

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Биологический институт  
Кафедра экологии, природопользования и экологической инженерии  
Верхне-Обское бассейновое водное управление  
Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области  
ОГБУ «Облкомприрода»

# ЭКОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

*Сборник научных трудов*

Выпуск 6

Издательство  
Литературное  
бюро

Томск-2023

УДК 502/504(045)  
ББК 20.1я43  
Э 400

Редакционная коллегия:  
А.М. Адам, Н.И. Лаптев, Н.Л. Яблочкина, Н.Н. Ильинских, М.В. Олонова

Э 400

**Экология и управление природопользованием:** сборник научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Томск, 25 ноября 2022 г.; под ред. А.М. Адама. Вып. 6. – Томск: Литературное бюро, 2023. – 114 с.

ISBN 978-5-6044280-3-0

Сборник издан по итогам работы шестой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, проведенной кафедрой экологии, природопользования и экологической инженерии.

В сборнике представлены научные разработки ученых, специалистов-практиков, аспирантов, соискателей, магистрантов и студентов, посвященные современным вопросам управления охраной окружающей среды и рациональным природопользованием, новым энерго- и ресурсосберегающим технологиям, сохранению биоразнообразия и непрерывному экологическому образованию.

Для научных учреждений, органов исполнительной власти, сотрудников природоохранных организаций, преподавателей высших и средних специальных учебных заведений, общеобразовательных школ, дошкольного образования.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте: [kafedra1.green.tsu.ru](http://kafedra1.green.tsu.ru)

УДК 502/504(045)  
ББК 20.1я43

ISBN 978-5-6044280-3-0

© Кафедра экологии, природопользования  
и экологической инженерии, 2023

# Управление использованием водных ресурсов на основе наилучших доступных технологий на примере водохозяйственного участка 13.01.03.004 (Томь от г. Кемерово до Устья)

Адам А.М.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

Горбачев В.Н.

Научно-исследовательский институт региональных медико-экологических проблем, Россия, г. Барнаул

Мершина Г.И.

Верхне-Обское БВУ, Россия, г. Томск

В статье рассматривается система управления использованием водных ресурсов в соответствии с новыми требованиями на основе наилучших доступных технологий. Проводится анализ деятельности водопользователей за период 2018–2021 г. на примере водохозяйственного участка 13.01.03.004 (Томь от г. Кемерово до устья).

**Ключевые слова:** водохозяйственный участок, наилучшие доступные технологии, схема комплексного использования и охраны водных объектов, объект негативного воздействия, сточные воды, источник сброса сточных вод, нормативы допустимого сброса.

Система управления в сфере использования и охраны водных объектов основана на бассейновом подходе, частями которого являются водохозяйственные участки – часть речного бассейна, имеющая характеристики (границы, площадь, географическое положение, рельеф местности, пересекаемые ландшафты, абсолютные высоты, административные границы), позволяющие установить лимиты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и другие параметры использования водного объекта (водопользования) [1].

Лимит забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта характеризует предельный объем забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта, определяемый в соответствии с водохозяйственными балансами (ВБХ) по речным бассейнам, подбассейнам и водохозяйственным участкам (ВХУ) при различных условиях водности, а также с утвержденными в установленном порядке нормативами допустимых воздействий на водные объекты.

Лимит сброса сточных вод характеризует предельный объем сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в водный объект, определяемый в соответствии с ВБХ по речным бассейнам, подбассейнам и ВХУ при различных условиях водности, а также с утвержденными в установленном порядке нормативами допустимых воздействий на водные объекты.

Квоты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта определяют объемы забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта, выделяемые для каждого субъекта Российской Федерации как часть лимитов забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта в границах речных бассейнов, подбассейнов и ВХУ.

Квоты сброса сточных вод в водные объекты определяют объемы сброса сточных вод, соответствующих

нормативам качества, в водные объекты, выделяемые для каждого субъекта Российской Федерации как часть лимитов сброса сточных вод в границах речных бассейнов, подбассейнов и ВХУ при различных условиях водности [12].

Водохозяйственный участок 13.01.03.004 охватывает бассейн р. Томи от г. Кемерово до ее впадения в р. Обь. Участок расположен в Томской, Кемеровской и Новосибирской областях, его площадь составляет 14,6 тыс. км<sup>2</sup> (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема водохозяйственного участка 13.01.03.004

Водные ресурсы данного водохозяйственного участка активно используются на забор (изъятие) воды для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, с целью орошения земель сельскохозяйственного назначения, добычи полезных ископаемых, сброса сточных вод, происходит проведение дноуглубительных работ и других работ, связанных с изменением дна и берегов водного объекта, использование акватории для размещения плавательных средств и др. Право пользования предоставляется на основе утвержденных схемой комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Оби (СКИОВО-Обь) лимитов и квот [12].

Потребность в водных ресурсах населения и предприятий обеспечивается в полном объеме и составляет:

- на забор воды 370 млн м<sup>3</sup> в год (1,5% от возможного объема забора воды);
- на сброс сточных вод 562,2 млн м<sup>3</sup> в год (2,5% от возможного объема сброса сточных вод). Превышение объема сброса сточных вод над водопотреблением в 1,5 раза обусловлено активным использованием подземных вод.

Главная водная артерия ВХУ р. Томь, протекая по территории Кемеровской, Томской областей и собирая сточные воды таких крупнейших промышленных центров, как Междуреченск, Новокузнецк, Кемерово, Томск, загрязняется сточными водами предприятий преимущественно топливно-энергетической, горнодобывающей,

золотодобывающей, металлургической и химической отраслей, а также сточными водами предприятий коммунального хозяйства.

В настоящее время практически завершился первый этап внедрения системы наилучших доступных технологий (НДТ) в сфере охраны окружающей среды с целью обеспечения минимизации негативного воздействия на окружающую среду, в том числе и в сфере управления водными ресурсами [2].

Динамика сброса сточных вод на ВХУ за период 2018–2021 гг. в результате природоохранной деятельности водопользователей по исполнению требований системы НДТ показывает:

- сокращение объема сброса сточных вод с 406 до 369 млн м<sup>3</sup> (10%);
- сокращение массы сброса загрязняющих веществ ранее характерной и устойчивой загрязненности водных объектов (БПК<sub>полн</sub>, нефтепродукты, аммоний-ион, ХПК, фосфаты (по фосфору), фенолы);
- улучшение качества воды р. Томи по маркерным веществам (БПК<sub>полн</sub>, нефтепродукты, аммоний-ион, ХПК);
- увеличение содержания кислорода в замыкающем створе р. Томи (0,1 км выше с. Козюлино) на 25% (8,51 и 10,6 мг/л соответственно).

Масса сброса по БПК<sub>полн</sub> уменьшается почти в 2 раза. При этом качество воды по данному показателю также улучшается в 1,3 раза (рис. 2) [7, 8].

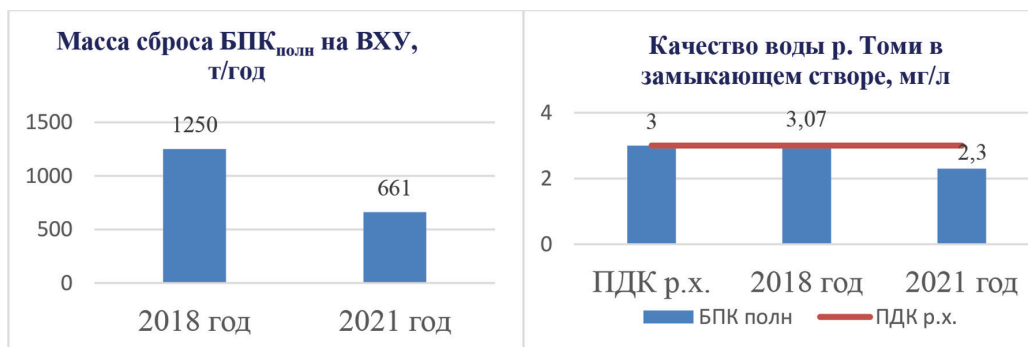


Рис. 2. Динамика массы сброса и концентрации БПК<sub>полн</sub> в р. Томи на ВХУ

Масса сброса нефтепродуктов уменьшается почти в 1,7 раза. При этом качество воды по данному показателю также улучшается в 1,7 раза (рис. 3) [7, 8]. Масса сброса аммоний-иона уменьшается почти в 1,7 раза. При этом

качество воды по данному показателю также улучшается в 1,5 раза (рис. 4) [7, 8]. Масса сброса ХПК уменьшается почти в 1,2 раза. При этом качество воды по данному показателю также улучшается в 1,1 раза (рис. 5) [7, 8].

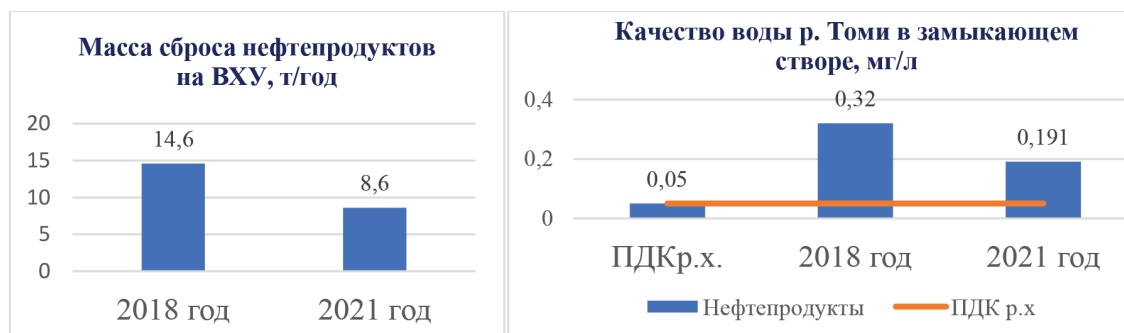


Рис. 3. Динамика массы сброса и концентрации нефтепродуктов в р. Томи на ВХУ



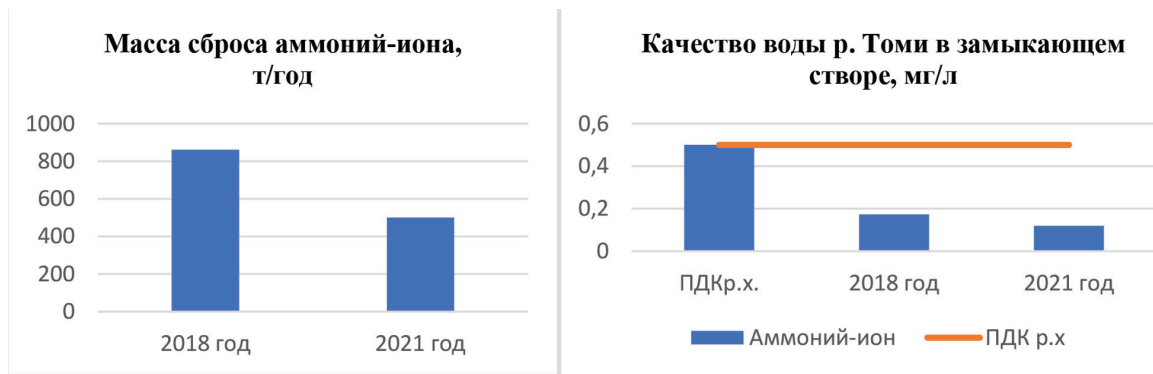


Рис. 4. Динамика массы сброса и концентрации аммоний-иона в р. Томь на ВХУ

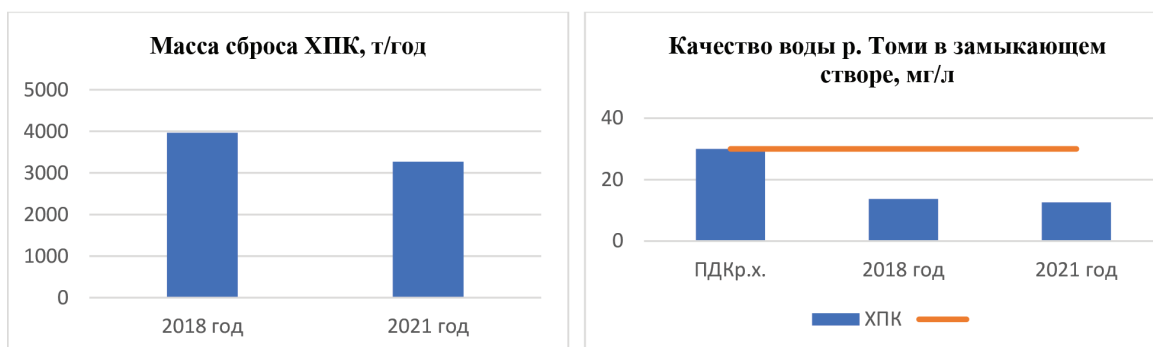


Рис. 5. Динамика массы сброса и концентрации ХПК в р. Томь на ВХУ

Таким образом, реализация водопользователями природоохранных мероприятий в границах ВХУ 13.01.03.004 (Томь от г. Кемерово до устья) в рамках внедрения системы НДТ привела к значительному уменьшению массы сброса загрязняющих веществ и снижению концентрации основных загрязняющих веществ, что также подтверждается четкой корреляционной зависимостью данных показателей.

#### Список литературы

1. Водный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ.
2. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 10-2019 Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. М.: Бюро НДТ, 2019.
4. Постановление Правительства РФ от 15.09.2020 № 1430 «Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов».
5. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями и дополнениями).
6. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведения водоохранных мероприятий по территории деятельности ФГБУ «Западно-Сибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» за 2018 год. Новосибирск, 2019.
7. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведения водоохранных мероприятий по территории деятельности ФГБУ «Западно-Сибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» за 2021 год. Новосибирск, 2022.
8. Нормативы допустимого воздействия на водные объекты бассейна р. Обь в пределах водохозяйственных участков. М.: Федеральное агентство водных ресурсов, 2014.
9. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29 июня 2020 г. № 400 «Об утверждении административного регламента по предоставлению органами государственной власти субъектов Российской Федерации государственной услуги в сфере переданного полномочия Российской Федерации по предоставлению водных объектов или их частей, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, в пользование на основании решений о предоставлении водных объектов в пользование».
10. Приказ Росстата от 27.12.2019 № 815 «Об утверждении формы федерального статистического наблюдения с указаниями по ее заполнению для организации Федерального агентства водных ресурсов федерального статистического наблюдения об использовании воды».
11. Водохозяйственные участки Верхне-Обского бассейнового округа: пособие. М.: Федеральное агентство водных ресурсов, 2004.
12. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Обь. Утверждена приказом Нижне-Обского БВУ от 25.08.2014 № 285.

## Красная книга почв Воронежской области как способ сохранения биологического разнообразия экосистем

**Алаева Л.А.**

*Воронежский государственный университет, Россия, г. Воронеж*

**Девятова Т.А.**

*Воронежский государственный университет, Россия, г. Воронеж*

**Негробова Е.А.**

*Воронежский государственный университет, Россия, г. Воронеж*

Сохранение биологического разнообразия – один из индикаторов устойчивого развития территории. В статье рассмотрены примеры практического решения данного вопроса на территории Воронежской области. Создана сеть особо охраняемых природных территорий, которая ежегодно расширяется, и опубликована Красная книга растений и животных. В настоящее время готовится к опубликованию Красная книга почв Воронежской области, в которой особо ценные почвы разделены на категории: эталонные, редкие, исчезающие, уникальные, агроземы.

*Ключевые слова:* биологическое разнообразие, Красная книга почв, особо охраняемые природные территории, степи, леса, устойчивое развитие.

Воронежская область (ВО) в административном отношении входит в состав Центрального федерального округа РФ и занимает центральное положение в Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР). Согласно природной зональности ВО расположена на стыке лесостепной и степной зон, что предопределило специфику ее биологического разнообразия. На территории области встречаются лесные, лесостепные и степные виды растений и животных. Общая облесенность области составляет 8,2%. Большую часть территории области занимают степные участки, на которых сформировались черноземы. Плодородные почвы предопределили аграрную направленность развития региона, поэтому уже более 100 лет основные площади черноземов вовлечены в сельскохозяйственное использование. Целинные участки степей с нетронутыми почвами сохранились лишь в пределах особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Интенсивное развитие агропромышленного комплекса региона повышает уровень его экономического развития. Однако для устойчивого развития территории необходимо сохранять и восстанавливать биологическое разнообразие, которое участвует в поддержании экологического равновесия экосистем и способствует формированию комфортной среды обитания для населения.

Высокая степень антропогенной преобразованности лесостепных и степных ландшафтов области предопределила необходимость реализации системы мер по сохранению их биологического разнообразия. Администрация ВО уделяет большое внимание реализации мер по сохранению и поддержанию биологического разнообразия области. Основой экологического каркаса области является сеть ООПТ из 256 образований общей площадью 230 727 га, из них 2 заповедника, 22 заказника, 4 природных парка, 186 памятников природы, 1 дендрологический парк, 4 ландшафтных памятника, 37 садово-парковых ландшафтов [1]. В 2018 г. была издана Красная книга растений и животных Воронежской области в двух томах [2, 3]. Перечень охраняемых растений включил 237 видов сосудистых растений, 43 вида моховидных, 42 вида лишайников, 26 видов грибов. В Красную книгу животных вошли 275 видов беспозвоночных животных (5 видов из типа Кольчатые черви, 4 вида

из типа Моллюски, из типа Членистоногие, 3 вида из класса Ракообразные, 2 вида из класса Паукообразные, 261 вид из класса Насекомые), 121 вид позвоночных животных (1 вид из класса Миноги, 9 видов из класса Лучеперые, 4 вида из класса Земноводные, 9 видов из класса Пресмыкающиеся, 72 вида из класса Птицы, 26 видов из класса Млекопитающие).

Почвы – уникальный компонент экосистем, который выполняет ряд экологических функций, в том числе информационную. Она позволяет почвам сохранить «память» былых эпох и почвенных палео процессов. Поэтому создание ареалов естественных почв с особым охраняемым режимом позволит сохранить для науки и потомков почвы без антропогенного вмешательства. Актуальность данной проблемы подтверждается вниманием к этому вопросу на государственном уровне. В настоящий момент законодательной базой создания Красных книг почв Российской Федерации и регионов является Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10 января 2002 г., в статье 62 которого указано [4], что редкие и находящиеся под угрозой исчезновения почвы подлежат охране государства и в целях их учета и охраны учреждаются Красная книга почв Российской Федерации и Красные книги почв субъектов Российской Федерации, порядок ведения которых определяется законодательством об охране почв.

Во исполнение федерального закона в Воронежской области было принято Постановление правительства Воронежской области от 02.02.2015 № 46 «Об утверждении Положения о Красной книге почв Воронежской области» [5]. Согласно утвержденному положению Красная книга почв Воронежской области является официальным документом, содержащим свод сведений о состоянии, распространении (ареале), мерах охраны редких и находящихся под угрозой исчезновения почв, сформировавшихся в естественных условиях и выявленных на территории Воронежской области. Важным этапом по ведению Красной книги почв Воронежской области была разработка ее концепции и структуры. На территории ВО сформировалась сложная структура почвенного покрова, обусловленная неоднородными географическими условиями [6–8]. Учеными-почвовед-

ми Воронежского государственного университета были предложены научно обоснованные категории почв для включения в Красную книгу почв Воронежской области: эталонные, редкие, исчезающие, уникальные почвы и агроземы [9].

Полевой этап составления Красной книги почв Воронежской области продлился с 2019 по 2021 г. За это время состоялись комплексные экспедиции, включавшие почвоведов, ботаников, зоологов и других специалистов. По результатам обследования все изученные 96 почвенных объектов были распределены по ранее утвержденным категориям.

В категорию эталонных почв включены:

почвы водораздельных ландшафтов с лугово-степной растительностью (тип черноземы глинисто-иллювиальные, подтипы типичные (AU-BI-C<sub>(ca)</sub>), оподзоленные (AU-AUe-BI-C<sub>(ca)</sub>), глееватые (AU-BIg-Cg), гидрометаморфизованные (AU-AUq-BIq-Cq), тип черноземы, подтипы сегрегационные (AU-BCAnc-C<sub>ca</sub>), миграционно-мицелиарные (AU-AUlc-BCAnc-C<sub>ca</sub>), тип черноземы текстурно-карбонатные, подтипы типичные (AU-CAT-C<sub>ca</sub>));

почвы водораздельных ландшафтов островных дубрав (тип серые, подтип типичные (AY-AEL-BEL-BT-C<sub>ca</sub>), тип темно-серые, подтипы типичные (AU-AUe-BEL-BT-C), глееватые (AU-AUe-BELg-Cg-D));

почвы пойменных ландшафтов (тип аллювиальные серогумусовые (дерновые), подтип глееватые (AY-Cg<sup>~</sup>-Cg), тип аллювиальные темногумусовые, подтипы гидрометаморфизованные (AU<sub>ca</sub>-Q<sup>~</sup><sub>ca</sub>-CQ<sub>ca</sub>), солонцеватые (AU1sn,ca-U2sn,ca<sup>~</sup>-AU-Cg,ca), слитизированные (AU-AU(v),g<sup>~</sup>-Cg-C<sub>(ca)</sub>,g), тип аллювиальные перегнойно-глеевые, подтип типичные (H-G-CG));

почвы надпойменно-террасовых ландшафтов (тип дерново-элювизовые, подтипы псевдофибровые (AY-EL-Dff-D), иллювиально-ожелезненные (AY-EL-Df-D), языковатые (AY-EL-Dy(Cy)-D(C)), глинисто-иллювирированные (AY-EL-Dt(Ct)-D(C)), глееватые (AY-EL(g)-Dg(Cg)).

Категория редких почв включает почвы, сформировавшиеся

на меловых обнажениях коренного склона реки Дон и его правых притоков, расположенных на Среднерусской возвышенности (тип серогумусовые (дерновые), подтип остаточно-карбонатные (AY<sub>ca</sub>-C<sub>ca</sub>), тип темногумусовые, подтип остаточно-карбонатные (AU<sub>ca</sub>-C<sub>ca</sub>-M<sub>ca</sub>), тип карбо-литоземы темногумусовые (рендзины), подтип типичные (AU-C<sub>ca</sub>-M<sub>ca</sub>));

на дюнных песчаных наносах в долиново-речных ландшафтах (тип псаммоземы гумусовые, подтип типичные (W-C<sup>~</sup>));

на сфагновых болотах, которые имеют ограниченное распространение в лесостепи (тип торфяные олиготрофные, подтип типичные (ТО-ТТ)).

