198–203. URL: https://sun.tsu.ru/rnminfo/000063105/304/im-age/304_198-203.pdf (дата обращения: 17.03.2023).
30. Ламанова Т.Г., Шеремет Н.В. Агрофитоценозы на отвалах в южной части Кузнецкой котловины. Новосибирск: ЗАО ИПП «ОФСЕТ», 2010. 226 с.
31. Литвиненко В.С., Пашкевич Н.В., Шувалов Ю.В. Экологическая емкость природной среды Кемеровской области. Перспективы развития промышленности // Экобюллетень ИнЭка-консалтинг. 2008. № 3(128). С. 28–34. URL: <https://ineca.ru/index.php?dr=library&library=bulletin/2008/0128/009> (дата обращения: 20.03.2023).
32. Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т. Влияние микроорганизмов на минеральный состав и свойства грунтов // Вестник Пермского университета. Серия Геология. 2012. Вып. 3 (16). С. 47–55.
33. Никовская Г.Н., Гарбара С.В. Коагуляция бактериальных дисперсий с помощью монтмориллонита // VI съезд Украинского микробиологического общества: Тез. докл. Донецк, июнь 1984 г. Киев: Наукова Думка. 1984. Ч. 1. С. 167.
34. Овчинников В.А. О снятии плодородного слоя почв и использовании его для повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий // Современные методы изучения, охраны и использования земель. М.: ГИЗР, 1975. С. 72–77.
35. Потапов В.А., Мазикин В.П., Счастливец Е.Л., Вашилаева Н.Ю. Геоэкология угледобывающих районов Кузбасса. Новосибирск: Наука. Сиб отделение, 2005. 660 с.
36. Просянкин В.И., Просянкина О.И. Агроэкологическая оценка агрогенных почв степного ядра лесостепи Кузнецкой котловины по содержанию тяжелых металлов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. № 12. С. 28–30.
37. Реймерс Н.Ф. Экология: теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Россия молодая. 1994. 367 с.
38. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г., Арбузов С.И., Шатилов А.Ю., Язиков В.Г., Худяков В.М. Путеводитель по району геоэкологической практики в Хакасии. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 91 с.
39. Рудмин М.А., Рева И.В., Якич Т.Ю., Соктоев Б.Р., Буяков А.С., Табакаев Р.Б., Ибраева К. Монтмориллонит как перспективный композитный минерал для создания современных удобрений // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 1. С. 14–22.
40. Савостьянов В.К. Использование земель Хакасии и сопредельных территорий для ведения земледелия // Почвы Хакасии, их использование и охрана: материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию М.Г. Танзыбаева. Абакан, 19–20 января 2012 г. / отв. ред. В.К. Савостьянов. Абакан: ООО Кооператив “Журналист”, 2012. С. 199–209.
41. Салата О.В. Сравнительная оценка адсорбционных свойств природных сорбентов в отношении энтеровирусов // VI съезд Украинского микробиологического общества: Тез. докл. Донецк, июнь 1984 г. / отв. ред. В.В. Смирнов. Киев: Наук. Думка, 1984. Ч.1. С. 171–172.
42. Середина В.П. Загрязнение почв. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. 346 с.
43. Середина В.П., Овсянникова С.В. Оценка гумусного состояния почв естественных экосистем основных почвенно-географических зон Кузбасса // Вестник КрасГАУ. 2019. № 12. С. 32–37.
44. Томилин К.В. Оценка эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения региона // Экономика и предпринимательство. 2016, № 8(73). С. 536–541.
45. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. 300 с.
46. Уфимцев В.И. Опыт и современное состояние лесной рекультивации в Кузбассе // Сибирский лесной ж. 2017. № 4. С. 12–27.
47. Уфимцев В.И., Андроханов В.А., Куприянов О.А., Уфимцев Ф.Г. Плодородный слой почвы как фактор восстановления зональных фитоценозов на отвалах угольной промышленности // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2019. № 6. С. 64–71.
48. Уфимцев В.И., Куприянов А.И. Карбоновые фермы – отвалы угольных предприятий Кузбасса // Уголь. № 11. 2021. С. 56–69.
49. Уфимцев В.Н., Манаков Ю.А., Куприянов А.Н. Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности в Кузбассе. Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2017. 44 с.
50. Фарходов Ю.Р. Молекулярный состав лабильного и стабильного органического вещества типичных чернозёмов разного вида использования: Автореф. ... дис. канд. биол. наук: 03.02.13. М.: МГУ, 2022. 24 с.
51. Филисюк Г.Н. Получение и эффективность применения новой формы капсулированной мочевины под картофель на выщелоченном чернозёме Тюменской области: Автореф. ... дис. канд с.-х. наук: 06.01.04. Тюмень, 2004. 17 с.

52. Филисюк Г.Н. Экономическая эффективность применения капсулированной мочевины с ингибиторами уреазы при выращивании картофеля на выщелоченном черноземе Тюменской области // *Аграрная наука на современном этапе: Сб. науч. тр. Тюмень, 2004. С. 178–181.*
53. Харинковский А.А., Данилова М.Ю. Рекультивация земель в угольной промышленности // *Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. № 3. 2017. С. 72–77.*
54. Хмельёв В.А., Танасиенко А.А. Чернозёмы Кузнецкой котловины. Новосибирск: Наука, 1983. 256 с.
55. Ческидов, Боблььский, 2017. Ческидов В.И., Боблььский А.С. Технологическо-экологические аспекты отвалобразования вскрышных пород на разрезах Кузбасса // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. № 5. С. 96–104.*
56. Шаповаленко Г.Н. Итоги работы разреза «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия» за 2020 год и перспективы на 2021 год // *Уголь. 2021. № 8. С. 23–25.*
57. Швабенланд И.С., Карпухина И.В. К вопросу о рекультивации отвалов горнодобывающего предприятия «Черногорская угольная компания» // *Молодой учёный. 2011. Т. 1, № 11(34). С. 94–98. URL: <https://moluch.ru/archive/34/3919/> (дата обращения: 19.03.2023).*
58. Швабенланд И.С., Мажерский Ю.А. Геолого-почвенная характеристика Минусинского прогиба на примере Черногорского каменноугольного месторождения // *Агрохимический вестник. 2011. № 6. С. 2–6.*
59. Швабенланд И.С. *Запас лабильного органического вещества в почвах Хакасии // Геоэкологические проблемы почвоведения и оценки земель: материалы Международной научной конференции. Томск, 2012 г. / отв. ред. Л.И. Герасько. Томск: ТГУ, 2012. Т.1. С. 210–211.*
60. Шутько Л.Г., Самородова Л.Л. Углеродный след и эффект декаплинга в угледобыче Кузбасса // *Уголь. № 2. 2022. С. 61–66.*
61. Язиков Е.Г., Худяков В.М., Азарова С.В. Отвалы горнодобычного производства: комплексная оценка токсичности (на примере объектов Республики Хакасия) // *Известия вузов. Геология и разведка. 2003. № 3. С. 93–97.*
62. Anderson D.W. Early stages of soil formation on glacial till mine spoils in semiarid climate // *Geoderma. 1977. Vol. 19. P. 11–19.*
63. Baker R., Pokem D.S., Ilangumaran G., Lamont D., Praslikova D., Richchi E., Subramanian S., Svit D.L. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture // *Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9. 40 p. URL: <https://www.frontiersin.org/> (дата обращения: 15.06.2020).*
64. Delgado J.A., Dillon M.A., Sparks R.T., Essah S.Y. A decade of advances in cover crops // *Journal of Soil and Water Conservation. 2007. Vol. 62. P. 110A–117A.*
65. Delgado J., Barrera V., Alwang J., Villacis A., Ayala Y., Neer D., Monar C., López L. Potential use of cover crops for soil and water conservation, nutrient management and adaptation to climate change in the tropics // *Advances in agronomy. Vol. 165. 2021. P. 175–247. <https://www.researchgate.net/publication/346870410>; <https://www.sciencedirect.com/bookseries/advances-in-agronomy> (дата обращения: 08.11.2022).*
66. Delgado J.A., Gantzer C.J. The 4Rs for cover crops and other advances in cover crop management for environmental quality // *Journal of soil and water conservation. 2015. Vol. 70. N. 6. P. 142A–145A.*
67. Diagne N., Ndour M., Djighaly I.P., Ngom D., Ngom M. C. N., Ndong G., Svistoonoff S., Silini H.C. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) on Salt Stress Tolerance of Casuarina obesa (Miq. // *Frontiers in Sustainable Food Systems. 2020. Vol. 4. P. 1–8. URL: <https://www.researchgate.net/publication/346966925> (дата обращения: 21.03.2023).*
68. Ignatyeva M., Yurak V., Pustokhina N. Recultivation of Post-Mining Disturbed Land: Review of Content and Comparative Law and Feasibility Study // *Resources. 2020. Vol. 9 (6). N. 73. P. 1–17. URL: https://mdpi-res.com/d_attachment/resources/resources-09-00073/article_deploy/resources-09-00073.pdf (дата обращения: 03.03.2023)*
69. Keestra S., Nunes J., Novara A., Finger D., Avelar D. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services // *Science of the Total Environment. 2018. Vol. 610. P. 997–1009. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.077>*
70. Lambers H., Mougel C., Jaillard B., Hinsinger Ph. Plant – microbe-soil interaction in the rhizosphere: an evolutionary perspective // *Plant Soil. 2009. Vol. 321. P. 83–115.*
71. Porwollik V., Rolinski S., Heinke J., Werner von Bloh., Schaphoff S., Müller C. The role of cover crops for cropland soil carbon, nitrogen leaching, and agricultural yields-A global simulation study with LPJmL (V. 5.0-tillage-cc) // *Biogeosciences. 2021. Vol. 9. 24 p. URL: <https://doi.org/10.5194/bg-2021-215> (дата обращения: 08.11.2022).*

References

1. Azarova, S., 2005. *Okhody gornodobyvayushchej promyshlennosti i kompleksnaya ocenka ih opasnosti dlya okruzhayushchej sredy (na primere obyektov respubliky Hakassiya)* [Waste from the mining industry and a comprehensive assessment of their danger to the environment (on the example of objects of the Republic of Khakassia)]. Ph.D. (Agriculture). Abstract. Tomsk, 21 p. (in Russian)
2. Azarova, S., Yazikov, E. and Il'inskih, N., 2004. [Environmental hazard assessment of waste from mining enterprises of the Republic of Khakassia using the method of biotesting]. *Proceedings of Tomsk Polytechnic University. 307, pp. 55–59.* (in Russian)
3. Alexandrovsky, A., 1984. *Pedogenesis on dated surfaces: EPP speed. In: Makeev, O.(ed.). The history of the development of soils of the USSR in the Holocene: Proceedings of All-Russian Scientific Conference, 4-7 December, 1984, Pushchino, Russia. Pushchino, Scientific Center for Biological Research [NCBI] of the USSR Academy of Sciences, pp. 54–56.* (in Russian)

4. Androkhonov, V. and Kurachchev, V., 2010. *Pochvenno-ecologicheskoe sostoyanie tehnogennyh landshaftov: dinamika i ocenka* [Soil-ecological state of technogenic landscapes: dynamics and assessment]. Novosibirsk, Publishing SB RAS. 224 p. (in Russian)
5. Artamonova, V., and Bortnikova S., 2022. Biogeochemical characteristics of the root layer of herbaceous plants on recultivated areas of technogenic waste. *Bulletin of the Perm University. Biology series*, 2, pp. 155–163. (in Russian).
6. Artamonova, V., Bortnikova S., and Opleukhin A., 2016. Technogenic pollution of soils by subsurface waters in the coal mining area. *Izvestiya Komi scientific Center UrO RAS*, 4(28), pp. 38–45. (in Russian)
7. Arkhipov, A. 2011. *Geologicheskoe i ekogeohimicheskoe sostoyanie geologicheskoy sredy Yuzhno-Minusinskoj kotloviny* [Geoecological and ecogeochemical state of the geological environment of the South Minusinsk basin (Republic of Khakassia): Ph.D. (Geologiya). Abstract. Tomsk, 23 p. (in Russian)
8. Afanasyev, N., 1993. *Processy pochvoobrasovaniya v hode sukcesii* [Processes of soil formation during succession]. *Sukcessii i biologicheskij krugovorot*. Novosibirsk, Nauka, pp. 124–136. (in Russian)
9. Boguslavsky, A., Androkhonov, V., Kolmagorova, Yu., Uzhegova, A., Gossen, I. and Saeva O., 2021. *Geohimichij fon tyazholyh metallov v pochvah i rasteniyah na uchastkah otvalov ugol'nyh mestorozhdenij* [Geochemical background of heavy metals in soils and plants in the areas of coal deposits dumps]. *Izvestiya AO RGO*, 2 (61), pp. 40–50. (in Russian)
10. Vezentsev, A., Trubitsyn, M., Goldovskaya-Peristaya, L. and Volovicheva, N., 2008. *Sorbcionnaya ochistka pochv ot tyazholyh metallov*. [Sorptions purification of soils from heavy metals]. *Scientific Vedomosti Belgorod State university*. 3 (43), pp. 172–175. (in Russian)
11. Gadzhiev, I., Kurachev, V. and Androkhonov, V., 2001. *Strategiya i perspektivy resheniya problem rekultivatsii narushennyh zemel'*. [Strategy and prospects for solving problems of recultivation of disturbed lands]. Novosibirsk, TSARIS, 37 p. (in Russian)
12. GOST 17.5.1.01-83. *Ohrana prirody. Recultivatsiya zemel'. Terminy i opredeleniya*, 2002. [Nature conservation. Land reclamation. Terms and Definitions]. *Ohrana prirody zemli*. M.: Publishing House of standards, 13 p. Available from: <https://internet-law.ru/gosts/gost/43745/?ysclid=1fbz3goau5835790447> [Accessed: 17 Marth 2023].
13. GOST 17.4.3.02-85. *Ohrana prirody. Pochvy. Trebovaniya k ohrant plodorodnogo sloya pochvy pri proizvodstve zemlyanyh rabot*, 2008. [Nature conservation. Soil. Requirements for the protection of fertile soil layer in the production of earthwork]. *Ohrana prirody*. M.: Standartinform, 2 p. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200004382> [Accessed: 18 Marth 2023]; <https://internet-law.ru/gosts/gost/29224> [Accessed: 29 Marth 2023].
14. GOST R 57446-2017. *Nailuchshie dostupnye tehnologii. Rekultivatsiya narushennyh zemel' i zemelnyh uchastkov. Vosstanovlenie biologicheskogo raznoobraziya*, 2019. [The best available technologies. Reclamation of disturbed lands and land plots. Restoration of biological diversity]. M.: Standartinform, 23 p. Available from: <https://internet-law.ru/gosts/gost/64416/> [Accessed: 29 Marth 2023].
15. Dremova, M., Yakovchenko, M., 2012. *Monitoring of phytocenoses of cultivated lands of the Kemerovo region*. In: *Ganieva, I. and Izmutina, E. (ed.). Methods and techniques for monitoring the natural environment of technogenic landscapes: Proceedings materials of scientific and practical seminar, 30 October 2012. Kemerovo, Russia. Kemerovo: Kemerovo State Agricultural Academy*, pp. 18–21. (in Russian)
16. Eterevsckaya, L., Lekhtsier, L., Mikhnevskaya, A. and Lapta, E., 1985. *Pochvoobrazovanie i tehnogennyh landshaftah na lessovyh porodah* [Soil formation in technogenic landscapes on loess rocks]. *Tehnogennye ekosistemy: organizatsiya i funkcionirovanie tkosistem*. Novosibirsk, Nauka, pp. 107–134. (in Russian)
17. *Zakon SSSR «Ob utverzhdenii Osnov zemel'nogo zakonodatel'stva Soyuza SSR i soyuznyh respublik*. [The Law of the USSR "On the approval of the Fundamentals of the land legislation of the USSR and the Union Republics"]. 1968. Moscow, VVC SSSR. 21 p. Available from: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=37756&ysclid=1fbzj1aafa481569980> (Accessed: 27 Marth 2023).
18. Zaushintsena, A. and Kozhevnikov, N., 2015. *Biorekul'tivatsionnoe rajonirovanie Kuzbassa* [Biorecultivation zoning Kuzbass]. *Bulletin of Kemerovo State University*. 1-2(61), pp. 20–25. (in Russian)
19. Zubova, L. and Kharlamova, F., 2012. *Edafik usloviya rekultivirovannyh terrikonov*. [Edaphic conditions of recultivated landfills]. *Agroecologichny zh.*, pp.41–47. Available: <https://www.researchgate.net/publication/348714738> (Accessed: 16 Marth 2023).
20. Kadychegova, A., 2008. *Zapasy azota v chernozemah i kashtanovyh pochvah i ego osnovnye potoki v agrozenozah Minusinskoj kotloviny* [Nitrogen reserves in chernozems and chestnut soils and its mainflows in agroecosystems of the Minusinsk basin]. Ph. D. (Agriculture) Abstract. Krasnoyarsk. 18 p. (in Russian)
21. Kallas, E., 2011. *Pochvovedenie s osnovami geologii i agroekologicheskogo zemlepol'zovaniya* [Soil science with the basics of geology and agroecological land use]. Part II. Tomsk: TSU. Available from: <https://soil.tsu.ru/wp-content/uploads/2020/05/pdf> (Accessed: 26 Marth 2023).
22. Kandrashin, E., 1981. *Provedenie sel'skohozytstvennoj rekultivatsii zemel, narushennyh pri otkrytoj dobyche kamennyh uglej v zonah stepi, lesosteoi i podtajgi Sibiri* [Carrying out agricultural recultivation of lands disturbed during open mining of coal in the steppe, forest-steppe and subtaiga zones of Siberia]. *Biologicheskaya rekultivatsiya zemel v Sibiri i na Urale*. Novosibirsk: Nauka, pp. 5–7. (in Russian)
23. Klenov, B., 2000. *Ustojchivost' gumusa avtomorfnyh pochv Zapadnoj Sibiri* [Stability of humus of automorphic soils of Western Siberia]. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, Geo branch. 176 p. (in Russian)
24. Korsunov, V., 1984. *Avtomorfnoe pochvoobrazovanie v sisteme vozvyshennostej i krazhej vostochnogo okajmleniya Zapadno-Sibirskoi ravniny* [Automorphic soil