Категория исчезающих почв объединила группу почв овражно-балочных комплексов, которые подвержены либо разрушению верхнего плодородного слоя (зональные почвы разной степени смывости), либо формируются в условиях постоянного поступления минерального материала, который перекрывает верхние горизонты почвенного профиля: тип стратоземы светлогумусовые, подтип водно-аккумулятивные (AJaq<sub>ca</sub>-RJa<sub>ca</sub>-Dca), тип стратоземы серогумусовые, подтип водно-аккумулятивные (AYaq-RYaq-D), тип стратоземы серогумусовые на погребенной почве, подтип водно-аккумулятивные (AYaq,e-RYaq,e-[AUe]).

Кроме того, в категорию исчезающих почв вошли зональные черноземы, на которых более 100 лет произрастают искусственные дубравы и островные дубравы, которые увеличивали свою площадь за счет разрастания от центра к периферийной части. Профиль данных почв состоит из генетических горизонтов черноземов, но в верхней 50-сантиметровой толще отмечаются признаки лесного почвообразования (наличие кремнеземистой присыпки в верхней части гумусового горизонта, ореховатая структура).

В категорию уникальных почв вошли палеопочвы (палеочернозем текстурно-карбонатный гидрометаморфизованный маломощный карбонатный среднесуглинистый на тяжелом глееватом суглинке), погребенные под курганом возраста 2 тыс. лет.

Особое значение имеет ограниченный режим использования для почв, уже вовлеченных в сельское хозяйство. Поэтому в Красной книге почв Воронежской области выделена категория агроземов. В эту группу вошли агрочерноземы (PU-AU-BI-BC-Cca и др.) опытных полей и заказников, в пределах которых используются адаптивные технологии земледелия.

Таким образом, Красная книга почв Воронежской области законодательно закрепил охраняемый статус особо ценных почвенных объектов, что станет научно-практическим решением проблемы сохранения биологического разнообразия экосистем лесостепной и степной зон ЦЧР.

#### Список литературы

1. Атлас особо охраняемых природных территорий Воронежской области / Р.В. Андреева, С.В. Гурова, Л.Ф. Попова. Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2017. 254 с.
2. Красная книга Воронежской области: в 2 т. Т. 1. Растения. Лишайники. Грибы / под ред. В.А. Агафонова. Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2018. 416 с.
3. Красная книга Воронежской области: в 2 т. Т. 2. Животные / под ред. О.П. Негрובה, А.Д. Нумерова. Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2018. 448 с.
4. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Об утверждении положения о Красной книге почв Воронежской области: Постановление правительства Воронежской области от 02.02.2015 № 46 от 02.02.2015. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Девятова Т.А., Алаева Л.А., Аносова О.А. Современные эдафические условия произрастания байрачных дубрав юга Воронежской области // Лесотехнический журнал. 2016. № 4. С. 54–61.
7. Девятова Т.А., Алаева Л.А., Яблонских Л.А. Soil composition and properties: a case study of Shilovsky Upland Oak Forest (Russia) // Forestry 2018: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: электрон. науч. журн. 2019. С. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012015> (дата обращения 20.11.2021).
8. Humus horizons of the Voronezh upland oak forest (Russia) // Forestry 2020: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: электрон. науч. журн. 2021. Vol. 875. P. 012071. DOI: 10.1088/1755-1315/875/1/012071 (дата обращения 20.11.2022).
9. Яблонских Л.А. и др. Концепция Красной книги почв Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармацевтика. 2015. № 2. С. 96–100.

## Перспективы рационального использования геотермальных ресурсов на территории Томской области

Армянинов А.Е.

Томский лесотехнический техникум, Россия, г. Томск

Ти А.В.

Томский лесотехнический техникум, Россия, г. Томск

В статье приведена характеристика запасов геотермальных ресурсов региона, а также рассматриваются и анализируются перспективы использования этих ресурсов в Томской области для различных отраслей народного хозяйства.

*Ключевые слова:* геотермальные ресурсы, геотермальное отопление, рациональное использование, альтернативные источники энергии.

Томская область уже несколько лет относится к регионам с дефицитом вырабатываемой электроэнергии, недостаток которой покрывается перетоками из соседних энергосистем.

Одним из перспективных направлений в решении этого вопроса является использование альтернативных возобновляемых источников энергии [1] (таблица). К числу таких энергоресурсов относятся геотермальные ресурсы региона.

### Виды основных альтернативных источников энергии Томской области и перспективность их использования

Вид альтернативного источника энергии	Населенный пункт
Геотермальные воды	Чажемто, Пудино, Кедровый, Александровское, Нарым, Парабель, Колпашево, Белый Яр
Осушенные торфяные месторождения	Аркадьево, Ишколь, Плотниковское, Сухое-Вавиловское, Чемондаевское, Мушкинское, Короткино 2, Мараксинское, Усть-Кандинское, Открытое, Челбак 1, Челбак 2
Перспективные в энергетических целях торфяные месторождения	Суховское, Усть-Бакчарское, Короткино 1, Центральное, Васьуганское, Пчелиное, Темное, Гусевское
Перспективные гибридные генерирующие станции ВЭС/СЭС	Иванкино, Макзыр, Дружное, Первопашенск, Наунак, Лукашкин Яр
Перспективность установки ВЭС	Киевский, Тымск, Назино, Новоникольское

Предварительные исследования и составленный энергетический кадастр термальных вод области показывают, что Томская область располагает 40–50% геотермальных ресурсов Западной Сибири, на долю которой в общем российском геотермальном балансе приходится около 70%. По набору типов лечебных и техноценных вод и ярусности их расположения в разрезе ей нет равных в Западной Сибири [2].

В недрах Томской области на доступной глубине (1–4 км) сосредоточено колоссальное (превосходящее все остальные регионы Российской Федерации) количество возобновляемых, наиболее безопасных, дешевых и стабильных по мощности геотермальных энергоресурсов.

Выработка электроэнергии, теплофикация и горячее водоснабжение городов и поселков, круглогодичное

функционирование обогреваемых теплиц и рыбопродуктивных прудов, термальные души и бассейны, санаторные водолечебницы и заводы промышленного розлива лечебных вод, закачка термальных вод в нефтяные пласты с целью повышения нефтеотдачи пород, добыча рудных и других техноценных компонентов – вот неполный перечень перспективного и весьма эффективного использования подземных термальных вод Томской области.

В результате предварительных исследований в 2000 г. были определены наиболее перспективные районы и мощности энергоустановок. Предполагалось разместить в зоне децентрализованного электроснабжения 12 ГеоТЭС (каждая может иметь в своем составе от одного до трех энергоблоков) общей установленной мощностью 12 МВт [3].

В 2013–2014 гг. началось практическое применение геотермального отопления в Томской области. В с. Турунтаево открылся первый в Томском районе детский сад, оборудованный системой геотермального отопления посредством тепловых насосных установок [4] (рисунок).



Геотермальная система отопления в детском саду с. Турунтаево

Подобная система отопления используется в школе в с. Вершинино Томского района. В 2014 г. введены в строй системы отопления для двух дошкольных групп в



д. Кандинка и в пос. Копылово, произведена также реконструкция и переоборудование здания под детский сад в с. Тахтамышево. Во всех трех зданиях отопление реализовано посредством тепловых насосов, поскольку система уже успела себя оправдать.

В текущем году Томский политехнический университет, «Газпромнефть» и администрация Томской области подписали соглашение о развитии технологий геотермальной энергетики на полях ПМЭФ-2022 [5].

Планируется создание новых геотермальных станций мощностью до 2,5 МВт, которые позволят отказаться от дизельных генераторов. Генерация электричества будет осуществляться из тепловой энергии подземных источников горячей воды, которую также можно будет использовать для отопления или горячего водоснабжения.

Проект готовится к запуску уже в 2022 году. Сначала ученые и специалисты проведут научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы. «Газпромнефть» должна заняться поиском геотермальных источников, подсчетом тепловых запасов, определением зон для бурения и размещением экологичных энергостанций.

Руководство Томской области рассматривает проект как возможность повысить надежность и доступность теплоснабжения отдаленных населенных пунктов, где нет центрального теплоснабжения и есть сложности с логистикой. Для «Газпромнефти» это возможность при-

менить передовые научные решения, которые есть у Томского политехнического университета.

Таким образом, потенциал природных возобновляемых геотермальных ресурсов Томской области позволяет решить многие энергетические проблемы региона. Экономически целесообразно использовать ВИЭ прежде всего в децентрализованных системах электрообеспечения с применением энергоустановок малой мощности.

#### Список литературы

1. Фузелла Т.Ш. Альтернативные источники энергии на территории Томской области: возможности и перспективы использования // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2014. № 5.
2. Разработка методики оценки эффективности применения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для энергосбережения и повышения энергоэффективности организаций РАО «ЕЭС Россия»: отчет о НИР № 20-345. Томск, 2001. 266 с.
3. Лукутин Б.Ф., Обухов С.Г., Яворский М.И. Перспективы малой энергетики в Томской области // Новости теплоснабжения. 2002. № 5.
4. Коваленко А.В. Геотермальное отопление в томском селе // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. 2014. № 3.
5. Плетнева И.С. Геотермальная энергетика: Камчатка и Томская область в деле // Сибирский экономист – все об экономике в Сибири и на Дальнем Востоке.

## Современное состояние древостоев кедров сибирского, поврежденных новым инвазионным вредителем – союзным короедом *Ips amitinus* в Томской области

Бисирова Э.М.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия, Томск;  
Всероссийский центр карантина растений, Томский филиал, Томск, Россия

Керчев И.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия, Томск

В статье приводится анализ современного состояния древостоев кедров сибирского *Pinus sibirica* Du Tour в припоселковых кедровниках, поврежденных новым инвазионным вредителем – союзным короедом *Ips amitinus* (Eichh.). Обследования проводились методом закладки и детального обследования наземной пробной площади и аэрофотосъемки этого же участка с беспилотного летательного аппарата DJI P4 Multispectral. Комбинирование этих двух подходов позволило оценить поврежденность стволов и корневых лап деревьев, а также выявить деревья с характерными первичными, незаметными с земли признаками дехромации кроны, вызванными заселением вредителя. В результате во всех обследованных припоселковых кедровниках выявлены очаги союзного короеда и неудовлетворительное состояние древостоев кедров сибирского.

*Ключевые слова:* кедр сибирский, кедровые леса, инвазия, жизненное состояние лесов, союзный короед, фактор деградации лесов.

Припоселковые кедровники являются уникальным типом лесных экосистем Сибири с абсолютным преобладанием кедров сибирского *Pinus sibirica* Du Tour в породном составе. Они формировались местным населением начиная с XVII в. путем преобразования коренных полидоминантных лесов в орехоплодные сады. На данный момент эти насаждения представлены кедром второго и даже третьего поколения [1]. В настоящее время кедровники встречаются в окрестностях практически

всех старых поселений в южной части Сибири, однако наибольшая площадь таких насаждений сосредоточена на юге Томской области [2], где большая их часть выделена в особо охраняемые природные территории регионального значения [3].

Окультуренные припоселковые кедровники характеризуются низкой биологической устойчивостью ввиду их моноподродности, обильного семеношения по сравнению с кедровниками таежного типа и ранним биологическим

старением деревьев в них. В таких лесах широко распространены механические повреждения стволов, наносимые при заготовке ореха, поранения корневых лап, отмечается высокий уровень гнилевых болезней, периодически фиксируются вспышки массового размножения хвоегрызущих насекомых, таких как сибирский шелкопряд *Dendrolimus sibiricus* Tsch. и рыжий сосновый пилильщик *Neodiprion sertifer* (Geoffr.). Под воздействием комплекса этих негативных факторов происходит ослабление деревьев и древостоев, что в конечном итоге способствует формированию хронических очагов массового размножения стволовых дендрофагов.

В 2014 г. в припоселковых кедровниках Яшкинского района Кемеровской области начали проявляться первые признаки необычного усыхания деревьев кедра по вершинному типу, а уже в 2018 г. в Лучаново-Ипатьевском кедровнике Томской области был зафиксирован очаг усыхания с идентичными признаками [4]. В 2019 г. было установлено, что усыхание вызвано появлением на территории Сибири союзного (многоходого) короеда *Ips amitinus* (Eichh.) (*Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae*) – нового для Сибирского региона вида европейского происхождения [5].

В настоящее время инвазионный ареал вредителя затрагивает леса юго-востока Западной Сибири в пределах Томской, Кемеровской и Новосибирской областей на общей площади более 30 тыс. км<sup>2</sup> и продолжает свое расширение [6]. Обосновавшись на новой территории и

освоив новую кормовую породу, союзный короед проявил себя как агрессивный вредитель, вызывая гибель кедровых древостоев на значительной площади.

Цель данного сообщения – оценить жизненное состояние и выявить степень деградации древостоев в припоселковых кедровниках, подвергшихся воздействию инвазионного короеда.

Исследования состояния древостоев кедра проводились в 2021 г. в припоселковых кедровниках Томской области на территории Томского лесничества, Богашевского участкового лесничества. Проведены детальные исследования состояния древостоев на постоянных пробных площадях (ППП), которые закладывались в соответствии с ОСТ [7], а также по аэрофотоснимкам беспилотного летательного аппарата (БПЛА) Phantom 4 Multispectral. Размер ППП варьирует от 0,4 до 0,64 га, определялся в зависимости от густоты древостоя таким образом, чтобы в пересчет вошло не менее 100 деревьев основного полога. Участки для съемки с БПЛА выбирались с наиболее выраженной визуальной однородностью полога и покрытием участка пробной площадью до 25 га. Обследованы кедровники Томского района у населенных пунктов Протопопово, Аксеново, Белоусово и Лучаново-Ипатьево.

Исследованные древостои на ППП являются чистыми по составу кедровниками возрастом 150–170 лет разнотравной группы типов леса. Детальная характеристика насаждений представлена в таблице.

**Таксационные показатели древостоев кедра сибирского на ППП в припоселковых кедровниках**

Кедровник, номер ППП	Размер ППП, га	Состав древостоя	$A_{cp}$ , лет	$D_{cp}$ , см	$H_{cp}$ , м	Полнота
Аксеновский, 2-06	0,60	10К	160	58,4	27,3	0,8
Белоусовский, 1-06	0,50	10К	153	47,9	24,3	0,6
Лучаново-Ипатьевский, 09-20	0,64	10К	150	58,1	22,6	0,8
Протопоповский, 11-21	0,40	10К ед. Е	170	49,5	23,9	1,0

Примечание: К – кедр сибирский, Е – ель сибирская.  $A_{cp}$  – средний возраст,  $D_{cp}$  – средний диаметр,  $H_{cp}$  – средняя высота.

На каждой ППП проведена оценка жизненного состояния каждого дерева с использованием 6-балльной шкалы категорий состояния [8], учитывая особенности кедра сибирского [9] и его повреждения союзным короедом [10], где к I категории состояния относили здоровые деревья, к II – ослабленные, к III – сильно ослабленные, к IV – усыхающие, к V – свежий сухостой, к VI – старый сухостой. В качестве интегрального показателя состояния древостоя использовали средневзвешенную категорию состояния деревьев (СКС).

Главным недостатком наземной оценки состояния деревьев является сложность выявления свежезаселенных союзным короедом деревьев, имеющих слабую дехромацию в заселенной вершине и сохраняющих темно-зеленую окраску хвои на нижней части кроны вплоть до начала вылета потомства вредителя [10]. Для решения данной проблемы мы сопоставляли результаты наземного обследования со снимками с БПЛА, позволяющими увидеть изменение в окраске хвои свежезаселенных короедом побегов и характер усыхания деревьев в древостое (групповое, куртинное, диффузное или сплошное). Такой подход дает полную картину о лесопатологической обстановке лесного массива, что позволяет получить количественные данные

по факторам ослабления деревьев на ППП, которые не видны с высоты (механические повреждения стволов и корневых лап, плодовые тела дереворазрушающих грибов, степень поврежденности гнилевыми патогенами), и выявить свежезаселенные союзным короедом деревья, которые плохо идентифицируются при наземном мониторинге, по снимкам.

При дешифрировании снимков использовали пять классов их жизненного состояния [11]: класс I – условно здоровое дерево, II – свежезаселенное, III – с усохшей вершиной, IV – свежий сухостой, V – старый сухостой. Характеристики деревьев при наземной оценке отличаются от таковых по снимкам. Например, выделяемый на снимках I класс состояния может соответствовать I–III категории состояния, оцененных на ППП, т.е. это жизнеспособные деревья, которые могут быть ослаблены в разной степени, а II–III класс можно соотнести с IV категорией состояния, выделяемой по 6-балльной шкале при наземном обследовании. С определением сухостойных деревьев разногласий не возникает.

Во всех обследованных припоселковых кедровниках в результате нашей работы выявлены очаги союзного короеда и неудовлетворительное состояние древостоев

кедра сибирского. Наихудшее состояние отмечено в Лучаново-Ипатовском кедровнике, где установлен самый высокий общий отпад деревьев (совокупность отмира-

ющих деревьев, свежего и старого сухостоя) на ППП – 99,3% (рис. 1б), СКС 5,5 балла характеризует древостой как погибший.

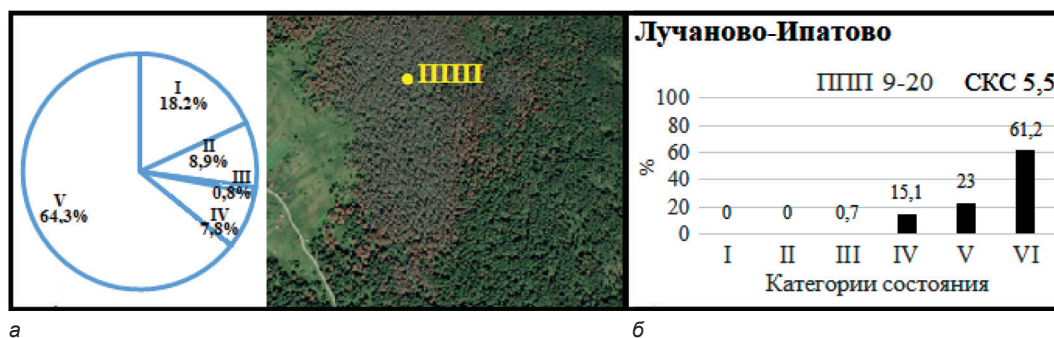


Рис. 1. Состояние древостоев в Лучаново-Ипатовском припоселковом кедровнике: а) снимок 2021 г. с БПЛА части кедровника и диаграмма распределения по классам состояния отснятого участка леса; б) распределение деревьев разных категорий состояния на ППП

В этом кедровнике в 2016–2017 гг. зафиксирована вспышка массового размножения сибирского шелкопряда, в результате чего пострадала часть древостоя, и в дальнейшем здесь был отмечен самый большой очаг союзного короледа, поэтому большая часть кедровника погибла. По данным снимков дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) насчитывалось 81,8% деревьев общего отпада, из них 8,9% – это свежезаселенные союзным короледом деревья (рис. 1а). Соотношение погибших и свежезаселенных и живых деревьев говорит об истощении кормовой базы для вредителя и процессе затухания очага в кедровнике.

Древостой на ППП в Белоусовском кедровнике отнесен к категории «отмирающий» (СКС 3,7) с общим отпа-

дом 53,7%, среди которого преобладают деревья категории «старый сухостой» (рис. 2б). По данным снимков, количество усыхающих и усохших деревьев в Белоусовском кедровнике составило 47,6%, в том числе 19,7% – это свежезаселенные деревья, еще 6% – с усохшей вершиной. Такое соотношение категорий и классов состояния показывает очаговую численность нового вредителя в кедровнике. Существенное превышение значения категории «старый сухостой» на ППП объясняется локальным очагом массового размножения шестизубчатого короледа *Ips sexdentatus* Voern. на данном участке леса в 2014–2015 гг., где впоследствии была проведена санитарно-выборочная рубка, по краю которой в настоящее время активно заселяются деревья союзным короледом.

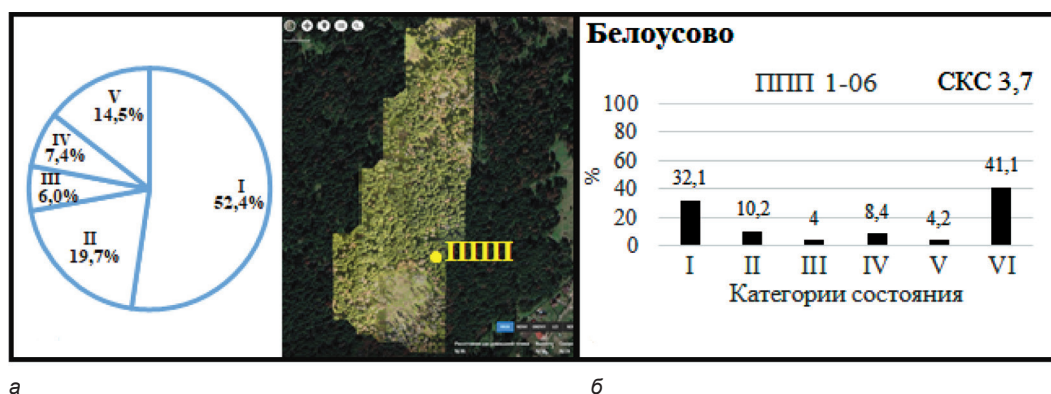


Рис. 2. Состояние древостоев в Белоусовском припоселковом кедровнике: а) снимок 2021 г. с БПЛА части кедровника и диаграмма распределения по классам состояния отснятого участка леса; б) распределение деревьев разных категорий состояния на ППП

Действующий очаг союзного короледа выявлен также в Протопоповском кедровнике, где по оценке древостоя на ППП 67% деревьев составляют общий отпад, при этом 43% из них являются отмирающими в результате заселения союзным короледом (рис. 3б). На снимках с БПЛА большей территории кедровника насчитывалось 46,8% деревьев общего отпада, при этом 18,2% из них – свежезаселенные деревья, а 10,3% с усохшей вершиной (рис. 3а).

В среднем около половины деревьев кедровника в Протопоповском кедровнике не утратили жизнеспособности, высокие значения текущего отпада (совокупность IV–V категорий) указывают на действующий очаг массового

размножения союзного короледа. Большинство живых деревьев сильно ослаблены (рис. 3б), что позволяет прогнозировать их заселение короледом в ближайшие годы.

Древостой кедровника у д. Аксеново также в значительной степени ослаблен в результате деятельности союзного короледа. В результате обследования в кедровнике выявлен действующий очаг вредителя. Распределение деревьев кедровника по категориям состояния на ППП показывает преобладание жизнеспособных кедров, однако большая их часть с признаками ослабления (рис. 4б). Высока доля отмирающих деревьев, все они заселены или обработаны союзным короледом.



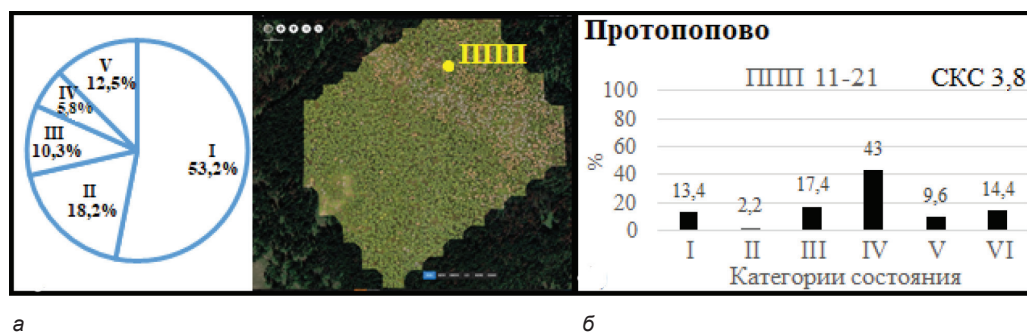


Рис. 3. Состояние древостоев в Протопоповском припоселковом кедровнике: а) снимок 2021 г. с БПЛА части кедровника и диаграмма распределения по классам состояния отснятого участка леса; б) распределение деревьев разных категорий состояния на ППП

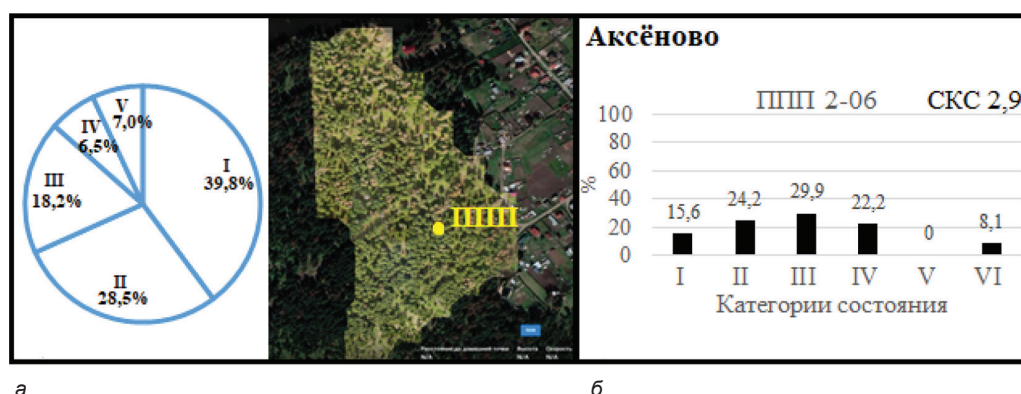


Рис. 4. Состояние древостоев кедра в Аксёновском припоселковом кедровнике: а) снимок 2021 г. с БПЛА части кедровника и распределение по классам состояния отснятого участка леса; б) распределение деревьев разных категорий состояния на ППП

При анализе снимков высокого разрешения большей площади кедровника распределение деревьев по классам жизнеспособности носит иной характер. Так, при ДЗЗ данной территории насчитывалось лишь 39,8% жизнеспособных деревьев. Значительная доля кедров отнесена к классу свежезаселенных (рис. 4а), которые достаточно сложно выявить при наземных обследованиях. Еще 18,2% деревьев были с усохшей вершиной и 13,5% – сухостой. Анализ распределения деревьев по состоянию в Аксёновском кедровнике позволяет прогнозировать расширение площади очага союзного короеда и высокую степень деградации древостоев в ближайшее время, поскольку большая часть живых деревьев имеет признаки ослабления (рис. 4).

Таким образом, в чистых древостоях припоселковых кедровников Томской области отмечена высокая доля поврежденных союзным короедом деревьев как по данным детального обследования на ППП, так и по данным ДЗЗ. В затухающем очаге союзного короеда (Лучаново-Ипатово) 8,9% деревьев, по данным ДЗЗ, отнесли к классу свежезаселенных. В остальных кедровниках количество деревьев данного класса варьировало от 18,2% (Протопопово) до 28,5% (Аксёново). Как правило, большая часть таких деревьев при наземном мониторинге была отнесена к I–III категориям жизненного состояния, что указывает на заниженную оценку заселенности древостоев инвазионным короедом. В целом использование двух методов обследования кедровых насаждений в очаге массового размножения союзного короеда дает более полную картину лесопатологической обстановки территории.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 20-04-00587).

#### Список литературы

- Петров М.Ф. Опыт организации припоселковых кедровников // Лесн. хоз-во. 1954. № 4. С. 74–78.
- Бех И.А. Кедровники южного Приобья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. 211 с.
- Особо охраняемые природные территории Томской области: учебно-справочное пособие / А.М. Адам, Т.В. Ревушкина, О.Г. Нехорошев, А.С. Бабенко. Томск: Изд-во НТЛ, 2001. 252 с.
- Керчев И.А., Кривец С.А., Скороходов С.Н., Смирнов Н.А. Союзный короед *Ips amitinus* – новый фактор деградации припоселковых кедровников в Западной Сибири // XIII Сибирское совещание и Школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу, Томск. 2019. С. 188–189.
- Керчев И.А., Мандельштам М.Ю., Кривец С.А., Илинский Ю.Ю. Союзный короед *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872.) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) – новый чужеродный вид в Западной Сибири // Энтомологическое обозрение. 2019. Т. 98, № 3. С. 592–599. DOI 10.1134/S0367144519030092
- Керчев И.А., Кривец С.А., Бисирова Э.М., Смирнов Н.А. Распространение союзного короеда *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) в Западной Сибири // Российский журнал биологических инвазий. 2021. Т. 14, № 4. С. 77–84. DOI 10.35885/1996-1499-2021-14-4-77-84
- ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. М.: Гослесхоз СССР, 1984. 59 с.
- Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
- Кривец С.А., Бисирова Э.М., Демидко Д.А. Виталитетная структура древостоев кедров сибирского *Pinus sibirica* Du Roi на юго-востоке Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2008. № 313. С. 225–231.

10. Бисирова Э.М., Керчев И.А. Оценка состояния кедрового сибирского в очагах массового размножения союзного короеда – нового инвазионного вредителя в Сибири // Дендробионты беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах. IX чтения памяти О.А. Катаева, Санкт-Петербург, 24–27 ноября 2020 г. СПб: СПбГЛТУ, 2020. С. 82–83.

11. Марков Н.Г., Маслов К.А., Керчев И.А., Токарева О.С. Модели U-Net для семантической сегментации поврежденных деревьев сосны сибирской кедровой на снимках с БПЛА // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19, № 1. С. 65–77. DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-1-65-77.

## Актуальные проблемы обращения с твердыми коммунальными отходами на территории Алтайского края

**Васильева А.О.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Яблочкина Н.Л.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

В статье рассматриваются актуальные проблемы системы обращения с твердыми коммунальными отходами на территории Алтайского края. Выполнен анализ состояния площадок накопления твердых коммунальных отходов на примере г. Барнаула.

*Ключевые слова:* система обращения с твердыми коммунальными отходами, территориальная схема Алтайского края, размещение отходов, сортировка отходов, региональный оператор.

Проблема отходов в настоящее время одна из главных проблем современности. Особое место занимают твердые коммунальные отходы (ТКО) – отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К твердым коммунальным отходам также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, и подобные по составу отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами [1].

В целом существующее состояние системы обращения с отходами в Алтайском крае характеризуется ростом объемов образования и захоронения отходов производства и потребления.

Слабое развитие индустрии утилизации приводит к тому, что захоронение отходов на объектах размещения является основным методом системы управления отходами. Система сбора вторичного сырья разработана только в небольшой части муниципальных образований. Необходимо отметить, что утилизации подвергаются в основном следующие отходы: лом черных и цветных металлов, отходы пластических материалов, бумаги и картона, полимерные отходы, стекло.

Основной проблемой для муниципальных образований края остается несанкционированное размещение отходов вдоль транспортных путей, на окраинах районов и населенных пунктов, на территориях дачных и садоводческих кооперативов, в местах массового (организованного и неорганизованного) отдыха населения.

Во исполнение поручения президента Российской Федерации от 15.11.2017 № Пр-2319 приказом Главного управления природных ресурсов и экологии Ал-

тайского края от 14.10.2016 № 1783 (ред. 09.01.2018 № 1) утверждена территориальная схема обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, Алтайского края, которая размещена в информационно-телекоммуникационной сети Интернет на официальных сайтах Алтайского края и Минприроды Алтайского края [2].

В основу территориальной схемы положен механизм управления региональной системой обращения с отходами, основанный на межмуниципальном зонировании территорий Алтайского края (выделены семь управленческих округов/зон), и развития инфраструктуры по сбору, накоплению, использованию, обезвреживанию, транспортированию и размещению отходов [3, 4].

Зоны деятельности региональных операторов на территории Алтайского края представлены в графическом виде (рис. 1).

По данным Министерства природных ресурсов и экологии Алтайского края, в 2020 г. в Алтайском крае объем образования отходов составил 4 706 532,12 куб. м (рис. 2).

При анализе состояния площадок накопления ТКО в г. Барнауле (рис. 3) были выявлены следующие основные проблемы:

не соблюдаются требования СанПиН 2.1.3684-21 по количеству устанавливаемых контейнеров на площадках для крупногабаритных отходов и ТКО;

не соблюдается определенное расстояние от контейнерной площадки до близлежащих домов, детских игровых и спортивных площадок;

нет специального твердого (асфальтного, бетонного) покрытия с уклоном для отведения талых и дождевых сточных вод;

нет ограждений с трех сторон высотой не менее метра, которое будет препятствовать распространению отходов за пределы площадки.

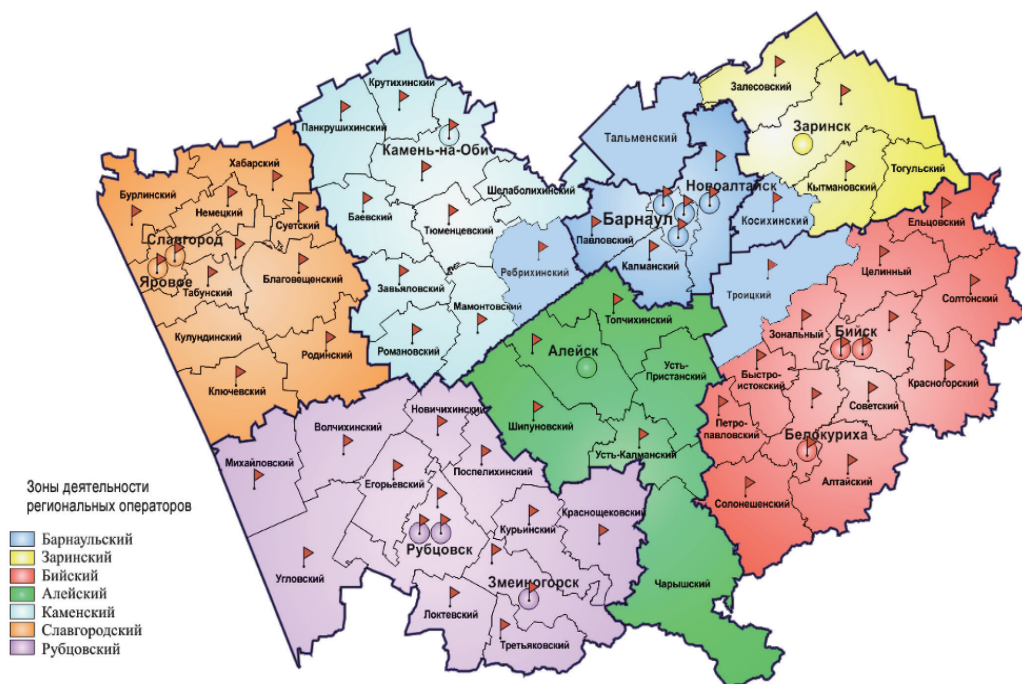


Рис. 1. Карта-схема «Зоны деятельности региональных операторов» (<https://minprirody.alregn.ru/>)

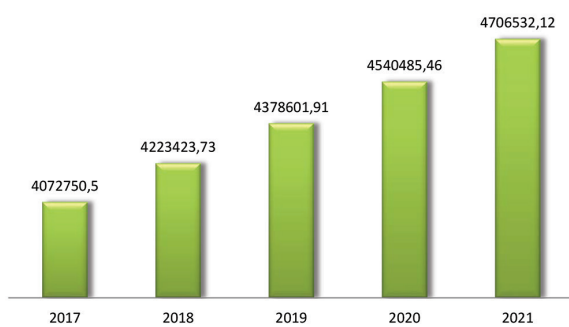


Рис. 2. Динамика объемов образования отходов в Алтайском крае в 2017–2021 гг., куб. м



Рис. 3. Состояние площадок накопления ТКО в г. Барнауле

Таким образом, несмотря на всю рационализацию в области обращения с ТКО на территории Алтайского края, система не совсем эффективна и не достигла комплексного подхода. Новая система должна быть направлена на приоритет развития и совершенствования инфраструктуры, а также на максимальную вовлеченность ТКО во вторичный хозяйственный оборот, а также создание необходимых объектов по использованию, обезвреживанию и утилизации отходов.

Необходимо рассмотреть вариант внедрения новых технологий, принятия новых конструктивных решений, а также модернизации конструкции площадки сбора крупногабаритных отходов. Конструкция должна включать в себя бетонную плиту, ограждения с трех сторон и навес. Это позволит предотвратить неорганизованное нако-

пление мусора вокруг контейнеров и попадание дождевой воды в баки.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».
2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Алтайского края от 09.01.2018 № 1 «О внесении изменений в приказ Главного управления природных ресурсов и экологии Алтайского края от 14.10.2016 № 1783».
3. Закон Алтайского края от 11.02.2008 № 11-ЗС (ред. от 21.12.2021) «Об обращении с отходами производства и потребления в Алтайском крае».
4. Приказ от 20.09.2021 № 1193 «Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами Алтайского края».



## Изменение значений мощности эквивалентной дозы гамма-излучения как признак выхода радона

Волощук А.С.

Московский педагогический государственный университет, Россия, г. Москва

Кондрашин В.Э.

Московский педагогический государственный университет, Россия, г. Москва

В работе приведены результаты исследований взаимосвязи мощности эквивалентной дозы гамма-излучения и эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона. Также проанализированы результаты радиационного контроля объектов строительства и их влияние на качество жизни людей.

*Ключевые слова:* радон, радиация, эквивалентная равновесная объемная активность, мощность эквивалентной дозы, строительство, качество жизни.

Как известно, радиация является неотъемлемой частью нашей жизни. В последние годы отмечается рост числа онкологических заболеваний, которые связаны с влиянием радиации на человека [1]. Каждый день мы получаем дозу естественной радиации, и не последнюю роль в этом играет радон и дочерние продукты его распада (ДПР). В рамках настоящего исследования оценивалась взаимосвязь мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения и эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона и торона. Целью нашей работы является доказательство или опровержение гипотезы о корреляции результатов изменений показателей МЭД и ЭРОА радиационной безопасности.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- провести измерения ЭРОА изотопов радона и МЭД на площадках четырех объектов различного назначения, сдающихся в эксплуатацию;

- определить наличие или отсутствие корреляционной зависимости между мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения и эквивалентной равновесной объемной активностью изотопов радона.

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения – количество энергии гамма-излучения, поглощаемой веществом единичной массы в единицу времени с учетом биологического воздействия излучения на организм человека [2].

Эквивалентная равновесная объемная активность изотопов радона – взвешенная сумма значений активностей короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона [3].

Радон – природный бесцветный, без вкуса и запаха газ, который в 7,5 раза тяжелее воздуха, химически инертен. Образует радиоактивные аэрозоли, так как является продуктом распада радия. Оседают на частицах пыли и вместе с ними способен проникать в верхние дыхательные пути человека, вызывая различные заболевания, в том числе рак легких [4]. Именно поэтому необходимо проводить мониторинг количества радона в воздухе.

Как известно, в атмосферу радон поступает в основном из почвы, причиной этого служит природный распад урана, который содержится практически в любой точке нашей планеты [5]. На сегодняшний день известно три изотопа радона: Rn-222 (радон), Rn-220 (торон), Rn-219

(актион). Все эти изотопы радиоактивны, при распаде они излучают альфа-частицы.

Радиационный контроль объектов строительства включает в себя определение ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений и мощности дозы гамма-излучения.

Измерения ЭРОА изотопов радона проводились с помощью измерительного комплекса для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов «Альфарад+» [6] и альфа-радиометра РАА-20П2 [2].

Измерение МЭД гамма-излучения проводилось в два этапа [7]: на первом этапе выполнялась гамма-съемка ограждающих поверхностей с помощью прибора сцинтилляционного геолого-разведочного СРП-68-01 [8]. Основной целью проведения гамма-съемки является поиск участков с отклонением от средних для помещения значениями для их дальнейшей локализации. Вторым этапом проводились измерения МЭД в контрольных точках с наибольшими показаниями поисковой гамма-съемки. Измерения МЭД проводились с помощью дозиметра рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1121 [9].

Все измерения были реализованы непосредственно на площадках четырех объектов различного назначения, сдающихся в эксплуатацию. Замеры проводились в подвалах зданий и на всех этажах, чередуясь через один [10]. Объекты представляли собой конструкции, состоящие из сборного железобетона и кирпичной кладки, а также монолитного строения. Результаты измерений представлены в таблице.

Результаты измерений МЭД и ЭРОА

Точка	МЭД (мкЗв/ч)	ЭРОА <sub>Rn</sub> (Бк/м <sup>3</sup> )	ЭРОА <sub>Tn</sub> (Бк/м <sup>3</sup> )
1	0,091	12	<0,5
2	0,098	10	<0,5
3	0,075	15	<0,5
4	0,102	32	<0,5
5	0,117	7	<0,5
6	0,089	8	<0,5
7	0,095	12	<0,5
8	0,135	8	<0,5
9	0,118	25	<0,5
10	0,122	13	<0,5
11	0,112	9	<0,5
12	0,110	21	<0,5
13	0,102	10	<0,5

Окончание табл.

Точка	МЭД (мкЗв/ч)	ЭРОА <sub>Rn</sub> (Бк/м <sup>3</sup> )	ЭРОА <sub>Tn</sub> (Бк/м <sup>3</sup> )
14	0,095	11	<0,5
15	0,118	9	<0,5

*Примечание:* фоновые значения мощности дозы на прилегающей к обследованным зданиям территории лежат в пределах 0,068–0,089 мкЗв/ч.

При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений ЭРОА<sub>Rn</sub> + 4,6\*ЭРОА<sub>Tn</sub> не превышала 100 Бк/м<sup>3</sup>, а мощность эффективной дозы гамма-излучения не превышала мощности дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч [11].

Исходя из данных, представленных в таблице, видно, что все полученные результаты соответствуют нормам. Самое высокое значение МЭД наблюдается в точке 8 (0,135 мкЗв/ч), тогда как результат измерений ЭРОА<sub>Rn</sub> в этой точке равен 8 Бк/м<sup>3</sup>. Самое высокое значение ЭРОА<sub>Rn</sub> – в точке 4 (32 Бк/м<sup>3</sup>), а величина МЭД в этой точке составляет 0,102 мкЗв/ч. Минимальное показание МЭД обнаружено в точке 3 (0,075 мкЗв/ч), ЭРОА<sub>Rn</sub> – в точке 5 (7 Бк/м<sup>3</sup>). Значение ЭРОА<sub>Tn</sub> в воздухе пренебрежимо мало, поэтому не принималось во внимание при анализе полученных сведений.

На основании полученных результатов рассчитан модуль выборочного линейного коэффициента парной корреляции Пирсона, равный 0,046. Для оценки тесноты зависимости использована шкала Чеддока, согласно которой линейная корреляционная зависимость показаний МЭД гамма-излучения от ЭРОА<sub>Rn</sub> в отсутствие мощных радиоактивных источников практически отсутствует.

В ходе проведения обследований нескольких объектов источники ионизирующего излучения (ИИ) выявлены не были. Это связано с тем, что требования к радиационной безопасности и радиационному контролю строго регламентированы, и при соблюдении застройщиками требований к безопасности строительных материалов, а также при тщательной предварительной оценке участка под застройку источники природного ИИ не несут опасности для населения.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что корреляция между показателями МЭД и ЭРОА не прослеживается и для целей обеспечения

безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения необходимо производить комплексный радиационный контроль объектов, описанный в нормативных документах, регламентирующих требования к радиационной безопасности населения.

#### Список литературы

1. ICRP, 2014. Radiological protection against radon exposure. ICRP Publication 126. Ann. ICRP 43 (3). 90 с.
2. МГСН 2.02-97. Московские городские строительные нормы. Допустимые уровни ионизирующего излучения и радона на участках застройки. М.: ГУП «НИАЦ», 1997. 9 с.
3. МУ 2.6.1.037-2015. Методические указания. Определение среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений по результатам измерений разной длительности / ФГУП НТЦ РХБГ, ФМБА России. М., 2016. 30 с.
4. О радиационной безопасности населения: Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 1996. № 3. С. 12.
5. Молчанов А.И., Сорока Ю.Н., Удод В.В., Литвиненко С.И. Метод прямого измерения эксхалляции радона и торона с эманулирующих поверхностей // Технический прогресс в атомной промышленности. Сер.: Горно-металлургическое производство. 1990. Вып. 5. С. 14–16.
6. Комплекс измерительный для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов «Альфарад плюс». Руководство по эксплуатации // БЕК 590000.001 РЭ, М., 2021. 84 с.
7. Альфа-радиометр РАА-20П2. Руководство по эксплуатации // ФМКТ 134008.103 РЭ, 2007. 17 с.
8. МУ 2.6.1.2838-11 Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 28 с.
9. Приборы сцинтилляционные геолого-разведочные СРП-68. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ЖШО.280.004 ТО, 1986. 36 с.
10. Дозиметр рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1121. Руководство по эксплуатации. 87 с.
11. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. М.: ПНИИС Госстроя России, 1997. 46 с.
12. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.

## Экологическая составляющая технологий социального управления качеством жизни

**Горбачев В.Н.**

*НИИ региональных медико-экологических проблем, Россия, г. Барнаул*

**Говорухина Г.В.**

*Алтайский институт развития образования имени А.М. Топорова, Россия, г. Барнаул*

В статье авторы, рассматривая различные подходы к исследованию социального управления, среди факторов, обуславливающих эффективность изменения социальных процессов в современном обществе, выделяют экологический фактор, который, по их мнению, существенно влияет на качество жизни социальных субъектов.

Авторы считают, что важным направлением исследования качества жизни являются мониторинг, контроль и оценка процессов взаимодействия природы и общества, что предполагает обоснование показателя оценки качества жизни в целом и в конкретной социальной ситуации на определенном этапе развития общества.

*Ключевые слова:* социальное управление, технологии социального управления, качество жизни, экологические индикаторы оценки качества жизни.