formation in the system of hills and ridges of the eastern and southeastern framing of the West Siberian plain]. PH. D. (Soil science). Abstract. Novosibirsk. 48 p. (in Russian)

25. Kozhevnikov, N. and Zaushintsena A., 2015. Problema hraneniya plodorodnogo sloya pochvy v gornodobyvayushchej otrasli promyshlennosti [The problem of storage of the fertile soil layer in the mining industry // *Bulletin of Kemerovo State University*, 1 (61), pp. 10–14. (in Russian)

26. Kupriyanov, A., Manakov, Yu., Kupriyanov, O. and Shatilov D., 2021. Rekonstrukciya pochvenno-rastitel'nogo pokrova na povtrhnosti otvalov v Kuzbasse [Reconstruction of the soil-vegetation layer on the surface of dumps in Kuzbass]. *Coal*, 2, pp. 46–52. (in Russian)

27. Kupriyanov, A., Ufimtsev V., Manakov, Yu., Strelnikova, T. and Kupriyanov, O., 2017. Metodicheskie rekomendacii po restavracii lugovo-stepnoj rastitel'nosti v Kuzbasse [Methodological recommendations for the restoration of meadow-steppe vegetation in Kuzbass]. Kemerovo, KREOO "Irbis". 28 p. (in Russian)

28. Kupriyanov, A., Kupriyanov, O., Manakov, Yu. and Shatilov, D., 2022. Izmenenie produktivnosti otvalov ugol'nyh predpriyatij Kuzbassa pri rekonstrukcii rastitel'nogo pokrova [Changes in the productivity of dumps of coal enterprises of Kuzbass during the reconstruction of vegetation cover]. *Botany*, 9 (123), pp. 1–6. Available from: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.123.33> (Accessed: 27 March 2023). (in Russian)

29. Kyrova, S., Shvabenland I. and Kyrov V., 2007. Gtoekologicheskaya ozenka territorii Abakano-Chernogorskogo promyshlennogo rajona respubliki Hakasii [Geoecological assessment of the territory Abakan-Chernogorsky industrial district of the Republic of Khakassia]. *Tomsk State University Journal*, 6 p. Available from: https://sun.tsu.ru/mminfo/000063105/304/image/304_198-203.pdf (Accessed: 17.03.2023) (in Russian)

30. Lamanova, T. and Sheremet N., 2010. *Agrofitocenozы na otvalah yuzhnoj chaste Kuzneckoj kotloviny* [Agrophytocenoses on dumps in the southern part Kuznetsk Basin]. Novosibirsk, Publishing house "Offset". 226 p. (in Russian)

31. Litvinenko, V., Pashkevich, N. and Shuvalov, Yu., 2008. Ekologicheskaya emkost' prirodnoj sredy Kemerovskoi oblasti. Perspektivy razvitiya promyshlennosti [Ecological capacity of the natural environment of the Kemerovo region. Industrial development prospects]. *Eco bulletin InEka-consulting*, 3(128), pp. 28–34. Available from: <https://ineca.ru/index.php?dr=library&library=bulletin/2008/0128/009> (Accessed: 20 Marth 2023). (in Russian)

32. Maksimovich, N. and Khmurchik V., 2012. Vliyanie mikroorganizmov na mineral'nyj sostav i svojstva gruntov [The influence of microorganisms on the mineral composition and properties of soils]. *Bulletin of the Perm University. Geology series*, 3(16), pp. 47–55. (in Russian)

33. Nikovskaya, G. and Garbara S., 1984. *Coagulation of bacterial dispersions using montmorillonite*. In: Collection of materials of VI Congress of the Ukrainian Microbiological Society June 1984, Donetsk. Kiev: Naukova Dumka, Part 1, p. 167. (in Russian)

34. Ovchinnikov, V., 1975. O snyatii plodorodnogo sloya pochv i ispol'zovanii ego dlya povysheniya produktivnosti sel'skohozyajstvennyh ugodij [On removing the fertile soil layer and using it to increase the productivity of agricultural land]. *Sovremennye metody izucheniya, ohrany i ispol'zovaniya zemel*. Moscow, GIZR, 1975, pp. 72–77. (in Russian)

35. Potapov, V., Mazikin, V., Shchastyantsev E. and Vashlaeva N., 2005. *Geoekologiya ugledobyvayushchih rajonov Kuzbassa* [Geoecology of coal mining areas of Kuzbass]. Novosibirsk, Nauka. 660 p. (in Russian)

36. Prosyannikov, V. and Prosyannikova, O., 2010. Agroekologicheskaya ozenka agrogennyh pochv stepnogo yadra lesostepi Kuzneckoj kotloviny po sodержaniyu tyazhelyh metallov [Agroecological assessment of agrogenic soils of the steppe core of the forest-steppe of the Kuznetsk basin on the content of heavy metals]. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 12, pp. 28–30. (in Russian)

37. Reimers, N., 1994. *Ekologiya: teorii, zakony, pravila, principy i gipotezy* [Ecology: theories, laws, rules, principles and hypotheses]. Moscow, Young Russia, 367 p. (in Russian)

38. Rikhvanov, L., Yazikov, E. Arbuzov, S., Shatilov, A., Yazikov, V. and Khudyakov V., 2012. *Putevoditel' po rajonu geologicheskoy praktiki v Hakasii* [Guide to the area of geoecological practice in Khakassia]. Tomsk, Publishing House of Tomsk Polytechnic University. 91 p. (in Russian)

39. Rodmin, M., Reva, I., Yakich, T., Soktoev, B., Buyakov, A., Tabakaev, R. and Ibraeva, K., 2021. Monmorillonit kak perspektivnyj kompozitnyj mineral dlya sozdaniya sovremnyh udobrenij [Montmorillonite as a promising composite mineral for the creation of modern fertilizers]. *Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering*, 332 (10), pp. 14–22. (in Russian)

40. *Savostyanov, V., 2012. The use of the lands of Khakassia and adjacent territories for Farming. Savostyanov, V. (ed.). Soils of Khakassia, their use and protection: Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 85th anniversary of M.G. Tanzybayev, 19–20 January 2012, Abakan, Russia. Abakan: LLC "Cooperative Journalist", pp. 199–209. (in Russian)*

41. Salata, O., 1984. *Comparative assessment of the adsorption properties of natural sorbents in relation to enteroviruses. Smirnov, V. (ed.). VI Congress of the Ukrainian Microbiological Society: Proceedings, Junio 1984, Donetsk, SSSR. Kiev: Nauk. Dumka, 1. pp. 171–172. (in Russian)*

42. Seredina, V., 2015. *Zagryaznenie pochv* [Soil pollution]. Tomsk: Publishing House of the Tomsk University. 346 p. (in Russian)

43. Seredina, V., Ovsyannikova, S., 2019. Ozenka gumusnogo sostoyaniya pochv estestvennyh ekosistem osnovnyh pochvenno-geograficheskikh zon Repbassa [Assessment of the humus state of soils of natural ecosystems of the main soil-geographical zones of Kuzbass]. *Bulletin of KrasGAU*, 12, pp. 32–37. (in Russian)

44. Tomilin, K., 2016. Ozenka effektivnosti ispol'zovaniya zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya regiona [Evaluation of the efficiency of the use of agricultural land in the region]. *Economics and entrepreneurship*, 8 (73), pp. 536–541. (in Russian)

45. Trofimov, S., 1975. *Ekologiya pochv i pochvennye resursy Kemerovskoy oblasti* [Soil ecology and soil resources of the Kemerovo region]. Novosibirsk, Nauka, 300 p. (in Russian)
46. Ufimtsev, V., 2017. Opyt i sovremennoe sostoyanie lesnoj rekul'tivacii [Experience and current state of forest reclamation in Kuzbass]. *Siberian Forest railway*, 4, pp. 12–27. (in Russian)
47. Ufimtsev, V., Androkhonov V., Kupriyanov O. and Ufimtsev F., G. 2019. Plodorodnyj sloj pochvy kak factor vosstanovleniya zonal'nyh fitozonozov na otvalah ugol'noj promyshlennosti [Fertile soil layer as a factor of restoration of zonal phytocenoses on coal industry dumps]. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 6. pp. 64–71. (in Russian)
48. Ufimtsev, V. and Kupriyanov A., 2021. Karbonovye fermy – otvaly ugol'nyh predpriyatij Kuzbassa [Carbon farms – dumps of coal enterprises of Kuzbass]. *Coal*, 11, pp. 56–69. (in Russian)
49. Ufimtsev V., Manakov, Yu. and Kupriyanov A., 2017. Metodicheskie rekomendacii po lesnoj rekul'tivacii narushennyh zemel' na predpriyatiyah ugol'noj promyshlennosti v Kuzbasse [Methodological recommendations on forest reclamation of disturbed lands at coal industry enterprises in Kuzbass]. Kemerovo, "Irbis". 44 p. (in Russian)
50. Farkhodov, Yu., 2022. Molekulyarnyj sostav labil'nogo i stabil'nogo organicheskogo veshchestva tipichnyh chernozemov raznogo vida ispol'zovaniya [Molecular composition of labile and stable organic matter of typical chernozems of different types of use]: Ph. D. (Soil science) Abstract. Moscow: MSU, 24 p. (in Russian)
51. Filisyuk G., 2004. Poluchenie i effektivnost' primeneniya novoj formy kapsulirovannoj mocheviny pod kartofel' na vyshchelochennom chernozrme Tyumenskoj oblasti [Obtaining and efficiency of application of a new form of encapsulated urea for potatoes on leached chernozem of the Tyumen region]. Ph. D. (Agrochemistry) science: Abstract. Tyumen, 17 p. (in Russian)
52. Filisyuk, G., 2004. Ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya kapsulirovannoj mocheviny s inhibitorami ureazy pri vyrashchivanii kartofelya na vyshchelochennom chernozeme Tyumenskoj oblasti [Economic efficiency of the use of encapsulated urea with urease inhibitors when growing potatoes on leached chernozem of the Tyumen region]. *Agrarnaya nauka na sovremennom etape*. Tyumen, 2004, pp. 178–181. (in Russian)
53. Kharionovsky, A. and Danilova, M., 2017. Rekul'tivaciya zemel' v ugol'noj promyshlennosti. [Land reclamation in the coal industry]. *Industrial Safety*, 3, pp. 72–77. (in Russian)
54. Khmelev, V. and Tanasiyenko, A., 1983. Chernozemy Kuznezkoj kotloviny. [Chernozems of the Kuznetsk basin]. Novosibirsk, Nauka. 256 p. (in Russian)
55. Cheskidov, V. and Bobylsky, A., 2017. Tehnologo-ekologicheskie aspekty otvaloobrasovaniya vskryshnyh porod na razresah Kuzbassa [Techno-ecological aspects of overburden formation in Kuzbass sections]. *Physico-technical problems of mineral development*, 5, pp. 96–104. (in Russian)
56. Shapovalenko, G., 2021. Itogi raboty razreza "Chernogorskiy" OOO "SUEK-Hakasiya" za 2020 god i perspektivy na 2021 god [Results of the work of the Chernogorsky section of SUEK-Khakassia LLC for 2020 and prospects for 2021]. *Coal*, 8, pp. 23–25. (in Russian)
57. Shvabenland, I., Karpukhina I., 2011. K voprosu o rekul'tivacii otvalov gornodobyvayushchego predpriyatiya "Chernogorskaya ugol'naya kompaniya" [On the issue of recultivation of dumps of the mining enterprise "Montenegrin coal Company". *Young scientist*, 1, 11(34), pp. 94–98. (in Russian)
58. Shvabenland, I. and Majorsky, Yu., 2011. Gtologo-pochvennaya harakteristika Minusinskogo progiba na primere Chernogorskogo kamennougol'nogo mestorozhdeniya [Geological and soil characteristics of the Minusinsk trough on the example of the Montenegrin coal deposit]. *Agrochemical Bulletin*, 6. pp. 2–6. (in Russian)
59. Shvabenland, I., 2012. Reserves of labile organic matter in the soils of Khakassia. In: Gerasjko, L. (ed.). *Geoecological problems of soil science and land assessment: Proceedings of the International Scientific Conference, 2012, Tomsk, Russia. Tomsk: TSU. Bd.1, pp. 210–211. (in Russian)*
60. Shutko, L. and Samorodova, L., 2022. Uglerodnyj sled i effekt dekaplinga v ugledobyche Kuzbassa [Carbon footprint and decoupling effect in Kuzbass coal mining]. *Coal*, 2, pp. 61–66. (in Russian)
61. Yazikov, E., Khudyakov, V. and Azarova S., 2003. Otvaly gornodobychnogo proizvodstva: kompleksnaya ocenka toksichnosti (na primtre obyektov Respubliki Hakaciya [Dumps of mining production: a comprehensive assessment of toxicity (on the example of objects of the Republic of Khakassia)]. *Izvestiya vuzov. Geology and exploration*, 3, pp. 93–97. (in Russian)
62. Anderson, D. 1977. Early stages of soil formation on glacial till mine spoils in semiarid climate. *J. Geoderma*. 19, pp. 11–19.
63. Baker, R., Pokem, D., Ilangumaran, G., Lamon, D., Praslikova, D., Richchi, E., Subramanian, S. and Svit D. 2018. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 9. 40 p. Available from: <https://www.frontiersin.org/>
64. Delgado, J., Dillon M., Sparks R. and Essah S., 2007. A decade of advances in cover crops. *Journal of Soil and Water Conservation*. 62. P. 110A-117A.
65. Delgado, J., Barrera, V., Alwang, J., Villacis, A., Ayala, Y., Neer, D., Monar, C. and López L. 2021. Potential use of cover crops for soil and water conservation, nutrient management and adaptation to climate change in the tropics. *Advances in agronomy*. 165. P. 175–247. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/346870410>; <https://www.sciencedirect.com/bookseries/advances-in-agronomy>
66. Delgado, J. and Gantzer, C. 2015. The 4Rs for cover crops and other advances in cover crop management for environmental quality. *Journal of soil and water conservation*. 70(6). P. 142A–145A.
67. Diagne, N., Ndour, M., Djighaly I., Ngom, D., Ngom, M., Ndong, G., Svistoonoff, S. and Silini H., 2020. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) on Salt Stress

Tolerance of *Casuarina obesa* (Miq). *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 4. P. 1–8. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/346966925>

68. Ignatyeva, M., Yurak, V., Pustokhina, N., 2020. Recultivation of Post-Mining Disturbed Land: Review of Content and Comparative Law and Feasibility Study. *Resources*. 9(6). P. 1–17. Available from: https://mdpi-res.com/d_attachment/resources/resources-09-00073/article_deploy/resources-09-00073.pdf

69. Keestra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D. and Avelar D., 2018. The superior effect of nature based solu-

tions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of the Total Environment*. 610. P. 997–1009. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv>

70. Lambers, H., Mougél, C., Jaillard, B., Hinsinger Ph., 2009. Plant – microbe-soil interaction in the rhizosphere: an evolutionary perspective. *Plant Soil*. 321. P. 83–115.

71. Porwollik, V., Rolinski, S., Heinke, J., Werner von Bloh., Schaphof, S. and Müller C., 2021. The role of cover crops for cropland soil carbon, nitrogen leaching, and agricultural yields-A global simulation study with LPJmL (V. 5.0-tillage-cc). *Biogeosciences*. 9. 24 p. Available from: <https://doi.org/10.5194/bg-2021-215>

Статья поступила в редакцию 12.04.2023; одобрена после рецензирования 22.04.2023; принята к публикации 28.04.2023.

The article was submitted 12.04.2023; approved after reviewing 22.04.2023; accepted for publication 28.04.2023.

РАЗДЕЛ 2. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Оригинальная научная (исследовательская) статья
УДК: 504.453

Биотестирование реки Ивы и ее притоков методом измерения оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer)

Леонид Сергеевич Кучин¹, Екатерина Александровна Немчанинова²

^{1,2} Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

¹ kleond@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5283-5681>

² nem4aninova.e@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8334-8939>

Аннотация. В статье дается оценка качества воды в реке Иве (г. Пермь), а также ее притоках: Большая Ива, Малая Ива, Талажанка и Уинка. Качество воды в реках оценивалось при помощи метода токсикологического контроля. Метод основан на измерении оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). Данный метод биотестирования, благодаря более высокой чувствительности, относительно химических методов анализа, предоставляет возможность комплексной оценки содержания загрязняющих веществ в водной среде. По итогу проведенной работы получены данные об изменении степени токсичности воды от истоков рек к их устьям. Снижение оптической плотности хлореллы и рост степени токсичности наблюдались для вод реки Ивы и всех ее притоков, кроме реки Уинка. Для реки Ива выявлено снижение оптической плотности на 58% относительно устья, что может быть связано с возрастающей степенью застройки берегов реки. Величина токсичной кратности разбавления (ТКР) для всех рек колеблется от 3,95 до 32,43, что свидетельствует об изменении качества воды от среднетоксичной до сильнотоксичной. Воды в реке Большая Ива обладают наименьшей токсичностью.

Ключевые слова: малые реки, оценка качества воды, *Chlorella vulgaris* Beijer, биотестирование, ТКР, оптическая плотность хлореллы

Для цитирования: Кучин Л.С., Немчанинова Е.А. Биотестирование реки Ивы и ее притоков методом измерения оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) // Антропогенная трансформация природной среды. 2023. Т. 9. № 1. С. 46–53.

SECTION 2. POLLUTION

Original Paper

Biotesting of the Iva River and its tributaries by measuring the optical density of *Chlorella vulgaris* Beijer

Leonid S. Kuchin¹, Ekaterina A. Nemchaninova²

^{1,2} Perm State University, Perm, Russia

¹ kleond@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5283-5681>

² nem4aninova.e@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8334-8939>

Abstract. The article gives an assessment of the quality of water in the Iva River (Perm), as well as its tributaries: Bolshaya Iva, Malaya Iva, Talazhanka and Uinka. The quality of water in the rivers was assessed using the method of toxicological control. The method is based on measuring the optical density of a culture of algae chlorella (*Chlorella vulgaris* Beijer). This biotesting method, due to its higher sensitivity relative to chemical methods of analysis, provides an opportunity for a comprehensive assessment of the content of pollutants in the aquatic environment. As a result of the work carried out, data were obtained on the change in the degree of toxicity of water from the sources of rivers to their mouths. A decrease in the optical density of chlorella and an increase in the degree of toxicity were observed for the waters of the Iva River and all its tributaries, except for the Uinka River. For the Iva River, a decrease in optical density by 58% relative to the mouth was revealed, which may be associated with an increasing degree of development of the river banks. The value of the toxicity dilution factor (TDF) for all rivers ranges from 3.95 to 32.43, which corresponds to a change in water quality from moderately toxic to highly toxic. The waters in the Bolshaya Iva River are the least toxic.

Key words: small rivers, water quality assessment, *Chlorella vulgaris* Beijer, biotesting, toxicity dilution factor (TDF), optical density of chlorella

For citation: Kuchin, L., Nemchaninova, E., 2023. Biotesting of the Iva River and its tributaries by measuring the optical density of *Chlorella vulgaris* Beijer. *Anthropogenic Transformation of Nature*, 9(1), pp. 46–53. (in Russian)

Введение

Качество и состояние вод малых рек города Перми имеют высокое значение для состояния городской среды. При этом прослеживается тенденция к снижению данных показателей [2,9]. Необходим контроль качества природных вод для успешного решения проблем рациональной эксплуатации биологических ресурсов водоемов всех типов и обеспечения человека чистой (биологически полноценной) водой [11].

Химический состав вод малых рек городов многокомпонентный и формируется в процессе протекания малых рек по территориям промышленных зон, сельскохозяйственных районов и населенных пунктов. Именно многокомпонентность состава влияет на изменения состава биоты малых рек [4].

Решение проблем необходимо начинать с оценки интенсивности биологического самоочищения водоемов и оценки степени загрязнения водных объектов. В подобном случае целесообразно использование технологий биотестирования [10].

Методы биологического тестирования и индикации чувствительнее химических методов анализа, поэтому с их помощью можно оценить синергическое действие токсикантов и биологические эффекты сверхмалых концентраций [11, 15]. Физико-химические методы анализа не всегда позволяют провести полноценную оценку зависимости токсического воздействия загрязняющего вещества от физических факторов среды [5]. Также биотестирование на основе микроводорослей более дешевый метод оценки, относительно химического анализа [13]. Водоросли способны давать большое количество популяций за короткий период времени, что также является преимуществом биомониторинга [19].

Для биотестирования водных объектов [16]: городских рек [20] и карьерных вод [17] различной степени загрязненности перспективно использование альгологически чистых культур микроводорослей *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Chlamydomonas* и др.; из синезеленых водорослей – *Microcystis phanizomenon*, *Anabaena*; из эвгленовых водорослей – *Euglena gracilis* и из диатомовых водорослей *Stephanodiscus Hantzshii* и т.д. [7].

При помощи ингибирования роста *Chlorella vulgaris* в воде анализируются такие элементы как: As, Zn и Pb [14]. Проверено воздействие на водоросли оксидов ZnO, TiO₂, NiO [12]. Явное негативное воздействие на рост *Chlorella vulgaris* оказывают нефтепродукты, в частности, фенолы [18]. Помимо углеводородов данный биоиндикатор позволяет фиксировать токсичное воздействие углеродных наночастиц [21].

По изменению оптической плотности тест-культуры зеленой протококковой водоросли хлорелла *Chlorella vulgaris* Beijer в лабораторных условиях, возможно, определять острую токсичность проб поверхностных вод. Методика регистрирует различия в величине оптической плотности тест-культуры водоросли хлорелла, которая выращивается на среде, не содержащей токсических веществ и тестируемых проб, в которых эти вещества могут присутствовать [3,6].

Задачи исследования:

1. Провести измерение оптической плотности культуры хлореллы в пробах, отобранных на реке Ива и ее притоках.

2. Оценить изменение полученных значений оптической плотности хлореллы на протяжении всего водотока речной системы реки Ива.

3. Рассчитать величину токсичной кратности разбавления и на ее основе оценить токсичность воды в пробах относительно фона и контрольной среды.

Материал и методика

Отбор проб воды для биотестирования на реке Иве и ее притоках (Большая Ива, Малая Ива, Талажанка, Уинка), осуществлялся согласно ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 [8] и ГОСТ 31942-2012 [1]. Всего отобрано 15 проб: на реке Иве около истока, устья и в местах впадения притоков; на самих притоках около истока и устья. Фоновой точкой являлась точка №1, расположенная у истока реки Малая Ива, поскольку данный участок наименее подвержен антропогенному воздействию.

Биотестирование на тест-объекте *Chlorella vulgaris* проводилось по методике, допущенной для целей государственного экологического контроля: «Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления» [8].

Токсичность оценивали по двум показателям:

1) Снижение на 20% и более (подавление роста) или увеличению на 30% и более (стимуляция роста) величины оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течение 22 ч на тестируемой среде по сравнению с ее ростом на контрольной среде, приготовленной на дистиллированной воде;

2) Ростом на 30% и более или снижением на 20% и более величины оптической плотности культуры водоросли по сравнению с фоновым показателем (проба №1 Исток р. Малая Ива).

Для каждой пробы рассчитывалась величина токсичной кратности разбавления (далее – ТКР), которая представляет собой кратность разбавления при которой токсический эффект отсутствует.

Для расчета ТКР использовалась формула (стимуляции роста 30% и выше):

$$TKP = 10^{((lgP_6 - lgP_m) \times (I_m - 0,3)) / (I_m - I_6)} + lgP_m$$

где, P₆ – величина разбавления (наибольшая), при которой индекс отклонения был ниже критерия токсичности; P_m – величина разбавления (меньшая), при которой индекс отклонения был выше критерия токсичности; I₆ и I_m – величины соответствующих этим разбавлениям индексов I, выраженные в долях. В качестве P₆ и P_m используется та пара наибольших разбавлений, между которыми имеет место переход индекса I величины установленного критерия токсичности.

$$I = (D\bar{k} - D\bar{o}) / (D\bar{k}) \times 100$$

где, D \bar{k} и D \bar{o} – средние значения оптической плотности в контроле и в опыте, соответственно.

Отбор проб воды на биотестирование осуществлялся с 14 по 28 октября, даты отбора проб представлены в таблице 1 / table 1.

Таблица 1

Даты места отбора проб для биотестирования

Table 1

Dates of sampling sites for biotesting

Номер пробы // Sample number	Дата // Date	Место отбора проб // Sampling location
1	2022/10/14	Исток р. Малой Ивы // The source of the Malaya Iva river
2	2022/10/14	Исток р. Большой Ивы // The source of the Bolshaya Iva river
3	2022/10/14	Среднее течение р. Большой Ивы // The middle course of the Bolshaya Iva river
4	2022/10/18	Устье р. Малой Ивы // The estuary of the Malaya Iva river
5	2022/10/18	Устье р. Большой Ивы // The estuary of the Bolshaya Iva river
6	2022/10/18	Слияние рек Большой и Малой Ивы // The confluence of Bolshaya Iva river and Malaya Iva river
7	2022/10/28	Устье р. Уинки // The estuary of the Uinka river
8	2022/10/28	р. Ива до впадения р. Уинки // Iva river to the confluence of the Uinka river
9	2022/10/19	р. Ива после впадения р. Уинки // Iva river after the confluence of the Uinka river
10	2022/10/19	р. Ива до впадения р. Талажанки // Iva river to the confluence of the Talazhanka river
11	2022/10/19	р. Ива после впадения р. Талажанки // Iva river after the confluence of the Talazhanka river
12	2022/10/27	Устье р. Талажанки // The estuary of the Talazhanka river
13	2022/10/27	Около устья р. Ивы // Near the estuary of the Iva river
14	2022/10/27	Исток р. Талажанки // The source of the Talazhanka river
15	2022/10/28	Исток р. Уинки // The source of the Uinka river

Результаты и обсуждение

В ходе биотестирования была получена оптическая плотность хлореллы. Для этого обработано 15 проб воды, в четырех повторностях.

Изменение оптической плотности хлореллы от истока до устья реки Ива и ее притоков представлены в таблице 2 / table 2.

Амплитуда изменения оптической плотности хлореллы является отрицательной для всех рек кроме реки Уинки. Отрицательные значения свидетельствуют о том, что качество воды в реках постепенно снижается.

Самая низкая амплитуда выявлена для участка реки Ива начинающегося от впадения р. Уинка и заканчивающегося впадением р. Талажанка. От устья до истока р. Ива наблюдается наиболее сильное снижение показателя плотности хлореллы. Снижение связано с возрастающей антропогенной нагрузкой в виде повышения плотности городской застройки берегов. В водах р. Уинке показатель плотности от истока к устью возрос на 0,038.