В научной литературе существуют различные подходы к исследованию социального управления. С одной стороны, его рассматривают как процесс воздействия на социальные процессы, коллективы [1], с другой – как сферу деятельности людей. И в этом случае основная задача социального управления сводится в конечном счете к выработке таких программ, с помощью которых общество, обеспечивая социально нужные результаты, может успешно преобразовывать мир в соответствии с определенными потребностями и интересами [2, 3].

Некоторые исследователи считают, что социальное управление – «это вид интеллектуальной человеческой деятельности, связанный с выявлением и решением проблем социальной организации, благодаря чему обеспечивается ее продолжительное существование как социальной целостности и достижение ее целей» [4, с. 6]. И в соответствии с таким подходом к социальному управлению его можно рассматривать как процесс принятия решений и контроля над их исполнением. Одной из основных технологий осуществления этого процесса является воздействие субъекта управления на объект управления с целью перевода его в новое «желательное» для субъекта управления состояние. При этом обнаруживается множество различных по своей природе факторов, которые нельзя не учитывать при выборе методов и технологий такого воздействия, так как эти факторы (экономические, социальные, политические, экологические и т.д.) обеспечивают повышение качества жизни социальных субъектов (личности, группы, общества), что в конечном счете является одной из основных целей социального управления.

Характер подхода к определению качества жизни и описание индикаторов его оценки указывают на «происхождение» исследователя – психологическое, экономическое, социологическое, экологическое и т.д. [5].

В экологической парадигме качество жизни рассматривается во взаимосвязи с качеством окружающей среды (Дж. Форрестер, Р. Супек, Д. Маркович, Д. Фостер и др.). Причем качество жизни понимается как создание таких условий, при которых не только не нарушается окружающая среда, не ставится вопрос о существовании человека как биосоциального существа, но и сохраняются природные ресурсы, необходимые для существования будущих поколений.

Исследователи различают качество жизни отдельного человека и качество жизни общества [6]. Качество жизни личности – отношение людей к условиям, существующим в обществе, и возможность их использования для удовлетворения своих потребностей.

Качество жизни общества – это совокупность условий (исторических, географических, экономических, экологических и др.), созданных обществом для своего дальнейшего развития и обеспечивающих жизнедеятельность людей.

Возможности реализации этих условий зависят от ряда факторов, как субъективных, так и объективных, которые по-разному используют эти возможности.

К субъективным факторам можно отнести, в частности, социально-психологические (уровень образования, интеллектуальный уровень и др.). К объективным – экологическую обстановку, социальное окружение и др.

В этом случае можно говорить о моделях качества жизни в рамках отдельных сфер жизнедеятельности общества (например, экологическая модель качества жизни); региональных моделях качества жизни; моделях качества жизни, относящихся к разным этапам взаимодействия природы и общества, и т.д.

В современном обществе усиливается значимость при выборе механизмов управления обеспечением качества жизни населения экологической составляющей. В соответствии с этим в целях достижения ожидаемых результатов важными инструментами управления являются мониторинг, контроль и оценка процессов взаимодействия природы и общества, что предполагает разработку долгосрочных программ, направленных на повышение эффективности управленческого потенциала в конкретной сфере общества. Это, естественно, относится и к экологической составляющей социального управления качеством жизни.

Так, в феврале 2022 г. была утверждена Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 гг. [7]. Среди направлений реализации этой программы выделяются три. В направлении 1 «Мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды и климата» отмечается, что «к числу критически важных исследований, с точки зрения качества жизни населения страны, как в экологическом, так и в климатическом аспектах относятся мониторинг и прогнозирование качества атмосферного воздуха, доступности и качества водных ресурсов, состояния экологических систем, в том числе антропогенно измененных, а также биоразнообразия» [7, с. 10]. В направлении 2 «Смягчение антропогенного воздействия на окружающую среду и климат» выделяется необходимость «обеспечения экологической безопасности и повышения качества жизни населения, технологической модернизации и ускорения развития экономики Российской Федерации» [7, с. 12]. В рамках направления 3 «Адаптация природных систем, населения и отраслей экономики к изменениям климата» предусматривается «разработка системы моделирования для управления погодноклиматическими и экологическими рисками для социальной сферы и экономики» [7, с. 14].

Среди целевых показателей (индикаторов) оценки реализации программы выделяется такой, как разработка научно обоснованной системы оценки эффективности технологий управления экологическими рисками. Такой подход выдвигает на новый уровень исследование индикаторов оценки качества жизни. В настоящее время в зависимости от целей и задач исследования выделяется от 4 до 1 000 индикаторов. Так, в отдельных субъектах РФ разработаны региональные индикаторы оценки качества жизни населения.

Большинство ученых и практиков считают, что все существующие индикаторы должны заканчиваться каким-либо обобщающим показателем, дающим оценку качества жизни в целом и в конкретной социальной ситуации на определенном этапе развития общества. В научной литературе сегодня обсуждаются различные предложения по выбору составляющих такого показателя. Но не вызывает сомнения тот факт, что в настоящее время одной из важных составляющих должна быть экологическая, так как в современном обществе экологические проблемы выходят на новый уровень осознания самого существования цивилизации.

#### Список литературы

1. Основы социального управления: учебное пособие / А. Г. Гладышев, В. Н. Иванов, В. И. Патрушев и др.; под ред. В.Н. Иванова. М.: Высш. шк., 2001. 271 с.

2. Граждан В.Д. Социология управления: учебник. 2-е изд., перераб. М.: КНОРУС, 2009. 512 с.

3. Фененко Ю.В. Социология управления: учебное пособие. М.: ПКЦ Альтекс, 2005. 236 с.

4. Франчук В.И. Основы общей теории социального управления / Институт организационных систем. М., 2000. 180 с.

5. Субетто А.И. Качество жизни: грани проблемы. Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2004. 170 с.

6. Лига М.Б. Качество жизни как основа безопасности / под ред. М.В. Константинова. М.: Гардарики, 2006. 222 с.

7. Постановление Правительства РФ от 08.02.2022 № 133 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 годы». URL: [https://minprirody.alregn.ru/dokument/normativnye\\_pravovye\\_akty/npa\\_RF/](https://minprirody.alregn.ru/dokument/normativnye_pravovye_akty/npa_RF/).

## Оценка способности природных водоемов к самовосстановлению на основе токсикологических исследований

Гостева И.А.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Хвацевская А.А.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Ахназарова З.А.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

В статье представлены критерии оценки способности водных объектов к самовосстановлению с использованием тест-культуры водоросли *Chlorella vulgaris*.

*Ключевые слова:* биоресурсность, биотестирование, гидробионты.

Водоемы в виде озер играют важную роль в функционировании урбанизированных территорий, выполняя экосистемную, эстетическую, рекреационную функции, а также служат резерватами биоразнообразия флоры и фауны экосистем городских ландшафтов. В настоящее время отмечается возрастание масштабов рекреационного спроса на акваториальные комплексы и увеличение негативного воздействия на водоем. Загрязнение поверхностных вод различными токсикантами неизбежно приводит к их деградации. Из загрязняющих веществ наибольшую опасность для водных объектов представляют промышленные отходы. Огромное количество опасных загрязняющих веществ смывается в водоемы с сельскохозяйственных территорий, включая площади, которые заняты животноводческими комплексами [1]. В связи с этим актуальна оценка степени повреждения водной экосистемы озер и ее способности к самовосстановлению.

Современная водная экотоксикология располагает большим набором методов для определения степени повреждения водной экосистемы в результате антропогенной нагрузки [2, 3]. Одним из них является биотестирование, позволяющее в лабораторных условиях на основе определения острой токсичности вод оценить степень нарушения у водной экосистемы биоресурсно-

сти, т.е. ее способности к самовосстановлению.

Гидробионты, такие как инфузории, водоросли, низшие ракообразные и др., являются составной частью природных вод, и их взаимное функционирование определяет способность водоема к самовосстановлению [4]. Они активно реагируют на изменение состояния водной среды в результате техногенной нагрузки. При загрязнении водоемов наблюдается нарушение отдельных физиологических функций гидробионтов, таких как поведение, двигательная и трофическая активность, снижение темпа роста, увеличение смертности, изменение численности вида и их биомассы, снижение воспроизводимости вида, изменение наследственности особей, что вызывает снижение способности водоема к самовосстановлению. Важно заметить, что гидробионты являются звеньями единой трофической цепи и изменение жизненных функций одного из компонентов приводит к нарушению всей трофической системы, в результате чего снижается биоресурсность водоема.

Ухудшение или улучшение ресурсного потенциала водного объекта можно оценить через ряд показателей, изменение которых позволяет косвенно судить о способности водного объекта к самовосстановлению и, соответственно, улучшению качества вод в нем. К таким показателям относятся токсичность водной сре-



ды, объем нарушения трофической цепи, характер воспроизводства звеньев трофической цепи, степень интенсивности нарушения биологической ресурсности. Критерии оценки биологического потенциала водного объекта в зависимости от степени проявления и сочетания указанных факторов в настоящее время отсутствуют, что затрудняет установление состояния водного объекта, его способности к самовосстановлению и своевременному принятию мер по улучшению

состояния водоема. В связи с этим на основе экспериментальных исследований и фактического материала по характеру роста тест-организма *Chlorella vulgaris* определены критерии для оценки биоресурсности водных объектов, представленные в таблице. Хлорелла не только обладает высокой чувствительностью к присутствию незначительного количества поллютанта в воде, но и активно участвует в процессах альголиза водоемов [5, 6].

#### Критерии биоресурсности водных экосистем

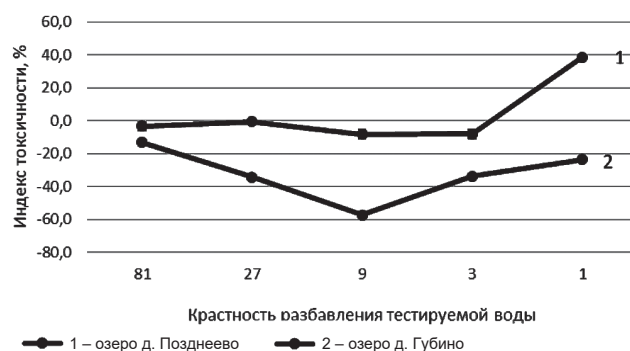
Биоресурсное состояние	Степень токсичности	Объем нарушения трофической цепи	Воспроизводство звеньев трофической цепи	Интенсивность нарушения*, у.е.		
				Низкая	Средняя	Высокая
По угнетению роста тест-культуры <i>Chlorella vulgaris</i>						
Удовлетворительное	Допустимая $I^{**} \leq 20\%$	Практически отсутствует	Естественное	0	0,1	0,2
Неудовлетворительное	Средняя $20\% < I^{**} \leq 50\%$	Незначительный	Сниженное	0,3	0,4	0,5
Критическое	Высокая $I^{**} > 50\%$	Значительный	Нарушенное	0,6	0,7	0,8–0,9
Чрезвычайное	Катастрофическая $I^{**} = 100\%$	Полный	Отсутствует	–	–	1,0
По стимуляции роста тест-культуры <i>Chlorella vulgaris</i>						
Удовлетворительное	Допустимая $I^{**} > -30\%$	Практически отсутствует	Естественное	0,1	0,2	0,3
Неудовлетворительное	Средняя $-60\% \leq I^{**} \leq -30\%$	Незначительный	Сниженное	0,4	0,5	0,6
Критическое	Высокая $I^{**} < -60\%$	Значительный	Нарушенное	0,7	0,8	0,9
Чрезвычайное	Катастрофическая $I^{**} = -100\%$	Полный	Отсутствует	–	–	1,0

\*Интенсивность нарушения колеблется от 0 до 1 у.е. и определяется величиной индекса токсичности;  $I^{**}$  – индекс токсичности исходной пробы (без разведения).

Биоресурсное состояние водоемов изучено на примере озер д. Позднеево и д. Губино Томского района. Озеро в д. Позднеево ранее располагалось вблизи фермы крупного рогатого скота, и стоки с территории, попадая в пруд, нарушили его систему самоочищения. Более 10 лет назад хозяйство закрылось, и в 2018 г. пруд прошел полную экологическую реабилитацию. Озеро д. Губино является приемником сточных вод. В настоящее время в него активно попадают отходы производства молокозавода ООО «Томское молоко» и фермы крупного рогатого скота СПК «Нелюбино». Всего исследовано восемь образцов воды, взятых в июне 2021 г. Определение острой токсичности и индекса токсичности (I) вод проведено по тест-реакции изменения оптической плотности культуры одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris*. Согласно стандартной методике [7] критерием токсичности для тест-организма *Chlorella vulgaris* является изменение скорости роста биомассы водоросли: снижение на 20% и более (ингибирование роста) или увеличение на 30% и более (стимуляция роста) в опытной среде по сравнению с контрольной средой.

Статистическая обработка полученных данных выполнена в программе Excel 2010. С помощью пробит-анализа рассчитаны значения безвредной кратности разведения (БКР) исследуемой воды. Работы проведены с применением метрологически аттестованного оборудования: ИПС-03, культиваторы КВ-5 и КВМ-05.

Определение острой токсичности проб вод озер проводилось после их разбавления в ряд кратный трех согласно методике [7]. Полученные данные индекса токсичности и его зависимость от величины разбавления представлены на рисунке.



Динамика изменения индекса токсичности вод озер д. Позднеево и д. Губино Томского района

Как видно из данного рисунка, при разбавлении вод озера д. Позднеево в 3, 9, 27 и 81 раз величина индекса токсичности практически не меняется и находится в области отрицательных величин, не превышающих 10%, что обусловлено незначительной стимуляцией роста водоросли. При этом индекс токсичности исходной

пробы равен 38,7%, что практически в 2 раза превышает критерий токсичности, составляющий 20%, а воды озера являются слаботоксичными, БКР составляет 1,29.

В то же время воды озера д. Губино, как и воды озера д. Позднеево, оказывают стимулирующее действие на клетки хлореллы. Индекс токсичности этих вод при разбавлениях в 3, 9, 27 и 81 раз принимает отрицательные значения и равен –13,2; –34,1; –23,6 и –33,6% соответственно. Но эффект прироста биомассы в этих водах значительно, о чем свидетельствует расположение на рисунке линии изменения индекса токсичности в области более высоких отрицательных значений, чем линия для вод д. Позднеево.

Воды озера Губино являются сильнотоксичными, так как критерий индекса токсичности, составляющий –30% [7], превышен при разведении в 27 раз. В исходной пробе  $I = -52,3\%$ . Кратность разведения равна 8,9.

Исходя из представленных данных величины индекса токсичности в исходных пробах вод озер и сопоставления их с критериями биоресурсности, видим, что биоресурсное состояние обоих озер неудовлетворительное. И хотя объем нарушения трофической цепи незначительный, но воспроизводство ее звеньев снижено.

Это, возможно, связано со значительными нарушениями в трофической цепи гидробионтов тест-объектов «водоросли – низшие ракообразные – рыбы». Изменения плотности и количества биомассы хлореллы влияют на трофическую цепь в целом. Однако значительный рост клеток водоросли может привести к эвтрофикации водоема, что явно наблюдается в настоящее время на озере д. Позднеево. Однако интенсивность нарушения биоресурсности озер оценивается как средняя, и у них имеется возможность к самовосстановлению.

Таким образом, представленные критерии биоресурсности водоемов дают возможность для ранжирования водных объектов по их биологическому состоянию и наличию собственного ресурса к биовосстановлению. Данная информация может быть учтена при рассмотрении запросов на выделение финансирования для рекультивации водного объекта и ее целесообразности.

#### Список литературы

1. Карманова А.А. Загрязнение поверхностных водоемов, основные источники и загрязнители // *Integral*. 2019. № 1. С. 48–59.
2. Бакаева Е.Н., Никаноров А.М. Биологические подходы к оценке экотоксикологического состояния водных экосистем // *Естественные науки*. 2015. № 1. С. 72–83.
3. Моисеенко Т.И. Водная экотоксикология: теоретические и прикладные аспекты. М.: Наука, 2009. 400 с.
4. Лихачев С.В., Пименова Е.В., Жакова С.Н. Биотестирование в экологическом мониторинге: учебно-методическое пособие. Пермь: Прокрость, 2020. 89 с.
5. Московец М.В., Мелихов В.В., Кружилин И.П., Кузнецов П.И. Биологическая мелиорация пресноводных водоемов // *Деловая слава России*. 2008. № 6 (24). С. 28–31.
6. Торопов А.Ю., Фролова М.В., Московец М.В. Суспензия хлореллы – направленное воздействие на экосистему водоема // *Орошаемое земледелие. Техника и технологии*. 2020. № 1. С. 46–49.
7. 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: *ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04, Т 16.1:2:3:3.7-04*. М., 2014. 36 с.

## Эффективность приема предпосевной бактериализации семян горчицы белой при фиторемедиации почв, загрязненных кадмием

Готфрид Н.С.

*Томский университет систем управления и радиоэлектроники, Россия, г. Томск*

Чаптаров Д.В.

*Томский университет систем управления и радиоэлектроники, Россия, г. Томск*

Терещенко Н.Н.

*Томский университет систем управления и радиоэлектроники, Россия, г. Томск*

В статье представлены результаты модельных исследований влияния приема предпосевной бактериализации семян горчицы белой – гипераккумулянта тяжелых металлов на морфометрические параметры растений, зеленую массу и аккумуляцию кадмия в биомассе.

*Ключевые слова:* биоремедиация, фиторемедиация, тяжелые металлы, кадмий, горчица белая, бактериализация, *Pseudomonas extremorientalis*.

Тяжелые металлы (ТМ) наряду с пестицидами, гербицидами и прочими агрохимикатами относятся к числу наиболее опасных поллютантов наземных экосистем, которые значительно превышают по объемам загрязнения выбросы двуокиси углерода и серы. Антропогенные источники загрязнения почв ТМ отличаются значительным разнообразием, они могут быть как стационарными, так и подвижными [1]. В наибольшей степени за за-

грязнения ТМ ответственны предприятия по выплавке и переработке цветных металлов. В пахотных почвах ТМ могут накапливаться вследствие длительного внесения фосфорных минеральных удобрений (фосфоритов, апатитов и проч.), часто содержащих в своем составе такие металлы, как Hg, As, Pb, Cu, Sn, Bi. Кроме того, ТМ в почве накапливаются также в результате естественных процессов, таких, например, как ветровая эрозия [2].

В последние годы для очистки природных сред от ТМ все чаще применяются технологии биоремедиации – комплекс методов очистки почвы и водоемов, основанный на использовании биохимического потенциала микроорганизмов (бактерий, грибов), водорослей и высших растений. Из многочисленных способов биоремедиации почв, загрязненных ТМ, наиболее перспективным и эффективным в настоящее время считается фиторемедиация – очистка почвы с помощью растений-гипераккумуляторов [3, 4].

К числу одних из лучших гипераккумуляторов ТМ относится горчица белая *Sinapis alba* L. – однолетнее травянистое растение высотой 25–100 см, холодостойкое, скороспелое, засухоустойчивое, хорошо приспособленное к континентальному климату, сравнительно мало требовательное к почвенным условиям, с успехом возделывается на северных подзолистых почвах и даже на осушенных болотах, но не выносит кислых почв. Вегетационный период культуры составляет 65–94 дня, и на севере цветение начинается раньше, чем на юге. Нетребовательность к теплу и высокая устойчивость к заморозкам позволяет высевать эту культуру ранней весной.

В степных районах горчица белая считается одной из лучших кулисных культур на полях. В качестве зеленого удобрения она применяется как естественный мелиоратор кислых почв [5]. Кроме того, по причине устойчивости к высоким концентрациям ТМ и способности к их активной аккумуляции горчица белая является перспективным агентом очистки техногенно загрязненных почв.

Целью исследований, представленных в статье, было изучение влияния приема предпосевной обработки семян горчицы белой накопительной культурой *Pseudomonas extremorientalis* на морфометрические параметры растений и степень фитоэкстракции сульфата кадмия из почвы.

Исследование проводили в рамках лабораторного модельного эксперимента, в котором семена горчицы белой высевали в вегетационные сосуды с 800 г серой лесной среднесуглинистой почвы с уровнем загрязнения сульфатом кадмия, соответствующим 50 ПДК. В качестве контроля 1 использовали вариант с семенами, обработанными  $H_2O$  дист., высеванными в чистую почву. В контроле 2 семена, обработанные также  $H_2O$  дист., высевали в загрязненную почву. В опытном варианте для предпосевной обработки семян использовали накопительную культуру фосфатмобилизирующих бактерий

*Pseudomonas extremorientalis* с титром  $10^6$  кл. на 1 мл. Микробную культуру на семена наносили путем опрыскивания непосредственно перед высевом (исходя из норм полусухого протравливания). Во всех вариантах опыта семена высевали в почву по 6 шт. в один сосуд, после формирования всходов в каждом сосуде оставляли по 2 растения. Повторность опыта трехкратная. Полив растений осуществляли добавлением одинакового количества водопроводной воды. Длительность опыта – 2 месяца. В конце опыта растения срезали, измеряли высоту растений, количество листьев, диаметр стебля и после высушивания – зеленую массу растений. Отмечали наличие признаков цветения и пасынкования. Содержание кадмия в зеленой массе растений анализировали масс-спектрометрическим методом в химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск).

Результаты опыта подтвердили высокую устойчивость горчицы белой к повышенным уровням загрязнения почвы солями кадмия: снижение зеленой массы растений в контроле 2 (загрязненный фон) по сравнению с контролем 1 (чистая почва) оказалось не более 12,5% (таблица). В опыте была также отмечена высокая способность горчицы белой к фитоэкстракции солей кадмия: содержание кадмия в 1 г биомассы растений, выращенных на фоне загрязнения (контроль 2), оказалось в 82 раза выше, чем в биомассе растений, выращенных на чистом фоне (контроль 1).

Предпосевная обработка семян накопительной культурой бактерий оказала стимулирующий эффект на растения горчицы белой и обеспечила 13%-ю прибавку зеленой массы растений по сравнению с вариантом без обработки (контроль 2). Бактеризация растений с высокой степенью вероятности позволила устранить интоксикацию растений ТМ, о чем свидетельствует тот факт, что зеленая масса растений в варианте с бактериализацией практически такая же, как и в варианте с чистым контролем.

Анализ содержания кадмия в 1 г зеленой массы растений показал, что бактериализация способствует некоторому увеличению аккумуляции кадмия растениями. И, несмотря на то что содержание кадмия в единице биомассы растений под воздействием бактериализации увеличилось незначительно, более чем 13%-я прибавка биомассы бактеризованных растений по сравнению с небактеризованными обеспечила 17%-е увеличение выноса кадмия из почвы (таблица).