Среднее значения оптической плотности хлореллы в местах отбора проб на р. Иве и ее притоках представлены на рис. 1 / fig. 1.

Таблица 2

Изменение оптической плотности хлореллы в пробах реки Ива

Table 2

Changes in *Chlorella* optical density in Samples from the Iva River

Река // River	Оптическая плотность хлореллы (Доля снижения оптической плотности хлореллы, %) // <i>Chlorella</i> optical density (Percentage of reduction in optical density of <i>chlorella</i> , %)			
	Исток // Source	Устье // Estuary	Амплитуда устье-исток // Amplitude estuary-source	Среднее // Average
Ива // Iva	0,071 (100)	0,041(58)	-0,030	0,059 (83)
Ива (часть от впадения р. Большой Ивы до впадения р. Уинки) // Iva (part of the confluence of the Bolshaya Iva river to the confluence of the Uinka river)	0,054 (76)	0,074 (104)	0,020	0,064 (90)
Ива (часть от впадения р. Уинки до впадения р. Талажанки) // Iva (part of the confluence of the Uinka to the confluence of the Talazhanka)	0,055 (77)	0,064 (90)	0,009	0,060 (84)
Ива (часть от впадения р. Талажанки до устья) // Iva (part of the confluence of the Talazhanka river to the Estuary)	0,060 (85)	0,041 (58)	-0,019	0,051 (71)
М. Ива // Malaya Iva	0,071 (100)	0,051 (70)	-0,021	0,061 (85)
Б. Ива // Bolshaya Iva	0,077 (108)	0,063 (89)	-0,014	0,071 (100)
Талажанка // Talazhanka	0,065 (92)	0,042 (59)	-0,023	0,054 (75)
Уинка // Uinka	0,024 (34)	0,062 (87)	0,038	0,043 (61)

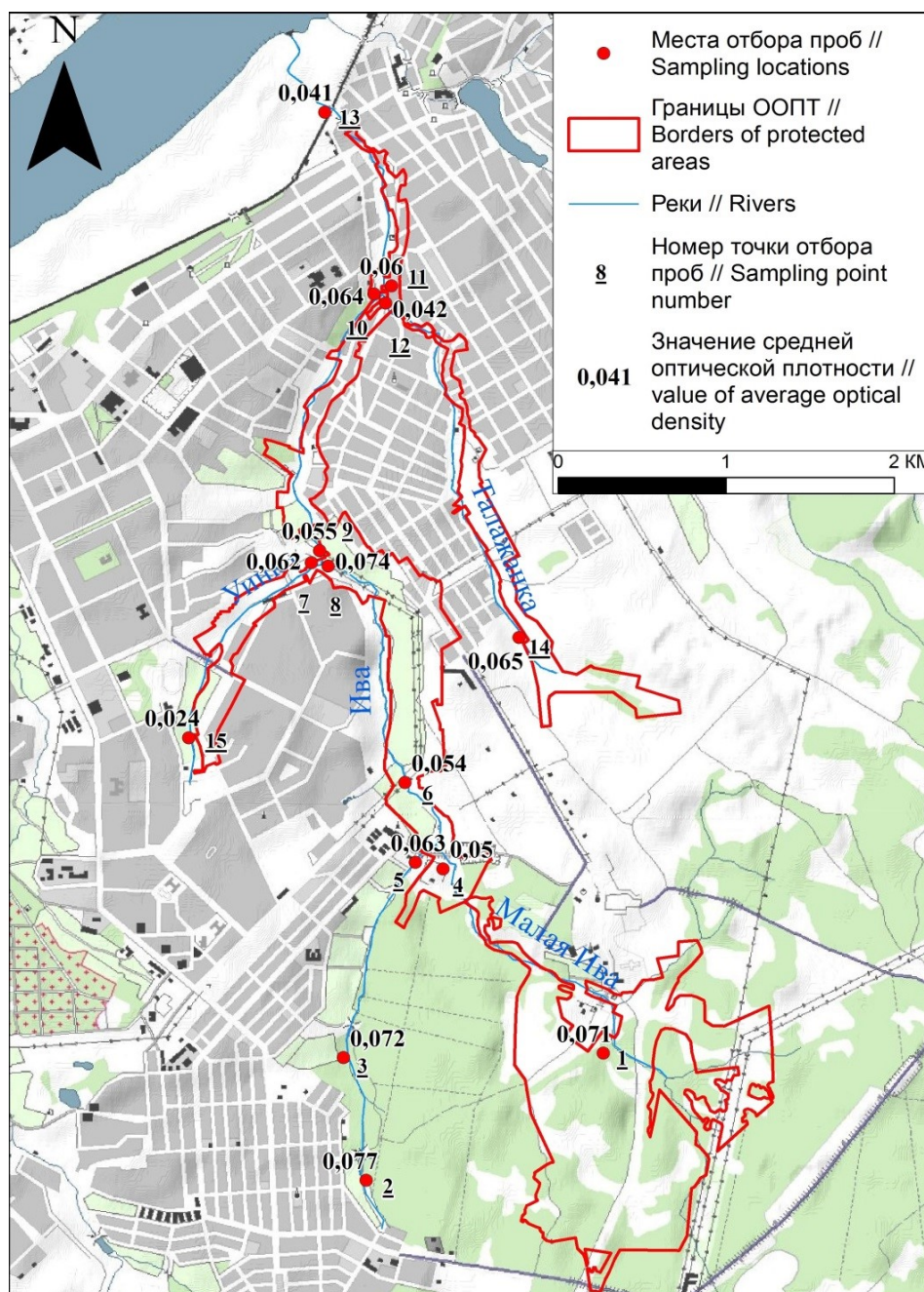


Рис. 1. Карта средней оптической плотности хлореллы в водотоках реки Ивы
Fig. 1. Map of the average optical density of chlorella in the watercourses of the Iva River

Относительно фонового значения оптической плотности (точка № 1 исток р. Малая Ива) максимальное снижение среднего значения наблюдается для р. Уинки и составляет 39%. Для реки Ивы максимальное снижение среднего значения оптической плотности зарегистрировано на участке от впадения р. Талажанки до устья и составило 71%, что на 29% меньше, чем в фоновой точке. В реке Большая Ива средняя оптическая

плотность равна фоновой (0,071). Сильное снижение в точке № 9 относительно точек № 8 и № 7, может быть вызвано тем, что река Уинка в момент впадения в реку Ива протекает через трубу.

Для реки Ива фиксировалось увеличение показателя ТКР от истока к устью (3,95; 5,67) (таблица 3 / table 3), что говорит о загрязнении вод ниже по течению и соответствует среднетоксичному качеству воды.

Таблица 3

Токсичная кратность разбавления (ТКР) в пробах на анализируемых реках

Table 3

The toxicity dilution factor (TDF) in the samples on the analyzed rivers

<i>Река // River</i>	<i>Величина ТКР // The value of the TDF</i>	<i>Качество воды // Water quality</i>	<i>ТКР (превышение фонового значения) // TDF (Excess of the background value)</i>
Исток р. Малой Ивы // The source of the Malaya Iva river	3,95	Среднетоксичная // Medium toxic	1,00
Устье р. Малой Ивы // The estuary of the Malaya Iva river	4,20	Среднетоксичная // Medium toxic	1,06
Исток р. Большой Ивы // The source of the Bolshaya Iva river	13,76	Токсичная // Toxic	3,48
Среднее течение р. Большой Ивы // The middle course of the Bolshaya Iva river	14,83	Токсичная // Toxic	3,75
Устье р. Большой Ивы // The estuary of the Bolshaya Iva river	32,43	Сильнотоксичная // Highly toxic	8,21
Слияние рек Большой и Малой Ивы // The confluence of Bolshaya Iva river and Malaya Iva river	8,61	Токсичная // Toxic	2,18
р. Ива до впадения р. Уинки // Iva river to the confluence of the Uinka river	5,98	Среднетоксичная // medium toxic	1,51
Исток р. Уинки // The source of the Uinka river	9,00	Токсичная // Toxic	2,28
Устье р. Уинки // The estuary of the Uinka river	6,24	Среднетоксичная // medium toxic	1,58
р. Ива после впадения р. Уинки // Iva river after the confluence of the Uinka river	7,04	Среднетоксичная // medium toxic	1,78
р. Ива до впадения р. Талажанки // Iva river to the confluence of the Talazhanka river	6,15	Среднетоксичная // medium toxic	1,56
Исток р. Талажанки // The source of the Talazhanka river	4,14	Среднетоксичная // medium toxic	1,05
Устье р. Талажанки // The estuary of the Talazhanka river	5,31	Среднетоксичная // medium toxic	1,34
р. Ива после впадения р. Талажанки // Iva river after the confluence of the Talazhanka river	6,68	Среднетоксичная // medium toxic	1,69
Около устья р. Ивы // Near the estuary of the Iva river	5,67	Среднетоксичная // medium toxic	1,44

Максимальная величина ТКР (32,43) наблюдается в устье р. Большой Ивы (до пересечения реки ул. Самаркандской, на северо-западе от Лыжной базы "Динамо"); минимальная ТКР – в истоке р. Малой Ивы, (3,95).

Рост величины ТКР в направлении от истока к устью наблюдается для изученных водотоков кроме р. Уинки.

Дискуссия

По данным [2], полученным таким же методом, величина ТКР малых рек города Перми Данилихи и Егошихи так же увеличивается от истока к устью. Так, ТКР в устье р. Данилихи – 38,6 (сильнотоксичное), в истоке р. Данилихи 14,1 (сильнотоксичное), в устье р. Егошихи – 42,2 (сильнотоксичное), в истоке р. Егошихи – 33,6 (сильнотоксичное). Напротив, в р. Малой Язовой наблюдается обратная тенденция: устье – 0 (не оказывает острого токсического действия), исток – 6,7 (среднетоксичное).

Проведенное нами биотестирование также показывает, что основной тенденцией для большинства исследованных рек является снижение средней оптической плотности хлореллы и рост величины ТКР от истока к устью. Исключением из этой тенденции являются:

река Уинка и участок среднего течения реки Ивы. При этом наибольшее повышение значения оптической плотности для реки Ивы наблюдается на участке от слияния рек Малой и Большой Ивы. Улучшение качества воды может быть вызвано впадением ручьев и притоком из ключей.

Для реки Ивы величина ТКР в истоке составила 3,95 (среднетоксичное), а в устье 5,67 (среднетоксичное). Ухудшение качества воды в реке связано с возрастающей антропогенной нагрузкой в виде повышения плотности городской застройки берегов. Также подобное ухудшение качества воды в малых реках связывают с низкой самоочищающей способностью свойственной таким водотокам [10].

Среди всех участков реки Ивы наибольшее снижение качества воды выявлено от впадения р. Талажанки до устья реки Ивы. Данный участок обладает наибольшей степенью застройки берегов, а река местами проходит через трубы под дорогами. В схожих условиях протекает река Уинка – перед впадением в реку Иву, на этом участке также наблюдается резкое снижение оптической плотности и рост величины ТКР.

Как и всем малым рекам, Иве и её притокам свойственно: малая водообеспеченность, малая глубина и низкая скорость течения – что приводит ухудшению

разбавления загрязнений, поступивших от антропогенных источников. Наличие антропогенного воздействия может являться следствием отсутствия относительно строгого природоохранного статуса, установленных нормативов природопользования и категории природопользования [9].

Выводы

1. Для реки Ивы выявлено снижение оптической плотности хлореллы от истока к устью. Однако для участка течения реки Ивы после слияния рек Малой и Большой Ивы наблюдается незначительный рост. Так же снижение оптической плотности свойственно всем водотокам притоков реки Ива кроме реки Уинка. Снижение оптической плотности свидетельствует об ухудшении качества воды в реках, и связано с постепенно возрастающей антропогенной нагрузкой на водосборный бассейн реки Ивы.

2. При сравнении значений оптической плотности хлореллы в водотоках системы реки Ивы с фоновым значением, полученным на участке с наименьшей антропогенной нагрузкой (исток р. Малой Ивы), снижение на 20% и более наблюдалось для воды в устье всех рек кроме реки Уинки и Большой Ивы. Это свидетельствует о приобретении токсических свойств для вод всех рек кроме реки Уинки и реки Большой Ивы.

3. Изменение показателя ТКР показывает увеличение токсичности для всех водотоков (кроме реки Уинки) речной системы реки Ивы по направлению от истока к устью.

Сведения об авторском вкладе

Л.С. Кучин – сбор данных, интерпретация данных, работа с иностранными источниками, введение, дискуссия, выводы, оформление статьи.

Е.А. Немчанинова – обработка данных, работа с русскоязычными источниками, введение, результаты, выводы.

Contribution of the authors

L.S. Kuchin – data collection, data interpretation, work with foreign sources, introduction, discussion, conclusions, article design.

E.A. Nemchaninova – data processing, work with Russian-language sources, introduction, results, conclusions.

Список источников

1. ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006) Отбор проб для микробиологического анализа [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097811> (дата обращения: 06.02.2023).

2. Жукова М.В. Биотестирование малых рек Перми методом измерения оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды: Сборник материалов всероссийской школы-семинара, посвященной памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка, Пермь, 21–22 апреля 2022 года / Под редакцией С. А. Бузмакова. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2022. С. 232–236.

3. Жулидов А.В., Хоружая Т.А., Предеина Л.М., Бакаева Е.Н., Морозова Е.В. Рекомендации. Методы токсикологической оценки загрязнения пресноводных

экосистем. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Москва, 1994. 136 с.

4. Козлова А.В., Зуева Н.В. Экологическое состояние малой реки: оценка с использованием композитных индексов // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2021. № 5. С. 32–44. <https://doi.org/10.17076/eco1455>

5. Кошелева И.С., Косарев А.В., Савина К.А., Панкратова Ю.А. Перспективы гигиенического мониторинга поверхностных водисточников с применением микроводорослей рода *Chlorella* как биотест-объектов // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: Материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием, Пермь, 11–15 октября 2021 года / Под редакцией А.Ю. Поповой, Н. В. Зайцевой. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2021. С. 51–59.

6. Курынцева П.А., Галицкая П.Ю. Методы биотестирования применяемые для оценки токсичности объектов окружающей среды (Методические указания к специальному практикуму по прикладной экологии). Казань: Казан. ун-т. 2018. 43 с.

7. Онерхан Г., Дурмекбаева Ш.Н., Ахметова Н.П. Биотестирование загрязненности озера Копа с помощью клеток *Chlorella* sp-3K // Вестник науки и образования. 2019. № 18(72). С. 25–28.

8. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Москва. 2014. 36 с.

9. Сагитова Э.Т., Хотяновская Ю.В. Оценка качества вод малых рек Г. Перми методами биотестирования // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды: сборник материалов всероссийской школы-семинара, посвященной памяти Н. Ф. Реймерса и Ф. Р. Штильмарка, Пермь, 22–23 апреля 2021 года / Под редакцией С.А. Бузмакова. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2021. С. 300–304.

10. Сентюрова М.В., Вишняков А.Н. Определение содержания нефтепродуктов и токсичности воды в р. Енисей и его притоках в черте Красноярска в разные сезоны года // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 1. С. 140–146. <https://doi.org/10.18324/2077-5415-2016-1-140-146>

11. Чупис В.Н., Журавлёва Л.Л., Жирнов В.А., Ларин И.Н., Луцкая Е.А., Емельянова Н.В., Ильина Е.В., Иванов Д.Е. Оценка качества воды водоёма-охладителя Балаковской атомной электростанции методами биомониторинга // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 2. С. 43–50.

12. Adochite C., Andronic L. Aquatic Toxicity of Photocatalyst Nanoparticles to Green Microalgae *Chlorella vulgaris*. *Water*. 2021. Vol. 13. P. 77. <https://doi.org/10.3390/w13010077>

13. Barinova S., Mamanazarova K. Diatom Algae-Indicators of Water Quality in the Lower Zarafshan River, Uzbekistan. *Water*. 2021. Vol. 13. P. 358. <https://doi.org/10.3390/w13030358>
14. Expósito N., Carafa R., Kumar V., Sierra J., Schuhmacher M., Papiol G.G. Performance of *Chlorella Vulgaris* Exposed to Heavy Metal Mixtures: Linking Measured Endpoints and Mechanisms. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021. Vol. 18. P. 1037. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031037>
15. Feio M.J., Hughes R.M., Callisto M., Nichols S.J., Odume O.N., Quintella B.R., Kuemmerlen M., Aguiar F.C., Almeida S.F.P., Alonso-Eguía Lis P., Arimoro F.O., Dyer F.J., Harding J.S., Jang S., Kaufmann P.R., Lee S., Li J., Macedo D.R., Mendes A., Mercado-Silva N., Monk W., Nakamura K., Ndiritu G.G., Ogden R., Peat M., Reynolds T.B., Rios-Touma B., Segurado P., Yates A.G. The Biological Assessment and Rehabilitation of the World's Rivers: An Overview. *Water*. 2021. Vol. 13. 371. <https://doi.org/10.3390/w13030371>
16. He L., Chen Y., Wu X., Chen S., Liu J., Li Q. Effect of Physical Factors on the Growth of *Chlorella Vulgaris* on Enriched Media Using the Methods of Orthogonal Analysis and Response Surface Methodology. *Water*. 2020. Vol. 12. №1. P. 34. <https://doi.org/10.3390/w12010034>
17. Kucherik G.V., Omelchuk Yu.A., Sytnikov D.M. Biotesting of quarry lakes as an alternative source of drinking water supply. Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2022. Vol. 8, №. 2. P. 87–92.
18. Tugcu G., Ertürk M.D., Saçan M. On the aquatic toxicity of substituted phenols to *Chlorella vulgaris*: QSTR with an extended novel data set and interspecies models. *Journal of Hazardous Materials*. 2017. P. 339. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.06.027>
19. Umar L., Setiadi R., Hamzah Y., Linda T. An arduino uno based biosensor for water pollution monitoring using immobilised algae *Chlorella vulgaris*. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*. 2017. Vol. 10. P. 955–975. <https://doi.org/10.21307/ijssis-2018-027>
20. Xu R.R., Pei Z.T., Wang W.Q., Zhang M., Zhang L.L., Zhang J., Wang W.Q., Sun L.W., Zhang Y.M. Assessment of Biological Toxicity and Ecological Safety for Urban Black-Odor River Remediation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020. Vol. 17. P. 1025. <https://doi.org/10.3390/ijerph17031025>
21. Zhang M., Wang H., Liu P., Song Y., Huang H., Shao M., Liu Y., Li H., Kang Z.H. Biototoxicity of Degradable Carbon Dots towards Microalgae *Chlorella vulgaris*. *Environmental Science: Nano*. 2019. Vol. 6. <https://doi.org/10.1039/C9EN00829B>
- References**
1. GOST 31942-2012 (ISO 19458:2006) Otbor prob dlya mikrobiologicheskogo analiza [Sampling for microbiological analysis]. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200097811> [Accessed 7th February 2023]. (in Russian)
2. Zhukova, M., 2022. Biotesting of small rivers of perm by measuring the optical density of the chlorella algae culture (*Chlorella vulgaris* Beijer). In: Buzmakov, S.(ed.) *Ecological safety in the conditions of anthropogenic transformation of the natural environment: Collection of materials of the All-Russian school-seminar dedicated to the memory of N.F. Reimers and F.R. Shtilmarka*, 22–23 April, 2021, Perm, PSU, pp. 300–304. (in Russian)
3. Zhulidov, A., Horuzhaya, T., Predeina, L., Ba-kaeva, E. and Morozova E., 1994. Rekomendacii. Metody toksikologicheskoy ocenki zagryazneniya presnovodnyh ekosistem [Recommendations. Methods of toxicological assessment of pollution of freshwater ecosystems]. Federal Service of Russia for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. Moscow, 136 p. (in Russian)
4. Kozlova, A., and Zueva, N., 2021. Ecological status of a small river: Evaluation using composite indices. *Proceedings of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*, 5. pp. 32–44. <https://doi.org/10.17076/eco1455> (in Russian)
5. Kosheleva, I., Kosarev, A., Savina, K. and Pankratova, Yu. 2021. Perspektivy gigienicheskogo monitoringa poverhnostnyh vodoistozhnikov s primeneniem mikro-vodoroslej roda *Chlorella* kak biotest-ob"ektov [Prospects for hygienic monitoring of surface water sources using microalgae of the genus *Chlorella* as biotest objects]. In: Popova, A.(ed.) *Fundamental and applied aspects of public health risk analysis: Proceedings of the All-Russian scientific and practical Internet conference of young scientists and specialists of Rospotrebnadzor with international participation, 11–15 October, 2021, Perm, PSTU*, pp. 51–59. (in Russian)
6. Kurynceva, P. and Galickaya, P. 2018. Metody biotestirovaniya primenyaemye dlya ocenki toksichnosti ob"ektov okruzhayushchej sredy (Metodicheskie ukazaniya k special'nomu praktikumu po prikladnoj ekologii) [Biotesting methods used to assess the toxicity of environmental objects (Guidelines for a special workshop on applied ecology)]. Kazan, KPFU publ. 43 p. (in Russian)
7. Onerkhan, G., Durmekbaeva, Sh. and Akhmetova, N. 2019. Kopa lake pollution biotesting using chlorella sp-3K cells. *Bulletin of science and education*, 18(72). pp. 25–28. (in Russian)
8. PND F T 14.1:2:3:4.10-04 Toksikologicheskie metody kontrolya. Metodika izmerenij opticheskoy plotnosti kultury vodorosli hlorella (*Chlorella vulgaris* Beijer) dlya opredeleniya toksichnosti pit'evykh, presnykh prirodnykh i stochnykh vod, vodnykh vytyazhek iz gruntov, pochv, osadkov stochnykh vod, othodov proizvodstva i potrebleniya [Toxicological methods of control. Method for measuring the optical density of a culture of chlorella algae (*Chlorella vulgaris* Beijer) for determining the toxicity of drinking, fresh natural and waste waters, water extracts from soils, soils, sewage sludge, production and consumption wastes]. Federal Service for Supervision of Natural Resources. 2014. Moscow. 36 p. (in Russian)
9. Sagitova, E. and Khotyanovskaya, Y. 2021. Assessment of the water quality of small rivers of perm by bioassay methods. In: Buzmakov, S.(ed.) *Ecological safety in the conditions of anthropogenic transformation of the natural environment: Collection of materials of the All-Russian school-seminar dedicated to the memory of N.F. Reimers and F.R. Shtilmarka*, 22–23 April, 2021, Perm, PSU, pp. 300–304. (in Russian)
10. Sentyurova, M. and Vishnyakov, A., 2016. Determination of oil products and water toxicity in the Yenisey

River and its tributaries within the Krasnoyarsk city boundaries in different seasons. *Systems. Methods. Technologies*, 1 (29), pp. 140–146 <https://doi.org/10.18324/2077-5415-2016-1-140-146> (in Russian)

11. Chupis, V., Zhuravlyova, L., Zhirnov, V., Larin, I., Lushchaj, E., Emelyanova, N., Ilina, E. and Ivanov, D. 2008. Ocenka kachestva vody vodoyoma-ohladyatelya Balakovskoy atomnoj elektrostancii metodami biomonitoringa [Water quality assessment reservoir-cooler of the Balakovo nuclear power plant using biomonitoring methods]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2. pp. 43–50. (in Russian)

12. Adochite, C. and Andronic, L. 2021. Aquatic Toxicity of Photocatalyst Nanoparticles to Green Microalgae *Chlorella vulgaris*. *Water*. 13(1). 77. <https://doi.org/10.3390/w13010077>

13. Barinova, S. and Mamanazarova, K. 2021. Diatom Algae-Indicators of Water Quality in the Lower Zarafshan River, Uzbekistan. *Water*. 13(3). 358. <https://doi.org/10.3390/w13030358>

14. Expósito, N., Carafa, R., Kumar, V., Sierra, J., Schuhmacher, M. and Papiol, G. 2021. Performance of *Chlorella Vulgaris* Exposed to Heavy Metal Mixtures: Linking Measured Endpoints and Mechanisms. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 18(3). 1037. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031037>

15. Feio, M., Hughes, R., Callisto, M., Nichols, S., Odume, O., Quintella, B., Kuemmerlen, M., Aguiar, F., Almeida, S., Alonso-EguíaLis, P., Arimoro, F., Dyer, F., Harding, J., Jang, S., Kaufmann, P., Lee, S., Li, J., Macedo, D., Mendes, A., Mercado-Silva, N., Monk, W., Nakamura, K., Ndiritu, G., Ogden, R., Peat, M., Reynoldson, T., Rios-Touma, B., Segurado, P. and Yates, A. 2021. The Biological Assessment and Rehabilitation of

the World's Rivers: An Overview. *Water*. 13(3). 371. <https://doi.org/10.3390/w13030371>

16. He, L., Chen, Y., Wu, X., Chen, S., Liu, J. and Li, Q. 2020. Effect of Physical Factors on the Growth of *Chlorella Vulgaris* on Enriched Media Using the Methods of Orthogonal Analysis and Response Surface Methodology. *Water*. 12 (1). 34. <https://doi.org/10.3390/w12010034>

17. Kucherik, G., Omelchuk, Yu. and Sytnikov, D. 2022. Biotesting of quarry lakes as an alternative source of drinking water supply. *Scientific Notes of Crimean V. I. Vernadsky Federal University Biology. Chemistry*, 8(74), pp. 87–92.

18. Tugcu, G., Ertürk, M. and Saçan, M. 2017. On the aquatic toxicity of substituted phenols to *Chlorella vulgaris*: QSTR with an extended novel data set and interspecies models. *Journal of Hazardous Materials*, 339, pp. 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.06.027>

19. Umar, L., Setiadi, R., Hamzah, Y. and Linda, T. 2017. An arduino uno based biosensor for water pollution monitoring using immobilised algae *Chlorella vulgaris*. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 10, pp. 955–975. <https://doi.org/10.21307/ijssis-2018-027>

20. Xu, R., Pei, Z., Wang, W., Zhang, M., Zhang, L., Zhang, J., Wang, W., Sun, L. and Zhang, Y. 2020. Assessment of Biological Toxicity and Ecological Safety for Urban Black-Odor River Remediation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 1025. <https://doi.org/10.3390/ijerph17031025>

21. Zhang, M., Wang, H., Liu, P., Song, Y., Huang, H., Shao, M., Liu, Y., Li, H. and Kang Z. 2019. Biototoxicity of Degradable Carbon Dots towards Microalgae *Chlorella vulgaris*. *Environmental Science: Nano*, 6. <https://doi.org/10.1039/C9EN00829>

Статья поступила в редакцию 20.02.2023; одобрена после рецензирования 20.03.2023; принята к публикации 26.04.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 20.03.2023; accepted for publication 26.04.2023

РАЗДЕЛ 2. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Оригинальная научная (исследовательская) статья
УДК 57.084.1

Оценка качества вод и донных отложений р. Каменка методом биотестирования

Алина Вадимовна Хаматова

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

khama99@mail.ru

Аннотация. Река Каменка, протекающая по территории Кокуйского нефтяного месторождения Пермского края в результате интенсивной нефтедобычи и интенсивного развития карста, претерпела серьезные техногенные изменения, которые проявляются в повышенном содержании в воде хлоридов и нефтепродуктов. Нами была проведена оценка экологического состояния экосистемы реки Каменки методом биотестирования, с применением в качестве тест-объектов *Daphnia magna* Straus и *Chlorella vulgaris* Beijer. Исследовано 8 проб воды и 11 проб донных отложений. Большая часть исследованных точек отбора проб, расположенных в истоке реки, отличается наличием выраженных нефтепроявлений, резкого запаха сероводорода, белых хлопьев и нехарактерным для природных вод ярко-голубым цветом. Приведены процентные отклонения значений оптической плотности в исследуемых пробах от фонового значения, и показатели токсичной кратности разбавления (ТКР) рассчитанные от контрольных (на дистиллированной воде) значений. Во всех исследуемых пробах воды наблюдается стимулирование роста водоросли *Chlorella vulgaris* по сравнению с фоном, наибольший процент отклонения значения оптической плотности от фона – 112% в пробе № 1, наименьший в пробе № 5 – 26%. В пробах донных отложений № 1 и № 4, значения оптической плотности значительно превышают фоновый показатель на 121% и 27% соответственно. Остальные пробы донных отложений характеризовались снижением оптической плотности по сравнению с фоном от 17% до 55%. ТКР исследуемых проб воды колеблется от 6 – в р. Ирени (фон), до 26 – в точке №8, в пробах донных отложений наименьшее значение ТКР в истоке реки – 0,6, наибольшее – в пробе № 8. Сравнение оптической плотности исследуемых проб с контрольным показателем (на дистиллированной воде) считаем неприемлемым, поскольку результаты вводят в заблуждение и противоречат действительности. Для оценки токсичности природных и природно-техногенных вод перспективным считаем использование фоновых показателей. Результаты с применением в качестве тест-объекта *Daphnia magna* показали нечувствительность данного организма к токсическому воздействию исследуемых проб. Максимальный процент гибели дафний в исследуемых пробах не превышал указанное в методике значение – 50 и более % гибели дафний.

Ключевые слова: техногенное воздействие, трансформация экосистем, тест-объект, *Daphnia magna*, *Chlorella vulgaris*, токсичная кратность разбавления (ТКР), оптическая плотность, река Ирень, Кокуйское нефтяное месторождение, карст

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Пермского края в рамках научного проекта № 20-45-596018.

Для цитирования: Хаматова А.В. Оценка качества вод и донных отложений р. Каменка методом биотестирования // Антропогенная трансформация природной среды. 2023. Т. 9. № 1. С. 54–64.