#### Влияние предпосевной бактериализации семян горчицы белой на зеленую массу растений и вынос ими кадмия из почвы

Вариант опыта	Зеленая масса одного растения, г		Содержание кадмия в зеленой массе, мкг/1 г	Вынос кадмия, мкг/растение (в среднем)	
	x	Δ x		x	Δx, %
Контроль 1 (чистый фон)	0,88	–	0,45	0,40	–
Контроль 2 (фон с ТМ)	0,77	–	37,3	28,7	–
Бактерии	0,87	13	38,6	33,6	17,1

Полученные нами экспериментальные данные соответствуют данным, полученным К. Агога и соавт., изучавшими влияние бактериализации азоспириллами и микоризации растения-гипераккумулятора прутьевидного (*Panicum virgatum* L.) арбускулярными микоризами на его устойчивость к солям Cd и Pb и показавшими, что данный прием обеспечивает увеличение биомассы про-

са и повышение аккумуляции кадмия и свинца в среднем на 45% [6].

Таким образом, результаты предпринятого нами модельного эксперимента позволяют сделать следующие выводы:

– горчица белая является эффективным гипераккумулятором кадмия, обеспечивающим более чем

80-кратное увеличение накопления кадмия в биомассе при культивировании на загрязненной почве по сравнению с растениями, выращиваемыми на чистом фоне;

– предпосевная бактериализация семян горчицы белой обеспечивает по меньшей мере частичное нивелирование стресса у растений при их выращивании на почве с уровнем загрязнения кадмием, соответствующим 50 ПДК;

– за 2 месяца наблюдений предпосевная бактериализация семян горчицы белой способствовала 17%-му увеличению выноса кадмия из загрязненной почвы.

#### Список литературы

1. Синцов А.В., Бармин А.Н., Зимовец П.А., Валов М.В. Геоэкологическая оценка современного содержания свинца в почвенном покрове урбанизированных территорий нижнего Поволжья // Геология, география и глобальная энергия. Геоэкология (географические науки). 2021. № 2 (81). С. 137–144. DOI: 10.21672/2077-6322-2021-81-2-137-144

2. Wei W., Ling S., Wu X., Li X. Geochemical accumulation and source tracing of heavy metals in arable soils from a black shale catchment, southwestern China // Science of The Total Environment. 2023. Vol. 857. P. 2. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159467

3. Высокский С.П., Фрунзе О.В. Восстановление почв, загрязненных тяжелыми металлами, методом фиторемедиации // Вести Автомобильно-дорожного института. 2019. № 3 (30). С. 35–43.

4. Ojuederie O.B., Babalola O.O. Microbial and Plant-Assisted Bioremediation of Heavy Metal Polluted Environments: A Review // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2017. Vol. 14, Issue 12, 1504. P. 10–11. DOI: 10.3390/ijerph14121504

5. Елфимова Ю.С. Возделывание *Sinapis alba* – горчицы белой // Аграрный вестник Урала. 2008. № 4 (46). С. 67–68. DOI: 10.32417

6. Arora K., Sharma S., Monti A. Bio-remediation of Pb and Cd Polluted Soils by Switchgrass: A Case Study in India // Int. J. Phytoremediation. 2016. Vol. 18, Issue 7. P. 704–709. DOI: 10.1080/15226514.2015.1131232

## Исследование сорбционного извлечения ионов Cu(II) и Ni(II) модифицированными углеродными сорбентами

Дворянкин Д.Ю.

Уральский государственный лесотехнический университет, Россия, Екатеринбург

Первова И.Г.

Уральский государственный лесотехнический университет, Россия, Екатеринбург

В статье представлены результаты исследования особенностей влияния различных химических модификаторов на сорбционные свойства углеродных сорбентов, полученных в результате обработки древесных опилок, на примере извлечения ионов никеля(II) и меди(II) из водных растворов.

*Ключевые слова:* древесные опилки, сорбенты, модификация, сорбционные свойства, изотермы адсорбции.

Природные материалы находят все большее применение в технологиях обезвреживания промышленных отходов, особенно в процессах очистки сточных вод от опасных поллютантов. Однако решение проблемы рационального природопользования, которое подразумевает стремление к вторичному использованию отходов, сдерживается отсутствием у этих материалов необходимых свойств и характеристик. К таким дешевым и возобновляемым отходам относятся древесные сосновые опилки, являющиеся перспективным целлюлозосодержащим сырьем для получения сорбентов различного назначения [1]. При этом актуальной задачей остается повышение сорбционных свойств природных углеродных материалов путем применения различных способов обработки и/или модификации, способствующих как увеличению удельной поверхности сорбентов, так и изменению числа функциональных групп в их составе.

Целью работы является исследование влияния формируемого в результате химической модификации состава функциональных групп углеродных сорбентов, полученных на основе древесных отходов – сосновых опилок, на эффективность сорбционного извлечения с их помощью ионов Cu(II) и Ni(II).

Растворами кислот – минеральной (5н HNO<sub>3</sub>) и органической (1%-й раствор лимонной кислоты) – была про-

ведена модификация (при температуре (300 ± 10) °С в течение 5 ч) как исходного (нативного) образца отходов деревообработки 1 (фракция 0,75–2,0 мм), так и образца 4 этих же сосновых опилок (табл. 1), но предварительно подвергнутых термической обработке (обжигу) в муфельной печи при температуре (300 ± 10) °С в течение 35 минут. Предварительный обжиг целлюлозосодержащих отходов способствует увеличению удельной поверхности и возрастанию содержания углерода до 78% [2].

Изменение в результате химической обработки кислотами соотношения функциональных кислородсодержащих групп в составе полученных сорбентов 2, 3, 5, 6 исследовалось методом потенциометрического титрования по методу Бозма [3]. В таблице представлены данные по общему количеству функциональных кислородсодержащих групп (E<sub>общ</sub>), в том числе карбоксильных (E<sub>c</sub>) и гидроксильных (E<sub>h</sub>), а также величина сорбционной емкости (A) по ионам Cu(II) и Ni(II) соответствующих сорбентов.

При химической модификации 5н HNO<sub>3</sub> и 1%-м раствором лимонной кислоты нативных древесных опилок в течение 5 ч наблюдается заметное увеличение (практически в 3 раза) общего числа функциональных кислородсодержащих групп в результате окислительного деметилирования нефенольных и фенольных единиц лигнина. Однако стоит отметить, что обработка 5н HNO<sub>3</sub> приво-



дит к преимущественному образованию гидроксильных групп в составе углеродного сорбента, а взаимодействие с лимонной кислотой – карбоксильных групп. В случае включения термической обработки древесных отходов

в качестве предварительного этапа в виде обжига при 300 °С только химическая модификация раствором азотной кислоты способствует повышению в 3,5 раза общего количества кислородсодержащих групп.

Количество кислородсодержащих функциональных групп поверхности сорбентов

Образец (способ модификации)	$E_{\text{общ}}, \text{ мг-экв/г}$	$E_{\text{с}}, \text{ мг-экв/г}$	$E_{\text{н}}, \text{ мг-экв/г}$	$A(\text{Cu}), \text{ мг/г}$	$A(\text{Ni}), \text{ мг/г}$
1 (нативные древесные опилки)	2,3	2,3	0	3,13	6,85
2 (химическая модификация 5н $\text{HNO}_3$ )	7,0	1,5	5,5	10,9	13,0
3 (химическая модификация 1%-м раствором лимонной кислоты)	6,33	4,83	1,5	16,94	5,6
4 (обжиг)	5,33	2,66	2,67	7,68	4,93
5 (обжиг + химическая модификация 5н $\text{HNO}_3$ )	8,0	3,2	4,8	12,6	18,4
6 (обжиг + химическая модификация 1%-м раствором лимонной кислоты)	3,66	2,0	1,66	12,2	8,92

Сорбционные свойства модифицированных различными способами углеродных сорбентов 1–6 были изучены на примере сорбционного извлечения ионов меди(II) и никеля(II) из водных растворов их солей.

Изотермы сорбции ионов меди(II) исходными и химически модифицированными образцами опилок (рис. 1) соответствуют I типу по классификации БЭТ [4], описываются моделью Ленгмюра с коэффициентами аппроксимации 0,97; 0,99 и 0,97 соответственно, указывающей на сильное межмолекулярное взаимодействие в фазе сорбента. Отличие изотерм адсорбции ионов  $\text{Cu}(\text{II})$  состоит только в том, что начальный участок изотерм образцов 1, 2 соответствует L-типу мономолекулярной адсорбции, а образца 3 – S-типу. При извлечении ионов  $\text{Ni}(\text{II})$  (рис. 2) изотермы соответствуют IV типу и описываются моделью Фрейндлиха с коэффициентами аппроксимации 0,73; 0,85 и 0,9, характеризующую полимолекулярную адсорбцию на поверхности пористых сорбентов. При этом отличий в начальных участках изотерм не наблюдается, все три изотермы соответствуют L-типу. Вероятно, отличие в механизме адсорбции определяется ковалентным индексом каждого из металлов, который зависит от природных характеристик ионов металла: радиуса атома, электроотрицательности, заряда [5],

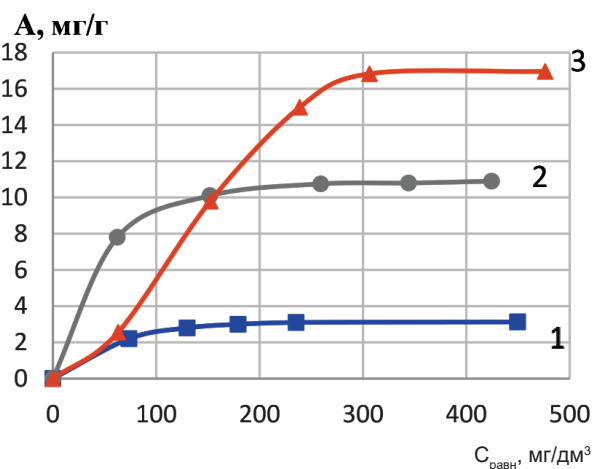


Рис. 1. Зависимость сорбционной емкости ( $A$ ) образцов древесных опилок от равновесной концентрации ионов меди(II) в растворе ( $C_{\text{равн}}$ ): 1 – нативный образец 1; 2 – сорбент 2, химически модифицированный 5н  $\text{HNO}_3$ ; 3 – сорбент 3, химически модифицированный 1%-м раствором лимонной кислоты

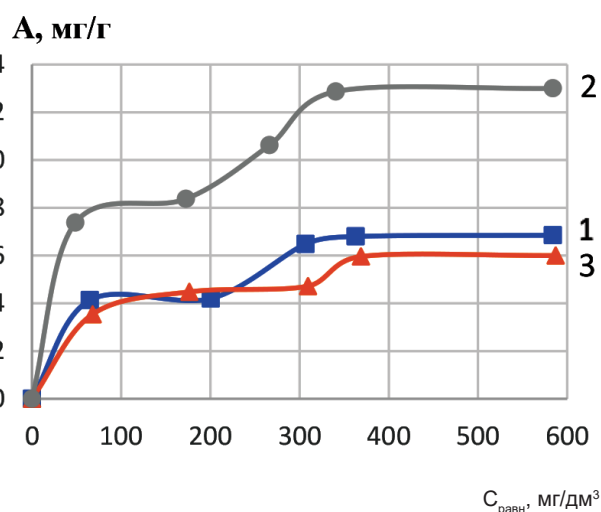


Рис. 2. Зависимость сорбционной емкости ( $A$ ) образцов древесных опилок от равновесной концентрации ионов никеля(II) в растворе ( $C_{\text{равн}}$ ): 1 – нативный образец 1; 2 – сорбент 2, химически модифицированный 5н  $\text{HNO}_3$ ; 3 – сорбент 3, химически модифицированный 1%-м раствором лимонной кислоты

При термообработке нативных сосновых опилок в комплексе с химической модификацией 5н  $\text{HNO}_3$  и 1%-м раствором лимонной кислоты для образцов 5 и 6 отмечена практически одинаковая сорбционная емкость по ионам меди(II) (таблица), изотермы сорбции описываются моделью Ленгмюра (как и для образцов 2 и 3) с коэффициентами аппроксимации 0,99 и 0,98, начальные участки соответствуют L-типу (рис. 3).

Однако при извлечении ионов  $\text{Ni}(\text{II})$  (рис. 4) изменение в методе модификации целлюлозосодержащего отхода повлияло на процесс сорбции: изотерма образца 6 соответствует I типу по классификации БЭТ, для которого характерен рост при низких концентрациях раствора адсорбата и выход на плато насыщения при средних и высоких концентрациях, описывается моделью Ленгмюра с коэффициентом аппроксимации 0,97. Изотерма образца 5 относится к IV типу с характерным перегибом в области средних концентраций и описывается моделью Фрейндлиха с коэффициентом аппроксимации 0,76. Отличия в начальных участках изотерм адсорбции не наблюдаются, все они соответствуют L-типу.

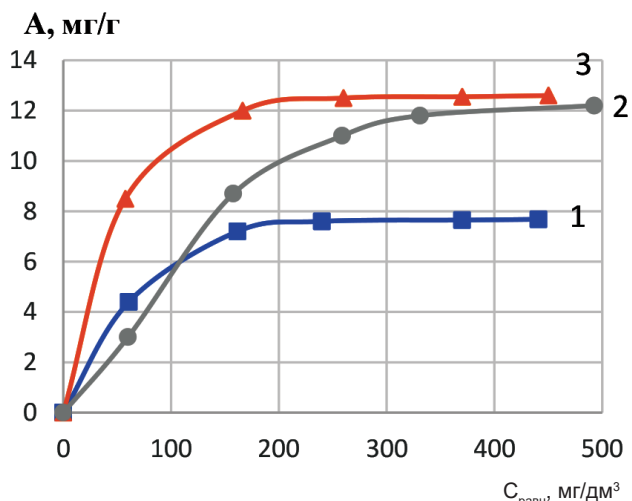


Рис. 3. Зависимость сорбционной емкости (A) образцов опилок от равновесной концентрации ионов меди(II) в растворе ( $C_{равн}$ ): 1 – термообработанный образец 4; 2 – сорбент 5, термохимически модифицированный 5н  $HNO_3$ ; 3 – сорбент 6, термохимически модифицированный 1%-м раствором лимонной кислоты

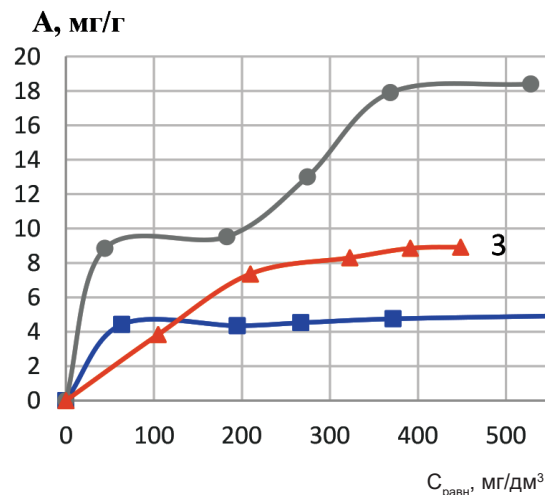


Рис. 4. Зависимость сорбционной емкости (A) образцов опилок от равновесной концентрации ионов никеля(II) в растворе ( $C_{равн}$ ): 1 – термообработанный образец 4; 2 – сорбент 5, термохимически модифицированный 5н  $HNO_3$ ; 3 – сорбент 6, термохимически модифицированный 1%-м раствором лимонной кислоты

Установлено, что для извлечения ионов меди(II) наиболее эффективным оказался углеродный сорбент, полученный химической модификацией исходных сосновых опилок с помощью 1%-го раствора лимонной кислоты ( $A = 16,94$  мг/г). В то время как для адсорбции ионов никеля(II) предпочтительнее комплексная обработка древесных отходов, включающая и обжиг при температуре 300 °C, и взаимодействие с 5н  $HNO_3$ , с получением сорбента с сорбционной емкостью  $A = 18,4$  мг/г.

#### Список литературы

1. Обработка результатов исследования процессов адсорбции с использованием программного обеспечения Microsoft Excel: практикум: учебное пособие / Р.З. Галимова, И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова. Казань, Белгород, 2017. 60 с.

2. Оффан К.Б., Петров В.С., Ефремов А.А. Закономерности пиролиза скорлупы кедровых орехов с образованием древесного угля в интервале температур 200–500 °C // Химия растительного сырья. 1999. № 2. С. 61–64.

3. Савченко И.А., Корнеева И.Н., Плаксин Г.В., Лукша Е.А., Гончаров Д.С. Новый подход к решению проблемы стандартизации гуминовых кислот // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 1–8.

4. Сангалов Ю.А., Карчевский С.Г., Ионов В.И. Дисперсная древесина как перспективное химическое сырье // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2014. Т. 4, № 4. С. 5–15.

5. Хохотва А.П. Адсорбция тяжелых металлов сорбентом на основе сосновой коры // Химия и технология воды. 2010. Т. 32, № 6. С. 604–612.

## Оценка и прогноз качества атмосферного воздуха на перекрестках г. Томска

**Доровских А.А.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Коняшкин В.А.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

В статье приводится оценка качества атмосферного воздуха на перекрестках г. Томска, а также приведены данные измерений состояния атмосферного воздуха на детских площадках и перекрестках за 2018, 2021 и 2022 гг.

**Ключевые слова:** мониторинг атмосферного воздуха, атмосферный воздух г. Томска, выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта.

Мониторинг атмосферного воздуха проводится регулярно во всех странах мирового сообщества. С освоением космических (спутниковых) методов наблюдения за атмосферными процессами можно говорить о глобальном (общепланетном) мониторинге атмосферы. В то же время мониторинг глобальных атмосферных процессов ни в коей мере не отменяет и не снижает роль монито-

ринга загрязнения атмосферы в локальных, наиболее напряженных районах загрязнения: местах скопления больших масс населения, интенсивной хозяйственной деятельности, в том числе с использованием технических устройств.

В целях наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, комплексной оценки и прогноза его состо-

яния, а также обеспечения органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и населения текущей и экстренной информацией о загрязнении атмосферного воздуха Правительство Российской Федерации, органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления организуют государственный мониторинг атмосферного воздуха и в пределах своей компетенции обеспечивают его осуществление на соответствующих территориях Российской Федерации, субъектов Российской Федерации и муниципальных образований [1].

Под мониторингом понимают комплекс мероприятий по наблюдению за состоянием атмосферного воздуха, а также прогнозирование с целью предупреждения неблагоприятных последствий. В Томской области и конкретно в г. Томске мониторинг воздушной среды осуществляют Томская СИГЭКиА (ОГБУ «Облкомприрода»), филиал «ЦПАТИ по Томской области» ФГБУ «ЦПАТИ по СФО» –

г. Томск, Институт оптики атмосферы имени В.Е. Зуева СО РАН. Основные критерии опасности загрязнения воздуха основаны на санитарно-гигиеническом нормативе – предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных примесей. В России при установлении ПДК принимается самый низкий уровень воздействия, когда еще не обнаруживается никакого прямого или косвенного вредного воздействия загрязнения на человека [2].

Автотранспорт является источником загрязнения атмосферы, количество автомашин непрерывно растет, особенно в крупных городах, а вместе с этим растет валовой выброс вредных продуктов в атмосферу.

Мониторинг качества атмосферного воздуха проводится ежегодно преимущественно летом. Это связано с тем, что отбор проб должен проводиться при положительной температуре атмосферного воздуха. Результаты мониторинга качества атмосферного воздуха на перекрестках улиц г. Томска за 2021 г. приведены в табл. 1–3.

Таблица 1

**Результаты измерений проб воздуха на перекрестках г. Томска в Октябрьском и Кировском районах за 2021 г. (результаты предоставлены ОГБУ «Облкомприрода»)**

Определяемый показатель	ул. Клюева – ул. Энтузиастов	ул. Беринга – ул. С. Лазо	пр. Кирова – ул. Красноармейская	пр. Фрунзе – пр. Комсомольский	пр. Кирова – ул. Елизаровых	
1	2	3	4	5	6	
26.08.2021, температура воздуха 20–30 °С, ветер северо-восточный**, скорость ветра 1–4 м/с, P <sub>атм</sub> 100,3 кПа						
Оксид углерода	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	2,6	2,9	<2,4	<2,4	<2,4
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Диоксид азота	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,045	0,049	0,233	0,288	0,250
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	1,2	1,4	1,3
Фенол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Формальдегид	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,010	<0,010	0,012	<0,010	<0,010
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Свинец	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,00027	0,00033	0,00007	<0,00006	<0,00006
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Медь	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Бензол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Взвешенные частицы (пыль)	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,26	<0,26	<0,26	<0,26	<0,26
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Бенз(а)пирен	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–



Окончание табл. 1

Определяемый показатель		ул. Ключева – ул. Энтузиастов	ул. Беринга – ул. С. Лазо	пр. Кирова – ул. Красноармейская	пр. Фрунзе – пр. Комсомольский	пр. Кирова – ул. Елиза- ровых
1		2	3	4	5	6
Водород хлористый	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Взвешенные частицы РМ 2,5	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Взвешенные частицы РМ 10	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–

Таблица 2

**Результаты измерений проб воздуха на перекрестках г. Томска в Октябрьском районе за 2021 г. (результаты предоставлены ОГБУ «Облкомприрода»)**

Определяемый показатель		пр. Мира – ул. Ф. Мюнниха	пр. Мира – ул. Интернационалистов	пр. Мира – ул. Дальне-Ключевская	пр. Комсомольский – ул. Пушкина
1		2	3	4	5
01.09.2021, температура воздуха 17–20 °С, ветер северо-западный**, скорость ветра 1–2 м/с, P <sub>атм</sub> 100,9 кПа					
Оксид углерода	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	5,0	5,0	5,0	5,0
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<2,4	<2,4	2,7	<2,4
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Диоксид азота	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,307	0,119	0,163	0,134
	Превышение ПДК*, число раз	1,5	–	–	–
Фенол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,0047	<0,0040	0,005	0,017
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	1,7
Формальдегид	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,014	<0,010	<0,010	<0,010
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Свинец	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,001	0,001
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,00006	0,00008	<0,00006	0,00310
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	3,1
Медь	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Бензол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Взвешенные частицы (пыль)	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,26	<0,26	<0,26	<0,26
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Бенз(а)пирен	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–

Окончание табл. 2

Определяемый показатель		пр. Мира – ул. Ф. Мюнниха	пр. Мира – ул. Интернационалистов	пр. Мира – ул. Дальне-Ключевская	пр. Комсомольский – ул. Пушкина
1		2	3	4	5
Водород хлористый	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	3,54	0,044	0,15	0,056
	Превышение ПДК*, число раз	17,7	–	–	–
Взвешенные частицы РМ 2,5	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,16	0,16	0,16	0,16
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	0,12	<0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Взвешенные частицы РМ 10	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–

Таблица 3

**Результаты измерений проб воздуха на перекрестках г. Томска в Кировском районе за 2021 г. (результаты предоставлены ОГБУ «Облкомприрода»)**

Определяемый показатель		пл. Ленина	ул. Источная – Московский тракт	пр. Фрунзе – ул. Красноармейская	ул. Мокрушина – ул. Нефтяная	пр. Ленина – ул. Учебная
1		2	3	4	5	6
15.10.2021, температура воздуха 6–8 °С, ветер юго-восточный**, скорость ветра 1 м/с, P <sub>атм</sub> 99,6 кПа						
Оксид углерода	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	6,1	3,1	7,8	4,1	<2,4
	Превышение ПДК*, число раз	1,2	–	1,6	–	–
Диоксид азота	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,409	0,436	0,331	0,124	0,413
	Превышение ПДК*, число раз	2,1	2,2	1,7	–	2,1
Фенол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,007	0,014	0,014	<0,0040	0,005
	Превышение ПДК*, число раз	–	1,4	1,4	–	–
Формальдегид	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Свинец	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Медь	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0,00021	<0,00001
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Бензол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Взвешенные частицы (пыль)	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,26	<0,26	<0,26	<0,26	<0,26
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Бенз(а)пирен	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–

Определяемый показатель		пл. Ленина	ул. Источная – Московский тракт	пр. Фрунзе – ул. Красноармейская	ул. Мокрушина – ул. Нефтяная	пр. Ленина – ул. Учебная
1		2	3	4	5	6
Водород хлористый	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	2,20	0,79	2,56	1,80	0,77
	Превышение ПДК*, число раз	11,0	4,0	13,0	9,0	3,9
Взвешенные частицы РМ 2,5	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Взвешенные частицы РМ 10	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–

\* ПДК м.р. – предельно допустимая максимально разовая концентрация загрязняющего вещества. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».