SECTION 2. POLLUTION

Original Paper

Assessment of the quality of waters and bottom sediments of the Kamenka river by biotesting

Alina V. Khamatova

Perm State University, Perm, Russia

khama99@mail.ru

Abstract. The Kamenka River, which flows through the territory of the Kokuisky oil field in Perm Krai as a result of intensive oil production and the intensive karst spread, has undergone serious man-made changes, which are manifested in the increased content of chlorides and petroleum products in the water. We assessed the ecological state of the ecosystem of the Kamenka river by biotesting, using *Daphnia magna* Straus and *Chlorella vulgaris* Beijer as test objects. 8 water samples and 11 sediment samples were examined. Most of the studied sampling points located at the source of the river are distinguished by the presence of pronounced oil manifestations, a sharp smell of hydrogen sulfide, white flakes and a

bright blue color uncharacteristic of natural waters. The percentage deviations of the optical density values in the studied samples from the background value, and the indicators of the toxic dilution factor (TDF) calculated from the control (distilled water) values are given. In all the studied water samples, the growth of chlorella algae (*Chlorella vulgaris*) is stimulated in comparison with the background, the highest percentage of deviation of the optical density value from the background is 112% in sample № 1, the lowest in sample № 5 is 26%. In two samples of bottom sediments: № 1 and № 4, the optical density values significantly exceed the background indicator by 121 and 27%, respectively. The remaining samples of bottom sediments were characterized by a decrease in optical density compared to the background from 17 to 55%. The TDF of the studied water samples ranges from 6 – in Iren river (background), up to 26 – at point № 8, in samples of bottom sediments, the lowest value of TDF at the source of the river is 0.6, the highest is in sample № 8. Comparison of the optical density of the studied samples with the control indicator (on distilled water) is considered unacceptable, since the results are misleading and contradict reality. To assess the toxicity of natural and man-made waters, we consider the use of background indicators to be promising. The results with the use of *Daphnia magna* as a test object showed the insensitivity of this organism to the toxic effects of the studied samples. The maximum percentage of daphnia death in the test sample was 20% (8 surviving crustaceans out of 10), while the criterion of acute toxicity is the death of 50% or more daphnia.

Key words: technogenic impact, ecosystem transformation, test object, *Daphnia magna*, *Chlorella vulgaris*, toxic dilution factor (TDF), optical density, Iren River, Kokui oil field, karst

Acknowledgments: The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research (RFBR) and Perm Territory, project number 20-45-596018.

For citation: Khamatova, A., 2023. Assessment of the quality of waters and bottom sediments of the Kamenka river by biotesting. *Anthropogenic Transformation of Nature*, 9(1), pp. 54–64. (in Russian)

Введение

Добыча природных ресурсов, в том числе и нефти, способствует ускорению процесса техногенного изменения экосистем, в ходе которого происходят изменения природных компонентов и комплексов. Трансформация проявляется в нарушении метаболизма, функционировании и структуры исходных природных комплексов, способствуя переходу их в результате смен состояний из ряда биогенных в ряд абиогенных [1].

В условиях техногенеза направленность потоков вещества переориентирована. Химические элементы при добыче полезных ископаемых из недр земли направляются с последующим их рассеянием по наземным природным комплексам. В этой связи достаточно важным представляется изучение процессов трансформации экосистем с целью установления направленности и динамики их развития в условиях техногенной нагрузки [2].

Объектом настоящего исследования является река Каменка, протекающая по территории Кокуйского нефтяного месторождения. Разработка месторождения ведется в сложных горно-геологических условиях, вызванных развитием карстовых процессов в нижнепермских кунгурских сульфатно-карбонатных отложениях. Отложения кунгурского яруса являются коллекторами высокой приемистости и интервалом низких гидростатических давлений, тем интервалом, где могут накапливаться углеводороды, мигрирующие с глубины [14]. Поверхность на большей части площади представляет собой слаборасчлененное плато, прорезанное редкой сетью глубоко врезанных эрозионно-карстовых долин и суходольных логов [10]. В долине реки Каменки и к югу от нее предполагается интенсивная нарушенность осадочного чехла линейными субвертикальными тектоническими трещинно-разрывными структурами, образующими меридиональную полосу шириной от 0,5 до 0,8 км [11].

В данном районе развиты воронки и провалы, карстовые озера и источники. Зачастую поверхностный

сток поглощается понорами, а карстовые каналы, расширенные вследствие растворения трещин и карры, повсеместно присутствуют на поверхности гипс-ангидритовых обнажений. Среди всех перечисленных форм карстовые воронки наиболее многочисленны [9, 20].

В связи с увеличением объемов и концентрации токсикантов в окружающей среде, существует острая необходимость в экспресс-анализе компонентов окружающей среды. На данный момент, оценка загрязнения природной среды токсикантами, производится преимущественно на основе результатов аналитической химии, но переход к более надежному экологическому контролю состояния окружающей среды возможен только при обязательном применении методов биотестирования, дающих возможность с большой достоверностью определить степень общей токсичности объекта исследования путем комплексной оценки воздействия комплекса ингредиентов и факторов на живые организмы [13].

Необходимо оценить техногенные изменения состояния экосистемы реки Каменки методами биотестирования, произвести отбор проб воды и донных отложений р. Каменка, исследовать экологическое состояние донных отложений и поверхностных вод р. Каменка с использованием тест-объектов: культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris*) и культуры низших ракообразных – дафний (*Daphnia magna*).

Материалы и методика

Методика проведения настоящего исследования состоит из трех этапов (рис. 1 / fig. 1):

1. Полевые работы, включающие в себя выбор мест отбора проб и непосредственно отбор проб воды и донных отложений.
2. Лабораторные работы – выбор тест-объектов для исследования и проведение биотестирования.
3. Камеральная обработка данных, в ходе которой были обобщены полученные результаты и сделаны заключения о токсичности исследуемых проб.

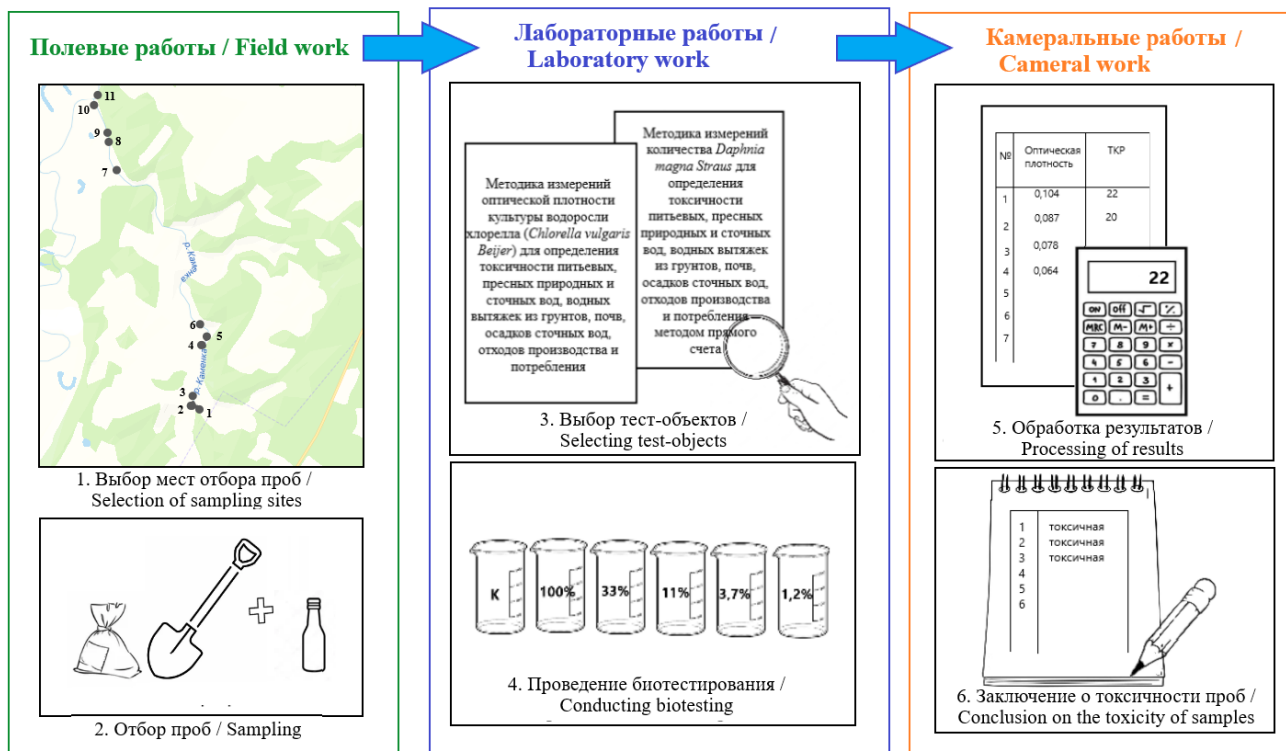


Рис. 1. Методика проведения исследования
Fig. 1. Research methodology

Полевая часть настоящего исследования проведена в 15 августа 2022 г. Из реки Каменки было отобрано 8 проб воды и 11 проб донных отложений.

Отбор, транспортировка и хранение проб воды и донных отложений осуществлялись в соответствии со следующими нормативными документами:

– ГОСТ 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб» [3];

– ГОСТ 17.1.5.04-81 «Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия» [6];

– Р 52.24.353-2012 «Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод» [17];

– ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность [5].

В таблице 1 / Table 1 представлена сводная информация по характеристике мест отбора проб в р. Каменка. Оценивается наличие и характер нефтепроявлений, хлопьев и осадка, запаха, а также прозрачность и цвет воды.

Таблица 1

Характеристика мест отбора проб р. Каменка

Table 1

Characteristics of sampling sites of the Kamenka river

№ Место отбора проб / Sampling location	Отобранные пробы* / Selected samples*	Оцениваемые показатели			
		Запах H ₂ S / H ₂ S smell	Нефтепроявления / Oil manifestations	Наличие хлопьев и осадка / Presence of flakes and sediment	Прозрачность, цвет / Transparency, color
1. Исток у скалы / The source under the rock	В+ДО // W+BS	+	Обильные нефтепроявления (на скале замазученные пятна) / Abundant oil manifestations (There are oil stains on the rock)	Обилие хлопьев и белого осадка на дне / Abundance of flakes and white sediment on the bottom	Прозрачная / transparent
2. Пруд у скалы / Pond by the rock	В+ДО // W+BS	+	На поверхности пруда темно-коричневые маслянистые пятна / There are dark brown oily spots on the surface of the pond	Обилие хлопьев и белого осадка на дне / Abundance of flakes and white sediment on the bottom	Мутная, зелено-голубого цвета / Muddy, green-blue color

№ Место отбора проб / Sampling location	Отборные пробы* / Selected samples*	Оцениваемые показатели			
		Запах H ₂ S / H ₂ S smell	Нефтепроявления / Oil manifestations	Наличие хлопьев и осадка / Presence of flakes and sediment	Прозрачность, цвет / Transparency, color
3. Русло в 45 м от истока / The riverbed is 45 m. from the source	В+ДО // W+BS	+	На поверхности маслянистые пятна / There are oily spots on the surface	Обилие хлопьев и белого осадка на дне / Abundance of flakes and white sediment on the bottom	Мутная, насыщенно-голубого цвета / Cloudy, rich blue color
4. Пруд с нефтеловушкой (выше по течению) / Pond with an oil trap (upstream)	В+ДО // W+BS	+	Умеренные нефтепроявления / Moderate oil manifestations	Обилие хлопьев и белого осадка на дне / Abundance of flakes and white sediment on the bottom	Мутная, насыщенно-голубого цвета / Cloudy, rich blue color
5. Пруд с нефтеловушкой (ниже по течению) / Pond with an oil trap (downstream)	В+ДО // W+BS	+	Умеренные нефтепроявления / Moderate oil manifestations	Обилие хлопьев и белого осадка на дне / Abundance of flakes and white sediment on the bottom	Мутная, насыщенно-голубого цвета / Cloudy, rich blue color
6. В 100 м ниже по течению от пруда / In 100 m. downstream from the pond	В+ДО // W+BS	+	–	–	Прозрачная / transparent
7. Усохший пруд / Shrunken pond	ДО//BS	–	–	–	–
8. Небольшой стоячий ручей в 630 м от устья / A small standing stream 630 m. from the mouth	В+ДО // W+BS	–	–	–	Прозрачная / transparent
9. Сухое русло в 600 м от устья / Dry riverbed 600 m from the mouth	ДО//BS	–	–	–	–
10. Устье р. Каменки / The mouth of the Kamenska river	ДО//BS	–	–	–	–
11. р. Ирень / Iren river	В+ДО // W+BS	–	–	–	Прозрачная / transparent

Примечание // Note:

В – пробы воды; ДО – пробы донных отложений // W – water samples; BS – samples of bottom sediments.

Экспериментальная часть исследования проведена в лаборатории экологии и охраны природы кафедры биогеоэкологии и охраны природы географического факультета ПГНИУ.

Процедура биотестирования проводилась в соответствии со следующими методиками:

1) «Методика измерений количества *Daphnia magna* для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета». Она основана на определении смертности дафний при воздействии токсических веществ, присутствующих в исследуемой пробе, по сравнению с контрольной культурой в среде, не содержащей токсических веществ [15].

2) «Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris*) для

определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления». Методика основана на регистрации различий в величине оптической плотности тест-культуры водоросли хлорелла, выращенной на среде, не содержащей токсических веществ (контроль) и в тестируемых пробах вод и водных вытяжек (опыт), в которых эти вещества могут присутствовать [16].

В ходе камеральных работ, для проб со снижением величины оптической плотности на 20% были рассчитаны показатели токсичной кратности разбавления (ТКР). Сделаны заключения о токсичности проб воды и донных отложений.

Результаты и их обсуждение. В качестве фона для оценки токсичности проб были использованы образцы из р. Ирени, в качестве контроля – дистиллированная вода.

По результатам биотестирования проб воды и донных отложений с применением в качестве тест-объекта *Chlorella vulgaris*, был составлен картографический материал (рис. 2, 3 / fig. 2, 3). В связи с тем, что река

Каменка имеет достаточно большую протяженность, во избежание скученности всех символов, точки отбора проб на Каменке отображены на двух картах-врезках: у истока и у устья реки.