\*\* Информация взята с официального сайта Росгидромета [www.meteorf.ru](http://www.meteorf.ru).

В 2021 г. превышения ПДК были отмечены для следующих загрязняющих веществ (ЗВ): оксид углерода превышал ПДК на пл. Ленина, пр. Фрунзе – ул. Красноармейская; по диоксиду азота превышение зарегистрировано на пр. Кирова – ул. Красноармейская, пр. Фрунзе – пр. Комсомольский, пр. Кирова – ул. Елизаровых, пр. Мира – ул. Ф. Мюнниха, пл. Ленина, ул. Источная – Московский тракт, пр. Фрунзе – ул. Красноармейская, пр. Ленина – ул. Учебная; фенол был обнаружен на пр. Комсомольском – ул. Пушкина, ул. Источная – Московский тракт, пр. Фрунзе – ул. Красноармейская; превышение по свинцу зафиксировано на пр. Комсомольском – ул. Пушкина.

Для сравнительного анализа был выбран такой показатель, как хлористый водород, так как ежегодно в

г. Томске наблюдается превышение ПДК по этому показателю.

Сравнивая 2018 и 2021 г., стоит отметить, что в 2021 г. превышений ПДК было на большем количестве перекрестков, к тому же эти превышения были намного больше по сравнению с 2018 г. (рисунок).

Синим цветом обозначены измерения за 2018 г. на ул. Герасименко – ул. Бирюкова, ул. Ключева – ул. Энтузиастов, ул. Беринга – ул. С. Лазо, ул. Суворова – Иркутский тракт слева направо соответственно. Оранжевым цветом – измерения за 2021 г. на пр. Мира – ул. Ф. Мюнниха, пл. Ленина, ул. Источная – Московский тракт, пр. Фрунзе – ул. Красноармейская, ул. Мокрушина – ул. Нефтяная, пр. Ленина – ул. Учебная слева направо соответственно.



Гистограмма концентрации водорода хлористого в атмосферном воздухе на перекрестках г. Томска

В связи с этим стоит отметить, что по сравнению с 2018 г. в 2021 г. были зафиксированы значительные превышения ПДК в атмосферном воздухе на большинстве контролируемых перекрестков. Особенно сильно заметен рост концентрации водорода хлористого в 2021 г. Стоит отметить, что в 2022 г. начались работы по ремонту на Коммунальном мосту, в результате чего

стали образовываться сильные пробки на перекрестке пр. Ленина – ул. Нахимова. Большое скопление выхлопных газов от автотранспорта, исходя из розы ветров г. Томска (преобладание юго-западного и южного направлений ветра), ожидается будет рассеиваться в сторону жилых районов, что отражено в результатах измерений за 2022 г. (табл. 4–6).

Таблица 4

**Результаты измерений проб воздуха на перекрестках г. Томска в Кировском и Советском районах за 2022 г.  
(измерения выполнены автором)**

Определяемый показатель	ул. Сибирская – пр. Комсомольский	пр. Ленина – ул. Учебная	пр. Кирова – ул. Красно- армейская	пр. Фрунзе – пр. Комсомольский	
1	2	3	4	5	
19.04.2022, температура воздуха 6–10 °С, ветер северо-западный**, скорость ветра 1–3 м/с, P <sub>атм</sub> 100,3–100,6 кПа					
Оксид углерода	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	5,0	5,0	5,0	5,0
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<2,4	<2,4	2,7	<2,4
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Диоксид азота	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,038	0,070	0,053	0,089
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Фенол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,0057	0,0052	0,0051	0,0093
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Формальдегид	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,010	<0,010	0,013	<0,010
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Свинец	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,001	0,001
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Медь	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,00024	0,0026	0,00079	0,00058
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Бензол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Взвешенные частицы (пыль)	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,71	1,24	0,65	0,09
	Превышение ПДК*, число раз	1,4	2,5	1,3	–
Бенз(а)пирен	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Водород хлористый	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,040	0,21	0,078	0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	1,1	–	–
Взвешенные ча- стицы PM 2,5	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,16	0,16	0,16	0,16
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Взвешенные частицы PM 10	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–

**Результаты измерений проб воздуха на перекрестках г. Томска в Ленинском районе за 2022 г.  
(измерения выполнены автором)**

Определяемый показатель	пл. Ленина	ул. Источная – Московский тракт	пр. Мира – ул. Ф. Мюниха	пр. Мира – ул. Интернацио- налистов	пр. Мира – ул. Дальне- Ключевская	
1	2	3	4	5	6	
27.04.2022, температура воздуха 15–20 °С, ветер южный**, скорость ветра 1 м/с, P <sub>атм.</sub> 100,9 кПа						
Оксид углерода	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Диоксид азота	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,021	0,054	0,057	0,071	0,059
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Фенол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,0040	0,0042	<0,0040	<0,0040	<0,0040
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Формальдегид	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,012	0,011	<0,010	<0,010	0,013
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Свинец	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Медь	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,00050	<0,00001	0,00025	0,00041	0,000017
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Бензол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Взвешенные частицы (пыль)	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Бенз(а)пирен	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0021
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–	–
Водород хлористый	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,93	0,63	0,50	1,70	0,20
	Превышение ПДК*, число раз	4,6	3,2	2,5	8,5	–
Взвешенные частицы PM 2,5	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	0,18	<0,10	<0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	1,1	–	–
Взвешенные частицы PM 10	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	0,22	4,07	0,77
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	13,6	2,6

Таблица 6

**Результаты измерений проб воздуха на перекрестках г. Томска в Октябрьском и Советском районах за 2022 г.**  
(измерения выполнены автором)

Определяемый показатель	ул. Ключева – ул. Энтузиастов	ул. Беринга – Иркутский тракт	ул. Беринга – Иркутский тракт	пр. Комсомольский – ул. Пушкина	пр. Фрунзе – ул. Красноармейская
1	2	3	4	5	6
05.05.2022, температура воздуха 7–10 °С, ветер восточный**, скорость ветра 1–2 м/с, P <sub>атм</sub> 99,7 кПа					
Оксид углерода	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	5,0	5,0	5,0	5,0
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Диоксид азота	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,041	0,041	0,040	0,068
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Фенол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,0062	<0,0040	<0,0040	<0,0040
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Формальдегид	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Свинец	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,001	0,001
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,00019	0,000086	0,00011	<0,00006
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Медь	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,00084	0,00045	0,00027	0,00021
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Бензол	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Взвешенные частицы (пыль)	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,80	1,21	0,95	0,92
	Превышение ПДК*, число раз	1,6	2,4	1,9	1,8
Бенз(а)пирен	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	–	–	–	–
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Водород хлористый	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	0,35	0,42	0,19	0,55
	Превышение ПДК*, число раз	1,7	2,1	–	2,7
Взвешенные частицы РМ 2,5	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,16	0,16	0,16	0,16
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–
Взвешенные частицы РМ 10	ПДК* м.р., мг/м <sup>3</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Превышение ПДК*, число раз	–	–	–	–

По результатам мониторинга состояния атмосферного воздуха на перекрестках в 2022 г. видно, что ПДК превышен по взвешенным частицам (пыли), водороду хлористому, взвешенным частицам РМ 2,5 и РМ 10,0.

Загрязнение атмосферного воздуха промышленными выбросами оказывает вредное действие не только на лю-

дей и животных, но и на растения, почву, здания и сооружения, снижает прозрачность атмосферы из-за поступления в нее выбросов вредных веществ техногенного происхождения. Для решения этих вопросов необходимо иметь информацию, реально отражающую состояние окружающей среды – проводить экологический мониторинг.

### Список литературы

1. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ // КонсультантПлюс.
2. Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» от 22 декабря 2017 г.
3. РД 52.04.823-2015. Массовая концентрация формальдегида в пробах атмосферного воздуха.

мальдегида в пробах атмосферного воздуха.

4. РД 52.04.893-2020. Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений гравиметрическим методом.
5. ФР.1.31.2017.25847. Определение бенз(а)пирена в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны.
6. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы.

## Оценка достижения цели 7 целей развития тысячелетия на примере Томской и Омской областей

Дорохов П.П.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Лаптев Н.И.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

В статье проанализирована динамика цели 7 целей устойчивого развития Томской и Омской областей.

*Ключевые слова:* индикатор, цели устойчивого развития.

Декларация по окружающей среде и развитию была принята в 1992 г. в Рио-де-Жанейро, где принципы устойчивого развития были рекомендованы каждым странам в качестве руководства к разработке собственных концепций и программ.

Движение общества по пути устойчивого развития стало одной из важных целей в современных условиях для отдельных стран и человечества в целом, что закреплено в базовых документах ООН. Весь мир должен двигаться по пути устойчивого развития, соответственно, для каждого региона необходимо иметь системы индикаторов и вести их мониторинг.

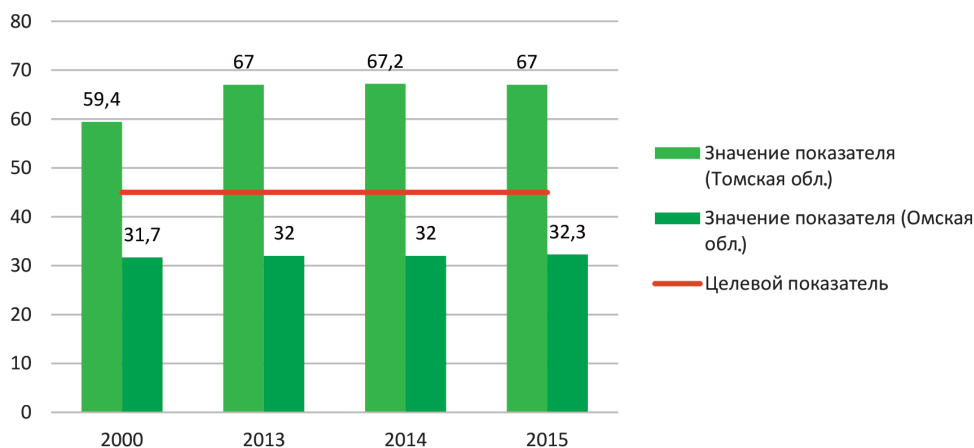
Цели развития тысячелетия (ЦРТ) должны быть достигнуты к 2015 г. Декларацию тысячелетия приняли на 55-й сессии Генеральной ассамблеи ООН 8 сентября 2000 г.

Система индикаторов ЦРТ была предложена ООН для оценивания эффективности действий по реализации политики развития в разных странах человеческого потенциала. 189 стран – членов ООН взяли на себя ответственность достигнуть этих целей к 2015 г. В системе ЦРТ выделены восемь важнейших целей развития, для каждой указаны конкретные задачи, всего их 48.

Важным вопросом, поставленным в целях устойчивого развития, является цель 7 – обеспечение экологической устойчивости. Актуальность выбранной темы определяется необходимостью выявления практических и измеряемых индикаторов и возможностей оценки устойчивости развития.

В ходе работы была собрана и проанализирована официальная статистическая информация за период с 2013 г. К ним относятся государственные отчеты «О состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации» [1–4], подготовленные Министерством природных ресурсов Российской Федерации, региональные доклады [5–7], а также статистические сборники «Регионы России. Социально-экономические индикаторы», стратегии и программы развития Омской и Томской областей. С учетом возможностей федеральной и региональной статистики было выделено восемь индикаторов, из которых три экологических, один эколого-экономический и четыре социально-экологических.

Оценка достижения цели 7 проводилась на основе анализа динамики и целевых значений показателей цели 7 ЦРТ (рисунок).



Сравнительная динамика показателя «Процент территории с лесным покровом»



Показатель лесистости в Томской области превышает значение целевого показателя. Лесистость в Омской области целевого показателя не достигла. Достижение целевых показателей цели 7 в Томской и Омской областях представлено в таблице.

В Томской области процент территории с лесным покровом существенно превышает значение целевого показателя. Омская область значение этого целевого

показателя не достигла. Энергоемкость ВРП значительно превышена в обеих регионах и составляет 144,23 кг/10 тыс. руб. в Томской области и 196,7 кг/10 тыс. руб. в Омской области. Однако в Томской области энергоёмкость ВРП существенно меньше. В Томской и Омской областях целевого показателя не достигнуто. Томская и Омская области значительно продвинулись по пути достижения устойчивого развития.

**Достижение целевых показателей цели 7 в Томской и Омской областях**

Регион	Территории с лесным покровом, %	Охраняемые территории для поддержания биоразнообразия наземной среды, %	Энергоемкость, кг/10 тыс. руб.	Выбросы двуоксида углерода, кг у.т/10 тыс. руб.	Численность населения, проживающего в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения, тыс. человек	Доля жилищного фонда, обеспеченного водопроводом	Доля жилищного фонда, имеющего доступ к канализации	Доля ветхого и аварийного жилищного фонда, %
Томская область	67,0	6,0	142,23	–	Отсутствует	88,8% – городской жилищный фонд; 59,1% – сельский жилищный фонд	86,3% – городской жилищный фонд; 38,3% – сельский жилищный фонд	3
Омская область	32,3	6,04	196,7	–	Отсутствует	Нет данных	Нет данных	1,3
Целевые показатели цели 7, адаптированные для России	45,0	20,0	102,0	3700–3900	30000	95–97% – городской жилищный фонд; 55–57% – сельский жилищный фонд	95–97% – городской жилищный фонд; 48–50% – сельский жилищный фонд	3

Томская область не достигла значения целевых показателей по доле городского жилищного фонда, обеспеченного водопроводом, и доле жилищного фонда, имеющего доступ к канализации. Данных по Омской области в региональной статистике не представлено.

По показателю «Доля ветхого и аварийного жилищного фонда» Томская и Омская области достигли целевого значения. Но в Омской области результаты значительно лучше: 1,3% населения проживает в аварийном жилом фонде, а в Томской области – 3%. Оба региона добились значительного снижения загрязнения атмосферного воздуха в городах, достигнув значения целевого показателя.

В целом Томская область добилась достижения по четырем целевым показателям цели 7, а Омская область – по двум целевым показателям, что свидетельствует о более успешном продвижении по пути устойчивого развития Томской области.

#### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2001 году». 443 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году». М., 2015. 352с.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2016. 639 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году». М., 2021. 619 с.
5. Статистический ежегодник. 2018: стат. сб. Томск: Томскстат-Т., 2018. 87 с.
6. Статистический ежегодник. 2019: стат. сб. Томск: Томскстат-Т., 2019. 94 с.
7. Статистический ежегодник. 2020: крат. стат. сб. Томск: Томскстат-Т., 2020. 107 с.

## Оценка загрязнения почвы нефтепродуктами методом биоиндикации

Елишев К.Д.

Кемеровский государственный университет, Россия, г. Кемерово

В данной статье была проведена оценка загрязнения почвы нефтепродуктами методом биоиндикации. Была изучена литература на тему очистки почвы от нефтяного загрязнения.

*Ключевые слова:* почвенное загрязнение, биоиндикация.

Нефть и нефтепродукты как одни из самых распространенных загрязнителей природной среды характеризуются такими качествами, как органическая природа, сложный многокомпонентный состав, токсичность в целом и отдельных их компонентов, масштабность распространения и высокая миграционная способность.

Потери нефти в мире при ее добыче, переработке и использовании превышают 45 млн тонн в год, что составляет около 2% годовой добычи. Причем 22 млн тонн теряются на суше, около 7 млн – в море и до 16 млн тонн – в атмосфере из-за неполного сгорания нефтепродуктов при работе различных типов двигателей. Исходя из приведенных оценок, можно подсчитать, что на суше ежегодно теряется 0,97% добываемой нефти. По сводкам за 1993 г., в России нуждались в рекультивации 1,2 млн га земель, загрязненных различными веществами, включая нефть и нефтепродукты. В государственных докладах «О состоянии окружающей среды» также приводятся сведения о загрязненности почв нефтью и нефтепродуктами. Помимо общих сведений, в опубликованных работах приводятся данные по загрязнению нефтью и нефтепродуктами конкретных территорий. Например, на территории нефтяных месторождений в районе Самотлора количество залитых нефтью («замазученных») земель составляет 3–7% [1].

Проблема попадания нефти, нефтяных продуктов в окружающую среду общеизвестна и при нарушении природоохранного законодательства приводит к изменению состава водоемов, почв и организмов, обитающих там. Нефтяные загрязнения влияют на комплекс свойств почвы: морфологические, физические, физико-химические, биологические. И это все оказывает негативное воздействие на плодородие почвы и ее функции. Загрязнение нефтью влияет не только на свойства почвы, но и на процессы миграции, аккумуляции и метаболизма, которые зависят от физико-химического состава и количества пролитой нефти.

Изменение морфологических свойств почвы приводит к увеличению количества водопrotочных агрегатов до более 10 мм, а также агрегированию почвенных частиц.

Изменение физических свойств влечет за собой ухудшение аэрации почвы за счет вытеснения воздуха нефтью, нарушение поступления воды и питательных веществ. И это является главной причиной гибели и тор-

можения развития растений. Это острая проблема для многих регионов России.

Известно, что нефтяные загрязнения могут быть как природного, так и антропогенного характера, последние составляют 60,1%. Но незаинтересованность добытчиков нефти в истинной статистике мешает точно выявить источники засорений. Поэтому невозможно однозначно утверждать, как именно возникают оставшиеся 39,9% нефтяных загрязнений территории – по вине человека или по воле природы [1].

Основные причины по вине человека: штатная транспортировка – 30%; аварии при перевозках судами – 4,9%; отходы при очистке сырья – 3,3%; выбросы техникой в атмосферу – 9,8%; выполнение операций при добыче – 0,3%; промышленные и городские отходы – 9,8%; аварии на нефтедобывающем заводе – 2%.

Нефть – это жидкое природное ископаемое, состоящее из большого числа высокомолекулярных углеводородов (УВ) разнообразного строения. В качестве эколого-геохимических характеристик основного состава нефти приняты: содержание легкой фракции (начало кипения 2 000 °С), метановых УВ (включая твердые парафины), циклических УВ, смол, асфальтенов и сернистых соединений [2].

Легкая фракция оказывает более токсичное воздействие на водоемы, почву и организмы, обитающие в этих экосистемах, так как является более активной частью. Она способна значительно расширять ареал первичного загрязнения в почвах, водоемах и воздушных средах. Чем меньше количество легкой фракции, тем меньше токсичного воздействия нефти, но увеличивается содержание токсичных ароматических соединений. И именно поэтому стоит задача по поиску эффективных методов очистки почвы, водоемов от нефти, нефтепродуктов и других токсичных органических соединений.

### Список литературы

- Идигова Л.М., Тасуева Т.С. Обострение экологических проблем, связанных с антропогенным воздействием на земли водного фонда в районе нефтедобычи // Вестник Чеченского государственного университета. 2018. Т. 32, № 4. С. 63–67.
- Шамраев А.В., Шорина Т.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды // Вестник ОГУ. 2009. № 6. С. 1–4.

## Возможности эксплуатации вторичных отходов переработки нефтешламов в условиях Западной Сибири

Жакинова А.Т.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

Середина В.П.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

В статье представлены возможности применения технологии сжигания нефтесодержащих отходов для получения вторичных продуктов переработки. На основе результатов количественного химического анализа минерального остатка (рН, зерновой состав, пористость, массовая доля нефтепродуктов, биотестирование, удельная эффективная активность ЕРН) дана оценка степени его опасности для окружающей среды. Учитывая свойства и характеристики вторичного отхода, предложены возможные области применения в производственных целях.

**Ключевые слова:** нефтесодержащие отходы, нефтешламы, Западная Сибирь, утилизация, сжигание, установка по утилизации нефтесодержащих отходов, вторичный продукт, минеральный остаток, эксплуатация.

Западная Сибирь – это центр развития нефтегазодобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. В связи с этим производственная деятельность многих нефтедобывающих предприятий является причиной ряда проблем, связанных с образованием больших объемов нефтесодержащих отходов, которые требуют своевременной утилизации или обезвреживания.

По своему компонентному соотношению нефтешламы крайне разнообразны, так как их состав зависит от источника образования, условий и продолжительности хранения [1]. В среднем нефтяные шламы представлены твердыми остатками, в состав которых входят нефтепродукты (10–56%), вода (30–85%), механические примеси (1,3–46%) [2]. При этом отходы нефтяной промышленности оказывают губительное действие на компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвенный покров. В частности, протекающая долгое время биодegradация нефти в условиях среднетаежной зоны Западной Сибири создает опасность загрязнения сопредельных территорий в результате поверхностной и внутрипочвенной миграции поллютантов, входящих в состав нефтесодержащих отходов [3].

В связи с этим в настоящее время все актуальнее становится изучение переработки и целесообразной эксплуатации нефтесодержащих отходов на территории Западной Сибири с использованием экологически чистых технологий, которые позволят исключить или минимизировать негативное воздействие на экосистемы.