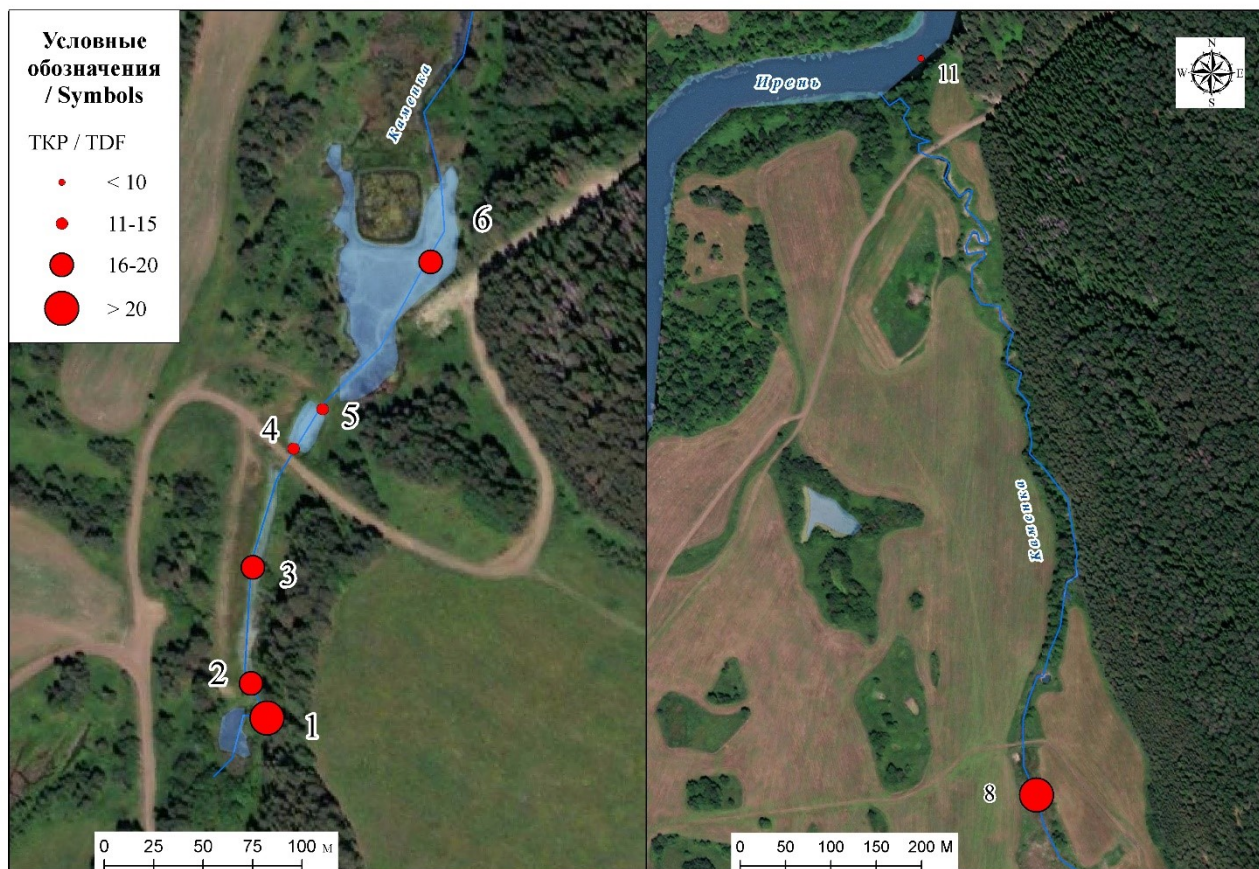


Рис. 2. Результаты биотестирования проб воды с применением *Chlorella vulgaris* в сравнении с контролем
Fig. 2. Results of bioassay of water samples using *Chlorella vulgaris* in comparison with control

Все исследуемые пробы воды, характеризуются как «токсичные». Значение оптической плотности водоросли *Chlorella vulgaris* в фоновой точке № 11 (р. Ирень) – 0,049, что является самым низким показателем среди всех отобранных проб воды. Примерно одинаковые значения получились для проб, отобранных в 4,5 (в пруду с нефтеловушкой) и 6 точках – 0,064, 0,062 и 0,068 соответственно. В самом истоке реки, у скалы – в точке № 1, данный показатель наибольший – 0,104. В точке № 2 оптическая плотность водоросли в исследуемой воде значительно снизилась, и составила 0,087. Похожий результат получился и в точке № 7 – 0,084. Ниже по течению, в точке № 3 – 0,078.

В контрольной пробе оптическая плотность водоросли *Chlorella vulgaris* равна 0,168. Был рассчитан процент отклонения полученных значений от контроля. В результате, наибольший процент отклонения в фоновой точке (точка № 11) – 70%, наименьшее отклонение в истоке реки – 38% (точка № 1).

Наибольший процент отклонения оптической плотности, определяемой в р. Ирени (фоновое значение) и пробы, взятой в истоке реки – 112,2%. Во 2 и 8 точках отбора проб оптическая плотность на 77,5 и 71,4%

выше фонового показателя. В 3 пробе эта разница составляет 59,2%, а в пруду с нефтеловушкой (4 и 5 пробы) и в 6 пробе показатели оптической плотности превышают фоновое значение в 30,6%, 26,5% и 38,7% соответственно.

В соответствии с методикой [16] были рассчитаны значения токсичной кратности разбавления (ТКР). Полученные результаты ТКР начиная с истока реки идут в тенденции снижения: в истоке реки ТКР равен 22, в пруду у скалы – 20, в 3 точке – 18, в пруду с нефтеловушкой (в 4 и 5 точках) ТКР равен 15. Ниже по течению, в точке № 6 отмечается небольшое увеличение данного показателя до 19. В 8 точке самое высокое значение ТКР – 26. Наименьший результат расчетов показателя ТКР = 6 в фоновой пробе.

Результаты биотестирования проб воды с применением *Chlorella vulgaris* в сравнении с фоном представлены в таблице 2, где процент отклонения от фона был рассчитан по формуле 1:

$$(1) x = ((a_n * 100\%) / a_{фон}) - 100,$$

где: a_n $n=1,2...8$ – оптическая плотность n - пробы;
 $a_{фон}$ – оптическая плотность фоновой пробы.

Таблица 2

Результаты биотестирования проб воды с применением *Chlorella vulgaris* в сравнении с фоном

Table 2

Results of bioassay of water samples using *Chlorella vulgaris* in comparison with the background

№	Место отбора проб / Sampling location	Оптическая плотность / Optical density	% отклонения от фона / % deviation from background	ТКР* / TDF*
1	Исток у скалы / The source under the rock	0,104	112,2	22
2	Пруд у скалы / Pond by the rock	0,087	77,5	20
3	Русло в 45 м от истока / The riverbed is 45 m. from the source	0,078	59,2	18
4	Пруд с нефтеловушкой (выше по течению) / Pond with an oil trap (upstream)	0,064	30,6	15
5	Пруд с нефтеловушкой (ниже по течению) / Pond with an oil trap (downstream)	0,062	26,5	15
6	В 100 м ниже по течению от пруда / In 100 m. downstream from the pond	0,068	38,7	19
8	Небольшой стоячий ручей в 630 м от устья / A small standing stream 630 m. from the mouth	0,084	71,4	26
11	р. Ирень (фон) / Iren river (background)	0,049	0	6
	Контроль / Control	0,168		Не определялся / Not determined

Примечание // Note:

ТКР рассчитан на основании контрольных значений // TCF is calculated based on the control values

По результатам биотестирования донных отложений, при расчете процента отклонения значений оптической плотности от контроля, все пробы, за исключением пробы № 1 – в истоке у скалы, характеризуются снижением средней величины оптической плотности по сравнению с контролем на более чем 20% и являются токсичными. Оптическая плотность в данной точке составляет 0,168, что всего на 0,003 раза отличается от фона и на 2 % ниже контрольного значения. Во 2, 3, 6, 9 и 10 точках значения оптической плотности водоросли *Chlorella vulgaris* получились приблизительно одинаковыми. Так, в 6 и 10 пробах оптическая плотность равна 0,052, что на 69%

ниже относительно контроля. В 3, во 2 и в 9 – 0,055, 0,057 и 0,059 соответственно (на 67, 66 и 65% ниже контрольного показателя). В точках № 7 и 8, ниже по течению, наблюдается незначительное повышение данных значений до 0,063 и 0,062 соответственно.

Оптическая плотность в р. Ирени (фоновая проба) составляет 0,076. Две пробы донных отложений (№ 1 и № 4) характеризуются повышением оптической плотности по сравнению с фоном на 121 и 27,6% соответственно. Оптическая плотность оставшихся проб ниже фона: отклонение на 55,3% – в 5; на 31,5% – в 6 и 10 пробах; на 27,6%, 25% и 22,3% соответственно в 3, 2 и 9 пробах; и на 18,4 и 17,1% – в 8 и 7 пробах соответственно.

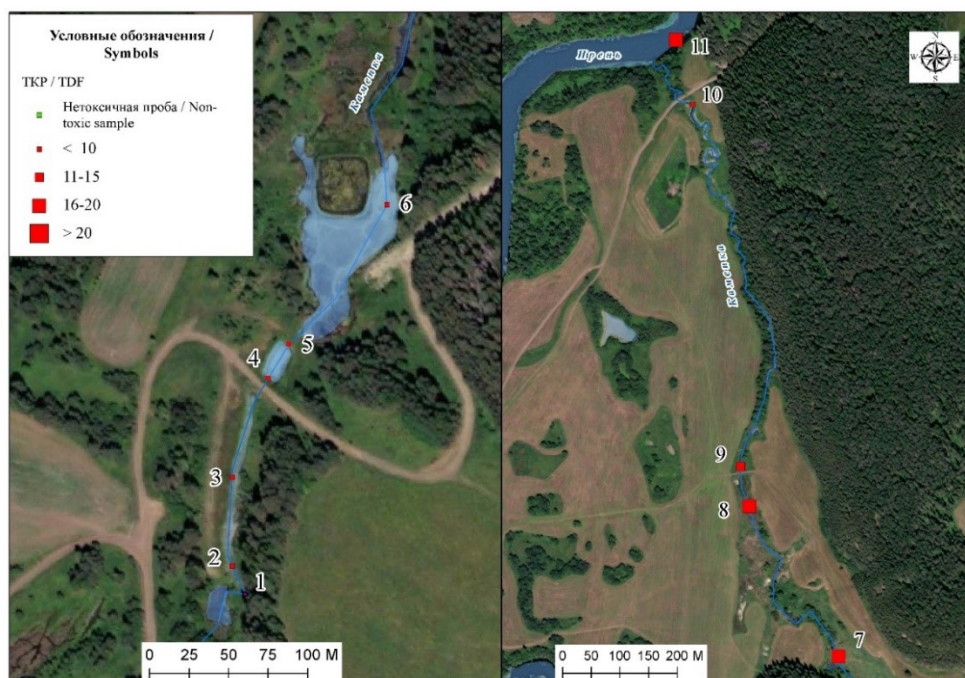


Рис. 3. Результаты биотестирования проб донных отложений с применением *Chlorella vulgaris*
Fig. 3. Results of biotesting samples of bottom sediments using *Chlorella vulgaris* in comparison with control

Токсичная кратность разбавления проб донных отложений, считая от истока реки, идет по возрастающей. Наименьшее значение ТКР в пробах № 2, 3 и 4 равно 5, в пробах № 6 и 10 токсичная кратность разбавления составляет – 8. В пробе № 5 = 7. В точках № 7 и 8 наблюдается значительное увеличение данного показателя до 17 и 20 соответственно. Далее, ближе к устью ТКР снижается до 15, 8 и 16 в 9, 10 и 11 точках соответственно.

По результатам исследования, пробы воды и донных отложений, отобранные в р. Ирени в качестве фоновых значений, являются токсичными, что свидетельствует о продвижении фронта загрязнения в сторону р. Ирень.

По данным многих исследований, в устьях рек, впадающих в Ирень, в том числе и Каменки, отмечается высокое содержание нефтепродуктов, превышающих ПДК (до 0,07 мг/дм³) [10,18], содержание хлоридов в пределах фоновых значений и значительно ниже нормативов [19].

В некоторых местах отбора проб в направлении ниже по течению отмечаются резкие превышения значений оптической плотности, что связано с точечными выходами минерализованных вод в виде восходящих родников и вертикальной восходящей миграции компонентов и концентраций подземного стока в зонах максимальной трещиноватости пород [12]. Также, полученные результаты можно сопоставить с концентрациями ионов хлора в р. Каменка с тенденцией снижения от истока – 1330 мг/л к устью реки – 834 мг/л (ПДК_{рх} – 350 мг/л) и сульфат иона от 34 до 1609 мг/л, что более чем в 3 раза превышает ПДК_{рх} (500 мг/л) [6].

Результаты биотестирования проб донных осадков с применением *Chlorella vulgaris* в сравнении с фоном представлены в таблице 3 / table 3. Процент отклонения полученных значений оптической плотности от фонового показателя был рассчитан по формуле 1.

Таблица 3

Результаты биотестирования проб донных осадков с применением *Chlorella vulgaris* в сравнении с фоном

Table 3

The results of biotesting samples of bottom sediments using *Chlorella vulgaris* in comparison with the background

№	Место отбора проб / Sampling location	Оптическая плотность / Optical density	% отклонения от фона / % deviation from background	ТКР* / TDF*
1	Исток у скалы / The source under the rock	0,168	121,0	0,6
2	Пруд у скалы / Pond by the rock	0,057	-25,0	5
3	Русло в 45 м от истока / The riverbed is 45 m. from the source	0,055	-27,6	5
4	Пруд с нефтеловушкой (выше по течению) / Pond with an oil trap (upstream)	0,097	27,6	5
5	Пруд с нефтеловушкой (ниже по течению) / Pond with an oil trap (downstream)	0,034	-55,3	7
6	В 100 м ниже по течению от пруда / In 100 m. downstream from the pond	0,052	-31,5	8
7	Усохший пруд / Shrunken pond	0,063	-17,1	17
8	Небольшой стоячий ручей в 630 м от устья / A small standing stream 630 m. from the mouth	0,062	-18,4	20
9	Сухое русло в 600 м от устья / Dry riverbed 600 m from the mouth	0,059	-22,3	15
10	Устье р. Каменки / The mouth of the Каменка river	0,052	-31,5	8
11	р. Ирень / Iren river	0,076	0	16
12	Контроль / Control	0,071	93,4	Не определялся / Not determined

*Примечание // Note:

ТКР рассчитан на основании контрольных значений // TCF is calculated based on the control values

Результаты биотестирования с применением *Daphnia magna* показали, что все исследуемые пробы во всех разбавлениях нетоксичны. Количество живых и мертвых дафний было определено методом прямого счета. В соответствии с методикой [15], критерием острой токсичности служит гибель 50 % и более дафний за 48 часов в исследуемой пробе при условии, что в контрольном эксперименте все рачки сохраняют свою жизнеспособность. Максимальный процент гибели рачков дафний был 20% (8 выживших рачков из 10). В таблице 4 / table 4 приведены результаты биотестирования с применением *Daphnia magna*.

В 1, 2 и 3 точках отбора проб рН близка к нейтральной, количество органического углерода составляет 10—17 %. Нефтепродукты в пробах 1–3 содержатся в концентрациях – 4 093 мг/кг, 25 800 мг/кг и 5 494 мг/кг

[8]. Наибольшие различия выявлены при анализе содержания хлоридов. Концентрация хлоридов в донных отложениях в точках отбора 2 и 3 в 6-21 раз превышает аналогичный показатель для донных отложений в точке отбора 1 [7]. Концентрации хлоридов в пробах 1, 2 и 3 – 597 мг/кг, 2 975 мг/кг и 3 675 мг/кг соответственно, что вполне объясняет результаты биотестирования с применением *Chlorella vulgaris*: в истоке реки оптическая плотность водоросли в пробах воды составляет 0,104, во 2 и 3 точках данный показатель происходит угнетение роста водоросли, показатель оптической плотности составляет 0,087 и 0,078 соответственно. Аналогичная ситуация с результатами биотестирования донных отложений: оптическая плотность в истоке реки 0,168, во 2 и 3 пробах снижается до значений 0,057 и 0,055 соответственно.