Цель работы обусловлена необходимостью установить возможности безопасного и практичного использования в производственных и хозяйственных целях вторичного продукта утилизации нефтешламов с помощью сжигания в условиях Западной Сибири. Объектом исследования послужил минеральный остаток (продукт переработки нефтешлама), имеющий технические условия к применению. Минеральный остаток получен при сжигании нефтесодержащих отходов из шламовой карты на территории Аганского нефтяного месторождения в результате высокотемпературного окисления сырья при 900–1000 °С внутри жаростойкой камеры сгорания установки по обезвреживанию нефтешламов (УПНШ). УПНШ оснащена блоком отвода и очистки отходящих дымовых газов, включающий систему газоходов отходящих газов, поворотный сектор дымового потока, циклон

СЦН-40, дымосос непрямого действия, дымовую трубу с эжектором, а также горелку дожига и скруббер мокрой очистки, что позволяет минимизировать выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Технологический процесс утилизации нефтешламов сжиганием в печи УПНШ характеризуется доступностью применяемого оборудования, возможностью круглогодичной эксплуатации, а также широким спектром применения получаемого продукта.

По внешнему виду минеральный остаток представляет собой сухой сыпучий мелкодисперсный материал серого цвета без запаха, при увлажнении меняет цвет на более темный, уплотняется. Пористость материала не превышает 40%, а зерновой состав представлен частицами размером 0,07–1,25 мм.

Исходя из данных лабораторного испытания, установлено, что содержание нефтепродуктов в золе составляет 264 мг/кг. Полученный результат соответствует нормативам, указанным в технических условиях к применению продукта утилизации (не более 1% по массе). Следовательно, технология обеспечила значительное снижение концентрации основного поллютанта в продукте утилизации нефтешлама.

Минеральный остаток по итогам проведения биотестирования относится к V классу опасности. В опыте с тест-объектами *Ceriodaphnia affinis* (ракообразные) и *Scenedesmus quadricauda* (зеленые протококковые водоросли) в условиях рН 7 при кратностях разведения от 1 до 1000 минеральный остаток не оказал острого токсического действия. При однократном разведении водной вытяжки смертность *Ceriodaphnia affinis* составила <20%, что также свидетельствует о неопасности вторичного продукта утилизации по степени негативно воздействия на окружающую среду.

Данный материал подлежит вовлечению во все виды строительных работ в соответствии с полученным значением показателя уровня удельной эффективной активности естественных радионуклидов  $A_{эфф}$  64 Бк/кг (I класс).

Обобщив результаты и характеристики минерального остатка, пришли к выводу, что при учете низкой фитотоксичности, нейтральной реакции среды, соответствия установленным нормативным требованиям физических показателей минеральный остаток подлежит эксплуатации в качестве материала для различных видов работ:

отсыпка подъездов к местам сбора и откачки нефти, шламонакопителям, отсыпка грунтовых оснований производственных объектов и внутрипромысловых автомобильных дорог. Наиболее подходящей областью применения продукта утилизации является деятельность при земляных строительных и рекультивационных работах, а также использование его при проведении технического этапа рекультивации нефтезагрязненных земель.

Принимая во внимание результаты предыдущих исследований [1, 4], минеральный остаток можно рекомендовать в качестве потенциально плодородного грунта, стимулирующего рост и развитие растений при проведении биологического этапа рекультивации, что не исключает перспективности данного направления эксплуатации. Однако необходимо получение сведений о содержании основных элементов питания (N, P, K) в минеральном остатке с последующим добавлением органических и минеральных удобрений в зависимости от требований засеваемых культур. Также необходимо проведение опытных испытаний с посевом многолетних трав и культур в полевых условиях с целью обеспечения чистоты опыта.

Полученные результаты рекомендуется рассматривать как следствие эффективности термического метода утилизации сжиганием нефтесодержащих отходов в специализированных печах на территории Западной Сибири. Технология сжигания нефтешлама на установке УПНШ показала высокую производительность: значи-

тельно снизились объемы отходов и их токсичность. В процессе получен качественный продукт, который может храниться долгое время в условиях, исключающих поступление влаги, доступен к транспортировке, а также имеет широкий спектр применения в производственно-хозяйственных целях.

#### Список литературы

1. Жакининова А.Т., Середина В.П., Косов А.В. Анализ грунтов, полученных при термической обработке нефтесодержащих отходов // Экология и управление природопользованием: сборник научных трудов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Вып. 5. Томск: Литературное бюро, 2022. С. 27–28.
2. Мухтаров Я.С., Суфиянов Р.Ш., Лашков В.А. Анализ источников образования нефтесодержащих отходов // Вестник Казанского технологического университета. 2017. № 17. С. 220–223.
3. Середина В.П., Колесникова Е.В., Кондыков В.А., Непотребный А.И., Огнев С.А. Особенности влияния нефтяного загрязнения на почвы средней тайги Западной Сибири // Нефтяное хозяйство. 2017. № 5. С. 108–112. DOI: 10.24887/0028-2448-2017-5-108-112
4. Жакининова А.Т., Середина В.П., Косов А.В. Некоторые аспекты утилизации нефтешламов путем сжигания с использованием термического метода (Западная Сибирь) // Охрана окружающей среды – основа безопасности страны: сб. статей по материалам Междунар. науч. эколог. конф. Краснодар: КубГАУ, 2022. С. 102–104.

## Сравнительная оценка выбросов парниковых газов в Кыргызской Республике и Республике Таджикистан

Жээналиева Н.Р.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск, Государственное агентство охраны окружающей среды и лесного хозяйства при Правительстве Кыргызской Республики, Кыргызская Республика, г. Бишкек*

Лаптев Н.И.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

В статье проанализирована динамика выбросов парниковых газов в Кыргызской Республике и Республике Таджикистан.

*Ключевые слова:* парниковые газы, индикатор, выбросы.

Несмотря на определенный глобальный прогресс, достигнутый в сфере снижения зависимости экономического роста от количества выбросов CO<sub>2</sub> и других парниковых газов, их выбросы все равно увеличиваются. Увеличение концентрации парниковых газов негативно воздействует на глобальную температуру и климат Земли, а также ведет к потенциальным неблагоприятным последствиям этих изменений для экосистем, населенных пунктов, сельского хозяйства и других видов социально-экономической деятельности. Данный показатель позволяет определить не только степень существующего и ожидаемого давления выбросов парниковых газов на окружающую среду, но и свидетельствует об эффективности проводимой национальной

политики, направленной на сокращение выбросов парниковых газов [1].

Кыргызская Республика. В течение 1990–2000 гг. в Кыргызской Республике произошел значительный спад выбросов (на 25%), обусловленный общей отрицательной динамикой экономической ситуации в стране, изменением структуры экономики и структуры топливно-энергетического баланса. С 2005 по 2015 г. значение индикатора увеличилось на 80%, что вызвано ростом энергетической и промышленной индустрии в это время (рис. 1). Тем не менее уровень выбросов в 2016 г. составил 42,3% от уровня выбросов 1990 г. [2].

В Кыргызской Республике основными источниками выбросов парниковых газов являются сектор энер-

гетики (35%) и сельское хозяйство (20%), отходы (2%), промышленные процессы (4%), землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство (0,2%).

В Кыргызской Республике динамика индикатора «Выбросы парниковых газов» оценивается как неопределенная, так как в течение года в период с 2010 по 2016 г. она менялась на 6–24%. Совокупный антропогенный выброс парниковых газов в республике снизился в 2016 г. по сравнению с 1990 г. на 61%.

Республика Таджикистан. В Республике Таджикистан основным источником выбросов парниковых газов является сельское хозяйство. В 2016 г. выбросы парни-

ковых газов в этом секторе составили 44,7% выбросов всех парниковых газов по республике.

На втором месте находится сектор энергетики. В 2016 г. выбросы в этом секторе составили 42% от всех выбросов по республике (рис. 2).

С 2005 по 2016 г. в республике отмечается тенденция роста выбросов парниковых газов на 63% в основном за счет развития сектора энергетики и сельского хозяйства [4].

Динамика индикатора «Выбросы парниковых газов» в Кыргызской Республике, как и в Республике Таджикистан, носит неопределенный характер. Это свидетельствует о неустойчивом развитии.

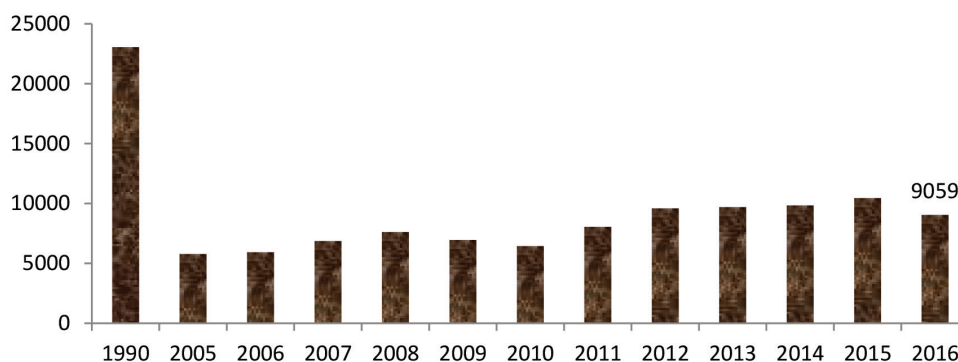


Рис. 1. Совокупные выбросы парниковых газов в Кыргызской Республике, тыс. т

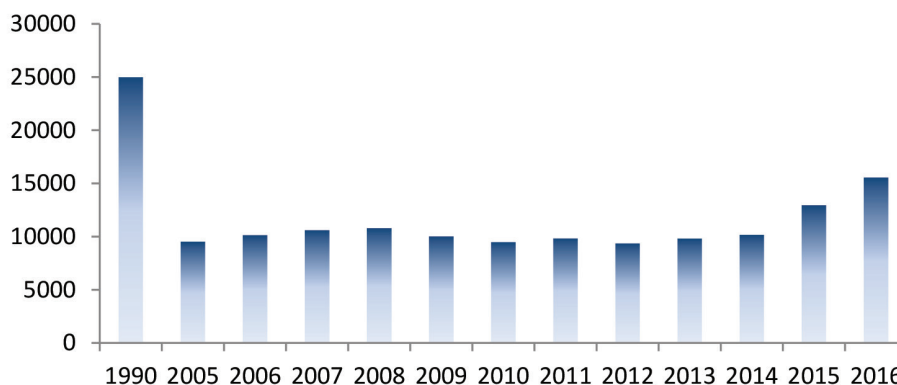


Рис. 2. Совокупные выбросы парниковых газов в Республике Таджикистан, тыс. т

#### Список литературы

1. The little green data book 2016. URL: <http://documents.vsemirnyjbank.org/curated/ru/973081467989566881/The-little-green-data-book-2016> (дата обращения 27.12.2019).

2. Четвертый двухгодичный доклад Российской Федерации, представленный в соответствии с решением 1/CP.16 конференции сторон Рамочной конвенции Ор-

ганизации Объединенных Наций об изменении климата. М., 2019. 7 с.

3. Кадастр выбросов и поглощений парниковых газов в Кыргызской Республике за период 1990–2017 гг. Бишкек, 2021. 11 с.

4. Четвертое национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Душанбе, 2022. 260 с., с ил. и библи.



## Мониторинг техногенных линз – важный аспект экологической безопасности предприятия

**Задкова А.Г.**

ООО «СамараНИПИнефть», г. Самара

**Булгаков С.А.**

ООО «СамараНИПИнефть», г. Самара

В статье приводится программа мониторинга техногенных образований на территории нефтеперерабатывающего завода и прилегающей территории на основе геоэкологического анализа окружающей среды загрязненной площади.

*Ключевые слова:* техногенные линзы, мониторинг, анализ, экология.

Для непрерывного функционирования предприятий нефтегазовой отрасли экологическая безопасность является значительным аспектом. В результате многолетней деятельности нефтеперерабатывающего завода, из-за утечек продукта происходит скопление линз углеводородов, что приводит к возникновению постоянного источника загрязнения почвы, воздуха, подземных вод [1]. Большинство НПЗ находятся вблизи водоемов, и такое расположение предприятия увеличивает риск загрязнения водоемов и затрудняет мониторинг техногенного образования [2]. С проблемой ликвидации техногенных образований столкнулись как предприятия нефтегазодобывающего комплекса нашей страны, так и зарубежные [3].

Проведение мониторинга состояния компонентов геологической среды является необходимым условием для обеспечения эффективности работ по минимизации ущерба, наносимого окружающей среде.

В статье рассматривается техногенная линза, образовавшаяся в результате многолетнего функционирования нефтеперерабатывающего предприятия. Работу с техногенной линзой предлагается начать с создания программы производства работ, включающей несколько этапов.

Первый этап – подтверждение наличия техногенного образования, картирование территории. Данный пункт подразумевает использование геофизических методов: метод естественного поля, вызванной поляризации; метод сопротивлений, включая электропрофилирование, вертикальное электрическое зондирование и радиоволновое профилирование, также возможно применение термометрии и инфракрасных тепловых съемок. В зависимости от условий локализации техногенного образования выбирается метод идентификации [4].

Вторым этапом является контроль над техногенным образованием. Необходимо разработать план расстановки сетки наблюдательных скважин, который поможет максимально систематизировать проведение режимных

наблюдений за линзой – отбор проб воды, почвы и воздуха на химический анализ, измерение уровней нефтепродуктов в скважинах. Режимные наблюдения позволяют отстроить в специализированном ПО техногенное образование, тем самым отслеживая высокий уровень экологической угрозы техногенного продукта, его распространение и увеличение объема, а также прогнозирование поведения нефтяной линзы на перспективу, оценка запасов.

На текущий момент в мире предложена лишь санация техногенных линз, поэтому комплекс мероприятий по мониторингу позволяет отслеживать изменения, происходящие в экосистеме, и вовремя предотвращать распространение загрязнений, тем самым поддерживая требуемый уровень экологической безопасности предприятия.

### Список литературы

1. Гусева Е.В., Авдеев А.Е., Задкова А.Г., Медведев К.С. Создание концептуальной модели распространения техногенной линзы углеводородов под НПЗ с использованием программных продуктов Surfer и Petrel // В мире научных открытий. 2020. № 8 (15). С. 69–73.
2. Быков Д.Е., Петренко Е.Н., Подъячев А.А., Пыстин В.Н., Тупицына О.В., Чертес К.Л. Санация недр территории нефтеперерабатывающих заводов // Ecology and industry of Russia. 2019. № 23. С. 9–13.
3. Ахмадова Х.Х., Идрисова Э.У., Такаева М.А. Проблема техногенных залежей в российских регионах // В мире научных открытий. 2013. № 8 (15). С. 69–73.
4. Мингалева Т.А., Сенчина Н.П., Миллер А.А. Картирование участка разлива нефти методами ЕП и ИЭМП // Гидрометеорология и экология. 2018. № 3. С. 171–180.
5. Геологическое 3D-моделирование / под ред. К.Е. Заревский. М.: Маска, 2009. 378 с.
6. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / под ред. Ю.Л. Воробьева, В.А. Акимова, Ю.И. Соколова. М.: Ин-октаво, 2005. 368 с.



# Оценка истощимости возобновимых природных ресурсов Томской области

Зубарев А.А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

Лаптев Н.И.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

В статье проанализирована истощимость возобновимых природных ресурсов Томской области.

Ключевые слова: Томская область, оценка истощимости, возобновимые природные ресурсы.

Устойчивое развитие Томской области предполагает налаживание эффективного анализа экономических и физических показателей, отражающих взаимодействия природы и экономики. Для этого региональная аналитическая система управления природопользованием должна иметь возможность учитывать использование природных активов (с учетом их истощимости) в дополнение к произведенному потреблению капитала. Такой комплексный учет получил название эколого-экономического [1].

Актуальность темы определяется необходимостью обеспечения устойчивого использования природных ресурсов Томской области.

Регион обладает существенными запасами возобновимых природных ресурсов, играющих существенную роль в экономике.

Запасы древесных ресурсов составляют 4 0471,8 тыс. м<sup>3</sup>; запасы недревесных ресурсов, а именно: лекарственные растения – 43 тыс. т, грибы – 12 тыс. т, ягоды – 82 тыс. т, кедровый орех – 34 тыс. т; запасы охотничье-промысловых ресурсов, а именно: медведь – 9 187 особей, лось – 46 237 особей, соболь – 75 497 особей; запасы водных биоресурсов – не менее 12 тыс. т; запасы водных ресурсов – 492,95 млн м<sup>3</sup> [2] (табл. 1).

Таблица 1

## МАТРИЦА ФИЗИЧЕСКОГО УЧЕТА

Томская область (2015 г.). Физические счета: произведенные экономические активы – возобновимые ресурсы

Показатель	Древесные ресурсы, тыс. м <sup>3</sup>	Недревесные ресурсы, тыс. т					Охотничьи ресурсы, тыс. особей					Рыбные ресурсы, тыс. т	Водные ресурсы, млн м <sup>3</sup>	
	Всего	Всего	Грибы	Ягоды	Лек. растения	Кедровый орех	Всего	Медведь	Лось	Соболь	Прочие	Всего	Поверхностные	Подземные
Запас на момент открытия (01.01.2015)	38	343	43	82	43	175	4968,309	9,047	36,152	63,807	4859,303	12	434,42	224,09
Экономическое использование														
Устойчивое использование	-4,779	-6,019	-2,82	-2,614	-0,261	-0,324	-49,604	-0,263	-1,342	-11,485	-36,514	-2,239	-262,48	-150,68
Истощение														
Другое накопление	4,784	6,019	2,82	2,614	0,261	0,324		0,324		2,184		2,239	263,17	149,91
Другие изменения	-0,005						-2412,414		-5,171		-2398,529			
Запас на момент закрытия (12.31.2015)	38	343	43	82	43	175	2506,291	9,108	29,639	54,506	2413,038	12	435,11	223,32

Для написания статьи были изучены государственные доклады «О состоянии и охране окружающей среды Томской области» с 2015 по 2020 г., а также «Статистические ежегодники» с 2015 по 2020 г. и «Томская

область в цифрах» за 2020 г. Оценка истощимости возобновимых природных ресурсов проводилась на основе анализа матриц с 2015 по 2020 г. Оценка истощимости представлена в табл. 2.

Таблица 2

Оценка истощимости возобновимых природных ресурсов, %

Показатель		2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Использование расчетной лесосеки		12,57	13,82	13,38	15,69	16,22	17,98
Использование доступных запасов грибов		47,57	15,69	14,12	10,12	2,67	19,05
Использование возможного объема заготовок ягод		23,40	19,07	31,07	101,43	54,36	45,03
Использование возможного объема заготовок кедрового ореха		0,93	12,09	1,44	1,50	27,05	10,95
Использование возможного объема заготовок лекарственных растений		0,6	0,9	1,05	1,43	0,3	2,03
Использование возможного объема добычи водных биоресурсов		37,32	49,3	54,17	55,5	53,34	60
Использование возможного забора водных ресурсов	Поверхностные	60,42	59,32	57,20	59,01	85,12	70,22
	Подземные	67,24	67,92	89,16	88,47	92,12	

Эксплуатация древесных ресурсов леса носит неистощительный характер. Расчетная лесосека используется на 12–17%. Но следует отметить, что наблюдается рост ее использования более чем на 5% за последние 7 лет. Наносимый ущерб от пожаров совместно с заготовками древесины не превышает объема расчетной лесосеки.

Запасы грибов используются на 10–47%, ягод – на 20–50%, кедрового ореха – на 10–30%, лекарственных растений – на 0,6–2,03%. Использование ресурсов дикоросов носит неистощительный характер.

Эксплуатация ресурсов охотничье-промысловых животных в целом носит неистощительный характер.

Использование водных биоресурсов не превышает потенциально возможного объема добычи, запасы используются на 37–63%. Наибольшее использование водных биоресурсов (в размере 63%) отмечено в 2021 г. Эксплуатация носит неистощительный характер.

Эксплуатация водных ресурсов полностью обеспечивает потребности Томской области и не превышает допустимого объема забора воды. Запасы поверхностных вод использовались на 57,20–85,12% с 2015 по 2019 г., а запасы подземных вод – на 67,24–92,12% с 2015 по 2019 г., с 2020 г. разделение на поверхностные

и подземные воды отсутствует, использование запасов составило 70,22–73,87%.

В перспективе при исчерпании невозобновимых природных ресурсов (нефть и газ) особое значение в районах области приобретут возобновимые природные ресурсы (рыбные и древесные ресурсы, дикоросы и др.). В значительной степени именно они будут обеспечивать рабочие места и доходы местного населения. Требуется реальная оценка их истощения на локальных территориях и относительной исчерпаемости в масштабах области (максимальной возможности объемов заготовок). Это позволит более точно определить перспективы развития районов области.

#### Список литературы

1. Лаптев Н.И. Сравнительная оценка устойчивости развития Томской области и Красноярского края // Экология и управление природопользованием. Стратегия использования природного капитала в интересах устойчивого развития Арктики и регионов России: сб. науч. тр. Второй всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Томск, 23–24 нояб. 2017 г. Вып. 2. Томск: Литературное бюро, 2018. С. 50–52.

2. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Томской области в 2020 году».

## Методика проведения эколого-геологической оценки состояния донных отложений озера Вельё (национальный парк «Валдайский»)

Иванчук Н.П.

Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена, Россия, г. Санкт-Петербург

Подлипский И.И.

Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена, Россия, г. Санкт-Петербург

В статье приводится общая информация об озере Вельё. Перечисляются его основные экологические проблемы. Иллюстрируется проведенная работа по отбору данных. Приводится описание планов работ с отобранными пробами.

**Ключевые слова:** национальный парк «Валдайский», донные отложения, тяжелые металлы, озеро Вельё, геоэкология.

Озеро Вельё – второй по величине водоем Новгородской области после Ильменя. Входит в состав национального парка «Валдайский» и располагается на Валдайской моренной гряде, имеет ледниковое происхождение [1]. Озеро вытянуто с севера на юг более чем на 25 км и имеет около 200 больших и малых островов. Средняя глубина Вельё колеблется в пределах 9–10 м, площадь водного зеркала – 35,0 км<sup>2</sup> [2]. В западной части водоема присутствует естественный сток через реку Явонь, который частично перекрыт с помощью плотины, из-за чего уровень озера поднят на несколько метров и в него впадает несколько небольших рек и множество ручьев. Вельё покрывается льдом в конце ноября – начале декабря, освобождается ото льда в конце апреля – начале мая [3]. Дно и берега в основном песчаные, местами встречается ил. Водоем отличается высоким видовым разнообразием рыбы. Озеро Вельё является большим источником питьевой воды Новгородской области. Местные жители и туристы используют озеро для проведения досуга и отдыха. В летний и зимний периоды происходит отлов рыбы, также на берегу возле поселка Никольское располагается рыбопроизводное предприятие [1].