Таблица 4

Результаты биотестирования с применением *Daphnia magna*

Table 4

Results of bioassay using *Daphnia magna*

№ n/n	Пробы воды / Water samples		Пробы донных отложений / Samples of bottom sediments	
	Число выживших дафний, шт / Number of surviving daphnia, pieces	Процент отклонения от контроля, % / Percentage of deviation from control, %	Число выживших дафний, шт / Number of surviving daphnia, pieces	Процент отклонения от контроля, % / Percentage of deviation from control, %
1	10	0	9,3	7
2	9	10	9	10
3	9,6	4	9,6	4
4	9	10	9,3	7
5	9,6	4	9,6	4
6	8,6	14	10	0
7	–	–	9,6	4
8	9,6	4	10	0
9	–	–	10	0
10	–	–	10	0
11	10	0	10	0

*Примечание // Note:

«-» – Пробы воды не отбирались // “-” – No water samples were taken

Заключение

Биотест по воздействию исследованных вод и водных вытяжек из донных отложений на прирост водоросли хлорелла является более чувствительным по сравнению с определением токсичности вод и водных вытяжек из донных отложений методом прямого счета рачков-дафний.

Были изучены научные материалы по р. Каменке других исследователей. Отмечается высокое содержание хлоридов, нефтепродуктов и органического углерода в воде и донных отложениях. Концентрации хлоридов в пробах 1–3 имеют тенденцию увеличения, что вполне объясняет высокие показатели оптической плотности в истоке и заметное снижение данного показателя во 2 и 3 пробах.

Токсичными пробами донных отложений при сравнении с фоновым показателем (река Ирень) являются практически все пробы, за исключением проб № 1 и 4, где оптическая плотность значительно выше фонового

показателя и ближе к контрольной пробе. Процент отклонения показателей оптической плотности от фона в данных пробах 121% и 27,6% соответственно. Остальные пробы характеризуются отклонением от фонового показателя на 18-55%.

По результатам биотестирования проб воды, фоновый показатель оптической плотности имеет самое низкое значение, по сравнению с другими пробами и составляет 0,049. Все остальные пробы выше данного показателя на более чем 26%.

Сравнение оптической плотности исследуемых проб с контрольным показателем (на дистиллированной воде) считаем неприемлемым, поскольку результаты вводят в заблуждение и противоречат действительности. Для оценки токсичности природных и природно-техногенных вод перспективным считаем использование фоновых показателей.

В настоящее время проводится повторное биотестирование проб воды и донных отложений р. Каменка с

небольшой корректировкой точек отбора проб для сравнения и дальнейшей интерпретации полученных результатов. Также проведен гидрохимический анализ проб в лаборатории гидрохимического анализа ПГНИУ.

Список источников

1. Бузмаков С.А. Геоэкологические закономерности техногенной трансформации наземных экосистем под воздействием эксплуатации месторождений нефти: Автореф. дисс. на соискание уч. степени докт. геогр. наук: 25.00.36. Пермь, 2005. 44с.
2. Бузмаков С.А. Экспериментальное определение основных фаз техногенной трансформации экосистем // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2004. №2. С. 133–138.
3. ГОСТ 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб. Национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное, утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 сентября 2020 г. № 640-ст. М.: Стандартинформ, 2020. 31 с.
4. ГОСТ 17.1.5.04-81. Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия: Межгосударственный стандарт, издание официальное. М.: ИПК Издательство стандартов, 1981. 7 с.
5. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. Межгосударственный стандарт, издание официальное. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 7 с.
6. Дмитриева О.А. Влияние Кокуйского месторождения добычи нефти на состояние водных объектов Пермского края // Альманах мировой науки. 2016. Т. 15. № 12-2. С. 136–137.
7. Егорова Д.О., Бузмаков С.А., Санников П.Ю., Шестаков И.Е., Хотяновская Ю.В. Биоремедиационный потенциал природного микробиоценоза в условиях хронического нефтяного загрязнения // Экология и промышленность России. 2022. Т. 26. № 11. С. 60–65. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-11-60-65>
8. Егорова Д.О., Санников П.Ю., Хотяновская Ю.В., Бузмаков С.А. Состав бактериальных сообществ нефтезагрязненных донных отложений реки Каменка // Вестник Московского Университета. Серия 16. Биология. 2023. Т. 78. № 1. С. 17–24. <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0952-16-78-1-3>
9. Катаев В.Н., Печенкина Е.И. Поверхностные формы карста Ясылского поля // Гидрогеология и карстоведение. 2000. № 13. С. 238–246.
10. Килин Ю.А., Минькевич И.И. Особенности нефтяного загрязнения подземных и поверхностных вод в карстовых районах юга Пермского края // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2021. Т. 41. № 4. С. 256–262.
11. Костарев В.П. К постановке карстомониторинга на трассах магистральных газопроводов Кунгурско-Иренского междуречья // Труды Международного экологического конгресса «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». 2000. Т. 1. С. 461.
12. Костарев С.М. Особенности нефтепромыслового загрязнения геологической среды карстовых районов Пермского края // Материалы Международного симпозиума «Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах». 2015. С. 317–322.
13. Лозовой Д.В. Биологический способ обнаружения нефтяного загрязнения в водных средах: Автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. биол. наук: 03.00.16. Иркутск, 2003. 22 с.
14. Нефтезагрязненные биогеоценозы (процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы) / под общ. ред. А.А. Оборина. Пермь: УрО РАН. Перм. гос. ун-т, 2008. 511 с.
15. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.12-06; Т 16.1:2:2.3:3.9-06. 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.
16. ПНДФ Т 14.1:2:3:4.10-04; Т 16.1:2:2.3:3.7-04. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления.
17. Р 52.24.353-2012. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Введены взамен Р 52.24.353-94 Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Ростов-на-Дону, 2012. 36 с.
18. Рамазанов Р.А. Концентрация нефтепродуктов в р. Каменка на территории Кокуйского месторождения нефти // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды: Материалы Всероссийской школы-семинара, посвященной памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка (21–22 апреля 2022 года, г. Пермь) / отв. редактор С.А. Бузмаков Пермь: ПГНИУ, 2022. С. 348–350.
19. Репин И.С., Ермолович И.Г. Особенности нефтяного и хлоридного загрязнения на территории Кокуйского газонефтяного месторождения // Гидрогеология и карстоведение. 2020. № 20. С. 224–230.
20. Хотяновская Ю.В., Бузмаков С.А., Кучин Л.С. Геоэкологические закономерности трансформации природной среды при эксплуатации нефтяного месторождения в карстовом районе // Географический вестник. 2023 Т. 64. № 1. С. 127–138. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2023-1-127-138>
21. Buzmakov S, Khotyanovskaya Y. Degradation and pollution of lands under the influence of oil resources exploitation // Applied Geochemistry. 2020.

Vol. 113, P. 104443. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.104443>

References

- Buzmakov, S., 2005. Geojekologicheskie zakonornosti tehnogennoj transformacii nazemnyh jekosistem pod vozdejstviem jekspluatacii mestorozhdenij nefti [Geocological patterns of technogenic transformation of terrestrial ecosystems under the influence of oil field exploitation]. Doctor's Dissertation Abstract of Sciences in Geography. Perm, 44 p.
- Buzmakov, S., 2004. Experimental definition of main phases of ecosystem technogenic transformation. *Bulletin of Perm University. Biology.* (2), pp 133–138. (in Russian)
- Voda. Obschie trebovaniya k otboru prob [Water. General sampling requirements] Decree of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology No. 640 State Standard 59024 -2020 from 10.09.2020. (in Russian)
- Okhrana prirody. Gidrosfera. Pribory i ustroystva dlya otbora, pervichnoi obrabotki i chraneniya prob prirodnykh vod. Obschie tekhnicheskiye usloviya [Nature conservation. Hydrosphere. Devices and devices for sampling, primary processing and storage of natural water samples. General technical conditions] State Standard 17.1.5.04-81 from 01.01.1984. (in Russian)
- Okhrana prirody. Gidrosfera. Obschie trebovaniya k otboru prob donnykh otlozheniy vodnykh obyektov dlya analiza na zagryaznennost' [Nature conservation. Hydrosphere. General requirements for sampling bottom sediments of water bodies for contamination analysis] State Standard 17.1.5.01-80 from 01.01.1982. (in Russian)
- Dmitrieva, O., 2016. Vlijanie Kokujskogo mestorozhdenija dobychi nefti na sostojanie vodnykh ob'ektov Permskogo kraja [The influence of the Kokuyskoye oil production field on the condition of water bodies in the Perm Region]. *Al'manakh mirovoi nauki.* 12(2), pp. 136–137. (in Russian)
- Egorova, D., Buzmakov, S., Sannikov, P., Shestakov, I. and Khotyanovskaya, Y., 2022. Bioremediation potential of natural microbiocenosis under conditions of chronic oil contamination. *Ecology and Industry of Russia.* 26 (11), pp. 60–65. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-11-60-65>
- Egorova, D., Sannikov, P., Khotyanovskaya, Y. and Buzmakov, S., 2023. Composition of bacterial communities in oil-contaminated bottom sediments of the Kamenka River. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya.* 78(1), pp. 17–24. <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0952-16-78-1-3> (in Russian)
- Kataev, V. and Pechenkina, E., 2000. The surface karst forms of Yasil'sk field. *Gidrogeologija i karstovedenie,* (13), pp. 238–246. (in Russian)
- Kilin, U. and Min'kevich, I., 2021. Features of oil pollution of underground and surface waters in the karst regions of the south of the perm territory. *Geologija i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala,* 4 (41), pp. 256–262. (in Russian)
- Kostarev, V., 1995. K postanovke karstomonitoringa na trassah magistral'nyh gazoprovodov Kungursko-Irenskogo mezhdurech'ja [To establish karst monitoring on the routes of the main gas pipelines of the Kungur-Irena interfluve]. *Trudy Mezhdunarodnogo jekologicheskogo kongressa "Novoe v jekologii i bezopasnosti zhiznedejatel'nosti".* (1), p. 46. (in Russian)
- Kostarev, S., 2015. Oilfield pollution aspects of the karst areas geological environment in Perm. *Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Jekologicheskaja bezopasnost' i stroitel'stvo v karstovyh rajonah»,* pp. 317–322. (in Russian)
- Lozovoy, D., 2003. *Biologicheskij sposob obnaruzhenija neftjanogo zagryaznenija v vodnyh sredah* [Biological method for detecting oil pollution in aquatic environments]. Abstract of the candidate's dissertation in biological sciences. Irkutsk, 22 p.
- Oborin, A. (ed.), 2008. *Neftezagryaznennye biogeocinozy (processy obrazovanija, nauchnye osnovy vostanovlenija, mediko-jekologicheskie problemy)* [Oil-contaminated biogeocenoses (education processes, scientific foundations of restoration, medical and environmental problems)]. Perm, URo RAN. 511 p. (in Russian)
- Metodika izmereniy kolichestva *Daphnia magna* Straus dlya opredeleniya toksichnosti pit'evykh, presnykh prirodnykh i stochnykh vod, vodnykh vytyazhek iz gruntov, pochv, osadkov stochnykh vod, otkhodov proixvodstva i potrebleniya metodom pryamogo scheta [The method of measuring the amount of *Daphnia magna* Straus for determining the toxicity of drinking, fresh natural and wastewater, water extracts from soils, soils, sewage sludge, production and consumption waste by direct counting]. PND F T 14.1:2:3:4.12-06; T 16.1:2:2.3:3.9-06. (in Russian)
- Metodika izmereniy opticheskoy plotnosti kul'tury vodorosli chlorella (*Chlorella vulgaris* Beijer) dlya opredeleniya toksichnosti pit'evykh, presnykh prirodnykh i stochnykh vod, vodnykh vytyazhek iz gruntov, pochv, osadkov stochnykh vod, otkhodov proixvodstva i potrebleniya [The method of measuring the optical density of *Chlorella vulgaris* Beijer algae culture for determining the toxicity of drinking, fresh natural and wastewater, water extracts from soils, soils, sewage sludge, production and consumption waste]. PND F T 14.1:2:3:4.10-04; T 16.1:2:2.3:3.7-04. (in Russian)
- Otbor prob poverkhnostnykh vod syshi i ochischennykh stochnykh vod [Sampling of surface waters of land and treated wastewater] R 52.24.353-2012. from 2012, (in Russian)
- Ramazanov, R., 2022. *Concentration of petroleum products in the Kamenka river on the territory of the Kokuyskoye oil field.* In: Buzmakov, S. (ed.) *Jekologicheskaja bezopasnost' v uslovijah antropogennoj transformacii prirodnoj sredy: Proceedings of All-Russian Scientific School-Seminar, 21–22 April 2022, Perm, Russia.* Moscow, Perm State University. pp. 348-350. (in Russian)
- Repin, I. and Ermolovich, I., 2020. Osobennosti neftjanogo i hloridnogo zagryaznenija na territorii Kokujskogo gazoneftjanogo mestorozhdenija [Features of oil and chloride pollution on the territory of the Kokuyskoye

gas and oil field] *Gidrogeologija i karstovedenie*. (20), pp. 224–230. (in Russian)

20. Khotyanovskaya, Y., Buzmakov, S. and Kuchin, L., 2023. Geocological regularities of the natural environment transformation during the exploitation of an oil field. *Geographical bulletin*. 1(64), pp. 127–138.

<https://doi.org/10.17072/2079-7877-2023-1-127-138> (in Russian)

21. Buzmakov S. and Khotyanovskaya Y. 2020. Degradation and pollution of lands under the influence of oil resources exploitation. *Applied Geochemistry*, (113), p. 104443. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.104443>

Статья поступила в редакцию 09.03.2023; одобрена после рецензирования 30.03.2023; принята к публикации 16.05.2023.

The article was submitted 09.03.2023; approved after reviewing 30.03.2023; accepted for publication 16.05.2023.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Воронов Г.А.	
Наймушина Е.Э.	6
Колбин В.А.	19
Бузмаков С.А.	
Гатина Е.Л.	
Шестаков И.Е.	
Абдулманова И.Ф.	
Воронов Г.А.	
Санников П.Ю.	
Литвинов Н.А.	
Исаков Д.С.	26
Артамонова В.С.	32
Кучин Л.С.	
Немчанинова Е.А.	46
Хаматова А.В.	54

Научное издание

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Том 9, № 1
2023

Компьютерная верстка: Е.А. Мехоношина
Макет обложки: П.Ю. Санников

Подписано в печать 31.05.2023. Дата выхода: 05.06.2023
Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 7,67. Тираж 100 экз. Заказ 72

Редакция научного журнала «Антропогенная трансформация природной среды»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15. ПГНИУ. Географический факультет
Тел. (342) 239-64-87

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета.
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15
Тел. (342) 239-66-36

Распространяется бесплатно