Экологические проблемы озера Вельё. Несмотря на то что Вельё является одним из самых чистых водоемов Новгородской области [4], в течение последнего десятилетия экосистема озера неоднократно нарушалась. Так, в 2014 г. сотрудники Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины (СПбГУВМ), изучив экологическое состояние вод и донных осадков литорали озера Вельё, подтвердили наличие антропогенной нагрузки на озеро [3]. В 2015 г. ученые СПбГУВМ в ходе мониторинга современного экосостояния воды литорали озера Вельё зафиксировали незначительное превышение некоторых показателей ПДК. Авторы работы связали данное отклонение с хозяйственной деятельностью рыбзавода и активным строительством [5]. Летом 2015 г. студенты и сотрудники Новгородского государственного университета (НовГУ) имени Ярослава Мудрого в процессе исследования внесезонного цветения озера Вельё установили наличие прогрессирующей эвтрофикации озера, которая сопровождалась интенсивным ростом сине-зеленых водорослей в водоеме [6]. В 2017 г. сотрудники университета ветеринарной медицины, проводя изучение гидрохимического состава воды озера Вельё на участках, отведенных под рыбопроизводные форелевые садки, зафиксировали превышение ПДК по ионам аммония и аммиака непосредственно у садков, по БПК<sub>5</sub> в радиусе 10 м от садков. Авторы статьи связали экологическую проблему со значительным количеством лабильных органических соединений [7].

В целом геоэкологических работ на водосборной территории и в акватории озера Вельё за последние 20 лет проведено относительно немного. Методика проведения эколого-геологической оценки состояния донных отложений озера Вельё никогда не применялась. В 2014 г. сотрудниками СПбГУВМ было проведено исследование экологического состояния воды и донных осадков литорали озера Вельё, однако данная методика изучения не включала в себя оценку загрязнения донных отложений водоема тяжелыми металлами [3]. Кроме того, на рассматриваемом объекте находятся основные рекреационные и хозяйственные

объекты национального парка «Валдайский» (базы отдыха, а также туристические стоянки и тропы). Поэтому своевременный анализ антропогенного изменения природной зоны и оценка степени загруженности природных систем как рекреационного и хозяйственного ресурса являются на сегодняшний день актуальными и необходимыми [8].

В исследовании рассмотрено загрязнение донных отложений озера Вельё тяжелыми металлами, относящимися к I–III классам опасности, а именно Cr (I), Mn (III), Co (III), Zn (I), Sr (III), Pb (I). Основной задачей проведенных работ на озере Вельё являлась эколого-геологическая оценка состояния донных отложений и последующее определение в них токсичных веществ. Работа по взятию донных отложений осуществлялась в два этапа. Перед полевой стадией исследования на карту Никольского плеса (северной акватории) озера Вельё была нанесена регулярная сеть 500x500 м для равномерного распределения точек взятия проб. Отбор донных отложений осуществлялся в получившихся 37 узлах регулярной сети. На первом этапе полевой стадии исследования пробы отбирались в тех узлах, которые были расположены наиболее близко к прибрежному населенным пунктам (Никольское, Княжево, Симаниха, Пабережье). Отмеченные точки находились на расстоянии 75–200 м от берега и на глубинах не более 2–3 метров. Так были отобраны 13 проб (отмечены зеленым цветом на рисунке) вдоль береговой линии Никольского плеса озера Вельё. Второй этап полевой стадии исследования производился преимущественно в центральной части северной акватории Вельё. Оставшиеся 24 образца (отмечены красным цветом на рисунке) были взяты в наиболее отдаленных от берега узлах регулярной сети. В период полевых работ пробы нестратифицированных донных осадков отбирались при помощи бентосного дночерпателя Ван-Вина [9–11]. Промер глубин осуществлялся при помощи эхолота для рыбалки. Образцы грунта, донных и береговых отложений отбирались в тканевые мешочки, снабженные этикеткой с указанием номера и объекта исследований. После полевого этапа исследования пробы были отнесены в помещение, где в раскрытом виде сушились при комнатной температуре.

Пробы грунта и донных отложений перед анализом будут доведены до воздушно сухого состояния в сушильном шкафу (с целью прекращения микробиологических процессов и связанных с ними биохимических изменений), измельчены и просеяны через набор сит с целью установления гранулометрического состава образцов. Полученные навески будут проанализированы с использованием портативного рентгенофлуоресцентного анализатора X-Spec (модель 50N, производитель ЗАО «Научные приборы») на содержание Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Rb, Sr, Pb (мг/кг) [12].

Далее будут получены фоновые концентрации по каждому элементу в процентах с помощью программы Statistica 10.0, используя значения по показателю медианы. В отличие от математического ожидания данный показатель обладает свойством робастности, т.е. он является нечувствительным к различным отклонениям и неоднородностям в выборке, связанным с теми или иными причинами, такими как ошибка прибора или опечатка [13].

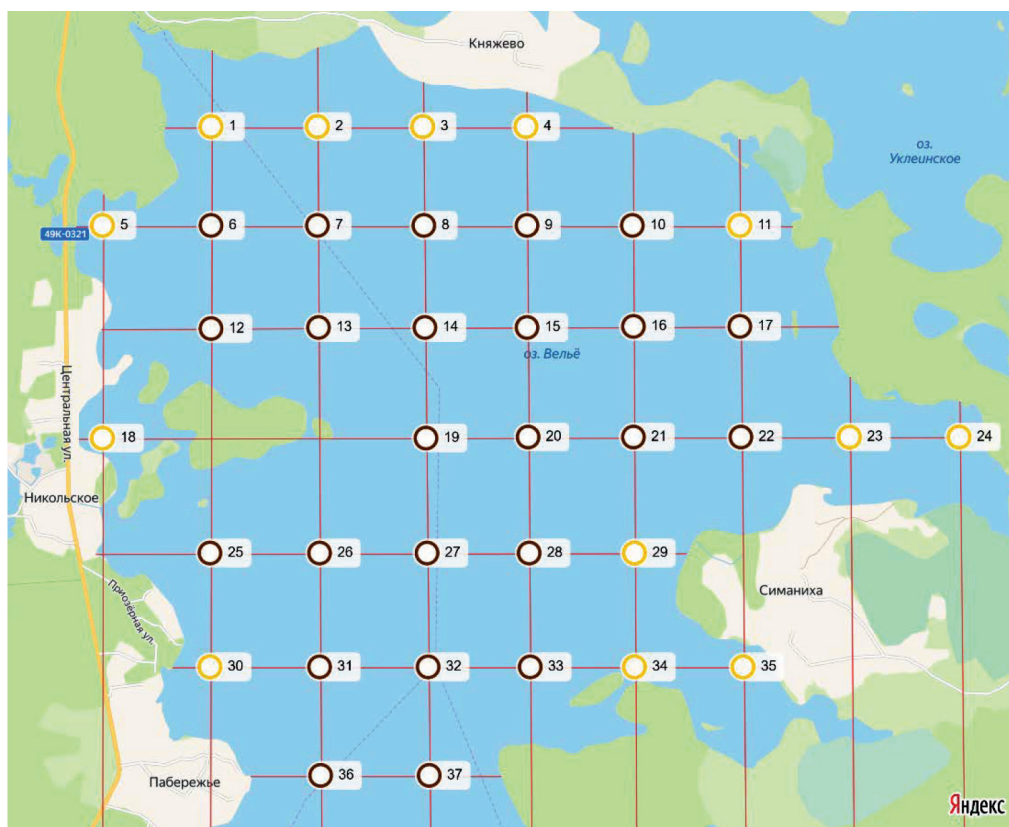


Схема отбора проб на оз. Вельё

На основании фоновых концентраций, рассчитанных для рекреационной зоны, в программах Surfer и CorelDraw будут построены карты распределения каждого из тяжелых металлов для озера Вельё, в основу которых будет взят расчет коэффициента концентрации по формуле

$$K_c = \frac{C_i}{C_\phi},$$

где  $C_i$  – фактическое содержание  $i$ -го элемента,  $C_\phi$  – фоновое содержание элемента [14].

На следующем этапе камеральной обработки данных необходимо будет рассчитать показатель суммарного загрязнения  $Z_{ст}$ .  $Z_{ст}$  – коэффициент, аналогичный суммарному загрязнению  $Z_c$ , который дополнительно учитывает класс опасности химического элемента.  $Z_{ст}$  рассчитывается по формуле

$$Z_{ст} = \sum(K_{ki} \cdot K_{li}) - (n - 1),$$

где  $K_{li}$  – коэффициент токсичности  $i$ -го элемента.

При назначении коэффициентов  $K_{li}$  исходят из необходимости сохранить шкалу критических суммарных показателей  $Z_c$  Ю.Е. Саета. Чтобы ее сохранить, следует элементам II класса опасности придать  $K_l = 1,0$ , т.е. оставить их вклад без изменения, элементам III класса опасности придать понижающий коэффициент  $K_l < 1$ , а элементам I класса опасности – повышающий коэффициент  $K_l > 1$ . Химическим элементам III класса опасности назначают среднее значение интервала 0–1, т.е.  $K_l = 0,5$ . Для элементов I класса опасности коэффициент II класса увеличен на 0,5, т.е. равен 1,5 [15].

### Список литературы

1. Иванова Е.Е., Каурова З.Г. Характеристика современного состояния озера Вельё Новгородской области по макрофитам // Интерактивная наука. 2016. № 5. С. 62–64.
2. Тишков А.А., Белоновская Е.А., Царевская Н.Г. Озера-водохранилища национального парка «Валдайский» и их вклад в экологическое состояние Верхне-Волжской и Невско-Ладожской водных систем // Водоохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояние, управление: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 8–15.
3. Шумейко Е.А., Арсалонина А.Ц., Кулырова А.В. Исследование экосостояния донных осадков литорали озера Вельё // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015. № 1. С. 128–130.
4. Каурова З.Г., Тютюнник В.В. Влияние рыборазводного хозяйства на гидрохимический состав воды озера Вельё // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015. № 4. С. 216–219.
5. Арсалонина А.Ц., Шумейко Е.А., Кулырова А.В. Мониторинг современного состояния параметров воды озера Вельё // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015. № 3. С. 218–221.
6. Поединщикова В.О., Гордиевский Е.Ю. Исследование внесезонного цветения озера Вельё // Новая наука: теоретический и практический взгляд. 2015. № 6-2. С. 8–11.
7. Каурова З.Г., Сайков С.С. Гидрохимический состав воды озер Вельё, Селигер и Пестовское на участках, отведенных под рыборазводные садки // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 1. С. 169–172.



8. Терехова А.В. и др. Определение фоновых содержаний тяжелых металлов в почвах и донных осадках центральной части национального парка «Смоленское Поозерье» // Экологические проблемы недропользования. 2017. С. 67–74.

9. Гузев В.Е. и др. Эколого-геохимическая оценка состояния района озера Лошамье (национальный парк «Смоленское Поозерье») // Экологические проблемы недропользования: 17-я международная молодежная научная конференция «Экологические проблемы недропользования», Санкт-Петербург, 29–30 мая 2017 г. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2017. С. 95–96.

10. Терехова А.В. и др. Разработка сети пробоотбора для комплексного эколого-геологического мониторинга территории национального парка «Смоленское Поозерье» // Природа и общество: в поисках гармонии. 2016. № 2. С. 150–155.

11. Zelenkovskiy P.S. et al. Mercury and other heavy metals in the bottom sediments of Lake Loshamy (national park «Smolensk Lakeland») // IOP Conference Series: Earth

and Environmental Science – IOP Publishing. 2020. Т. 579, № 1. С. 012044.

12. Подлипский И.И., Зеленковский П.С. Методика проведения эколого-геологической оценки состояния донных отложений озера Сапшо (национальный парк «Смоленское Поозерье») // Школа экологической геологии и рационального недропользования-2015. 2015. С. 52–57.

13. Иванюкович Г.А. Статистический анализ экологических данных: практикум решения задач с помощью пакета программ Statistica / под ред. И.М. Хайковича, В.В. Куриленко. СПб.: СПб. ун-т, 2010. 204 с.

14. Подлипский И.И. и др. Эколого-геохимическая оценка состояния компонентов природной среды особо охраняемых природных территорий на примере национального парка «Смоленское Поозерье» // Экологические проблемы недропользования. 2017. С. 59–67.

15. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009.

## Динамика цитогенетических нарушений у больных смешанной инфекцией иксодового клещевого боррелиоза и гранулоцитарного анаплазмоза человека

Ильинских Е.Н.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

В статье приводится анализ динамики цитогенетических последствий у больных микст-инфекциями гранулоцитарного анаплазмоза и иксодового клещевого боррелиоза по сравнению с моноинфекцией ИКБ.

**Ключевые слова:** иксодовый клещевой боррелиоз, гранулоцитарный анаплазмоз человека, микст-инфекция, хромосомный анализ.

Инфекции, передающиеся иксодовыми клещами, вызванные боррелиями *Borrelia burgdorferi* s.l. и анаплазмой *Anaplasma phagocytophilum*, регистрируются в большинстве регионов Российской Федерации [3]. Гранулоцитарный анаплазмоз человека (ГАЧ) нередко сочетается с клещевым энцефалитом или иксодовым клещевым боррелиозом (ИКБ) [4].

Цель исследования – мониторинг цитогенетических последствий у больных микст-инфекциями гранулоцитарного анаплазмоза и иксодового клещевого боррелиоза по сравнению с моноинфекцией ИКБ.

Всего обследовано 27 больных: 12 пациентов с микст-инфекцией ГАЧ и ИКБ и 15 больных ИКБ, госпитализированных в инфекционную клинику Сибирского государственного медицинского университета (СибГМУ) (Томск) в 2019–2022 гг. Возраст больных был от 20 до 49 лет. Пробы периферической крови из локтевой вены для получения культур лимфоцитов брались в динамике сразу же после госпитализации, а также через 30, 60 и 90 суток после выписки из стационара. Диагноз у всех обследованных пациентов был подтвержден методом иммуноферментного анализа (ИФА). Исследование было одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России (протоколы № 7939 от 21.10.2019 и № 9119/1 от 30.05.2022). В качестве здорового контроля были изучены хромосомные пластинки у 14 доноров станции переливания крови, г. Томска. Культивирование лейкоцитов крови, приготовление препаратов для хромосомного анализа и анализ метафазных пластинок

проводили стандартным методом. Для контроля использовали культуры лимфоцитов здоровых доноров той же возрастной группы, что и больные. Все количественные показатели исследования обрабатывали с применением *t*-критерия Стьюдента для независимых и зависимых выборок. Различия сравниваемых результатов считались достоверными при достигнутом уровне значимости  $p < 0,05$ .

Установлено, что у больных микст-инфекцией ГАЧ и ИКБ в первую неделю болезни общее число клеток с цитогенетическими нарушениями было в 2,0 раза больше по сравнению с моноинфекцией ИКБ ((12,4 ± 0,6)% против (6,1 ± 0,5)% при  $p = 0,014$ ) и в 3,1 раза выше, чем в группе здорового контроля ((12,4 ± 0,6)% против (3,9 ± 0,2)% при  $p < 0,001$ ). Кроме того, пациенты с моноинфекцией ИКБ также имели существенное повышение частоты лимфоцитов с хромосомными aberrациями по сравнению с контрольной группой ((6,1 ± 0,5)% против (3,9 ± 0,2)% при  $p = 0,034$ ). Среди типов хромосомных aberrаций в обеих группах больных с микст- и моноинфекцией ГАЧ и ИКБ отмечалось существенное возрастание частоты клеток со структурными хроматидными aberrациями хромосом, а также анеуплоидных и полиплоидных клеток. Повторное обследование переболевших микст- и моноинфекциями ГАЧ и ИКБ, проведенное через 30 дней после выписки из стационара, выявило статистически значимое снижение общего числа клеток с цитогенетическими нарушениями: (6,5 ± 0,6)% против (12,4 ± 0,6)% ( $p < 0,001$ ) у больных в группе с микст-

инфекцией и  $(4,9 \pm 0,6)\%$  против  $(6,1 \pm 0,5)\%$  ( $p = 0,034$ ) у пациентов с моноинфекцией ИКБ. Однако в обеих группах через 1 месяц после начала заболевания полученные значения цитогенетических нарушений оставались значительно выше аналогичных значений в контроле ( $p < 0,05$ ). Через 3 месяца наблюдался процесс нормализации кариотипа практически у всех переболевших микст- и моноинфекциями ГАЧ и ИКБ до уровня значений в контрольной группе.

Известно, что не только некоторые бактерии, но и вирусы способны индуцировать образование структурных хроматидных aberrаций, анеуплоидных и полиплоидных клеток [1]. Однотипность локализации повреждений хромосом, индуцированных различными инфекционными агентами, позволяет предположить наличие общих механизмов в их возникновении [2]. Основными механизмами элиминации генетически измененных клеток следует рассматривать апоптоз и механизмы иммунной системы, поддерживающие цитогенетический гомеостаз организма [5].

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-15-20010, <https://rscf.ru/project/22-15-20010/>, и средств администрации Томской области.*

#### Список литературы

1. Ильинских Е.Н., Лукашова Л.В., Лепехин А.В., Замятина Е.В., Портнягина Е.В., Полторацкая Т.Н., Полторацкая Н.В., Панкина Т.М., Шихин А.В., Полозова Л.В., Бужак Н.С., Пучкова Н.Н., Ильинских Н.Н. Клинико-эпидемиологические аспекты микст- и моноинфекций, вызванных эрлихиозами // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2015. Т. 17, № 5. С. 377–380.
2. Bakken J.S., Dumler J.S. Human Granulocytic Anaplasmosis // *Infect Dis Clin North Am*. 2015. Vol. 29, № 2. P. 341–355. <http://doi:10.1016/j.idc.2015.02.007>
3. Ильинских Н.Н., Ильинских И.Н. Влияние вируса клещевого энцефалита на хромосомный аппарат клеток человека // *Цитология и генетика*. 1976. Т. 10, № 4. С. 331–333.
4. Ильинских Н.Н., Ксенц А.С., Ильинских Е.Н. Микроядерный анализ в оценке цитогенетической нестабильности. Томск: Изд-во Томского педагогического университета, 2011. 312 с.
5. Infectious mutagenesis (Cytogenetic effects in human and animal cells as well as immunoreactivity induced by viruses, bacteria and helminthes) / N.N. Ilyinskikh, I.N. Ilyinskikh, E.N. Ilyinskikh. Saarbrücken (Germany): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 218 p.

## Проблемы и перспективы переработки органических отходов в Омской области

Казначеева О.Ю.

*Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Россия, г. Омск*

Баженова О.П.

*Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Россия, г. Омск*

Рассмотрены вопросы формирования законодательной базы в сфере деятельности по обращению с отходами и утилизации органических отходов. Предложены перспективные направления деятельности по переработке органических отходов, не относящихся к твердым коммунальным отходам.

*Ключевые слова:* твердые коммунальные отходы, органические отходы, утилизация, компостирование отходов, Омская область.

С каждым годом образование отходов производства и потребления стремительно увеличивается как во всем мире, так и в нашей стране. Реформа отрасли обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО), проводимая в настоящее время на территории Российской Федерации, показала необходимость разработки и формирования новых подходов к обращению с отходами производства и потребления и развития полноценной отрасли их утилизации. При этом нужно не только максимально использовать ресурсный потенциал отходов, но и учитывать возможность производства из них готовой полезной продукции.

На территории субъектов Российской Федерации возникла острая потребность в объектах по утилизации органической части твердых коммунальных, растительных отходов, отходов (осадков), образующихся при очистке сточных вод, отходов животноводства и производства растениеводческой продукции, отходов активного ила и т.п. Такие объекты к настоящему времени имеются только в небольшой части регионов, но их не-

обходимо создавать, что требует больших финансовых и материальных затрат, а также развития инвестиций.

Инвестиционная деятельность по строительству объектов утилизации органических отходов на территории всей страны в настоящий момент выражена слабо, а на территории Омской области отсутствует [1].

Сложившаяся ситуация связана в первую очередь с несовершенством действующего законодательства, в котором отсутствует четкое определение процесса утилизации отходов именно как процесса биологического разложения органических отходов. Поэтому в связи с возникшим запросом как со стороны государства, так и со стороны общества формирование законодательной базы происходит достаточно интенсивно. Особое внимание уделяется закреплению в нормативно-правовых документах новой терминологии, в том числе определения «компостирование отходов как процесс биологического разложения органических отходов растительного и животного происхождения». Данная информация отражена в законопроекте, предложенном



на рассмотрение депутатами Государственной думы Б.В. Агаевым и А.Б. Коганом [2].

После окончательного закрепления терминологии в Федеральном законе «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ и с появлением возможности включения утилизации отходов методом компостирования в единый тариф регионального оператора по обращению с ТКО [3] у хозяйствующего субъекта, осуществляющего их утилизацию, появится возможность максимально законно увеличить процент утилизируемых ТКО, тем самым сокращая показатель по размещаемым (захораниваемым) отходам. В результате возможность гарантированной окупаемости затрат при включении их в тариф резко возрастет. На основании вышеизложенного строительство объектов по утилизации органической части ТКО является более привлекательной для инвестиционной деятельности, чем строительство объектов утилизации органических отходов, не относящихся к ТКО.

Твердые коммунальные отходы не имеют постоянного состава, а возможность загрязнения их органической части тяжелыми металлами, неорганическими примесями, включая стекло, различные виды пластика, химические источники тока (батарейки) и т.п., значительно выше, чем у отходов растительного и животного происхождения. Соответственно, и качество получаемых почвогрунтов путем компостирования органической части ТКО будет значительно уступать почвогрунтам, полученным из иных органических отходов. Дополнительно необходимо обратить особое внимание на то, что количество образуемого гумуса при разложении органической части ТКО находится в прямой зависимости от процентного соотношения неразлагаемых примесей в составе данных отходов.

В связи с этим целесообразно не осуществлять смешивание органической части ТКО и отходов, к ним не относящимся, что позволит получать разнообразные виды почвогрунтов и применять их в различной деятельности – озеленении, рекультивации земель, послойной изоляции полигонов ТКО и т.п.

Деление объектов утилизации на различные виды позволит избежать смешения затрат по регулируемым и нерегулируемым видам деятельности, исключит для хозяйствующего субъекта необходимость предоставления дополнительных доказательств и возникновение иных споров при обосновании затрат. Кроме того, это позволит максимально снизить возможность применения почвогрунтов с большим наличием вредных примесей на территории селитебных зон.

Приоритетным направлением отрасли переработки отходов должно быть создание технологий, позволяющих значительно снизить срок компостирования органики и ускорить получение готового для применения почвогрунта, уменьшить наличие неприятных запахов при разложении органической части отходов и, как следствие, снизить количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сократить объем размещаемых отходов. Таких результатов возможно добиться при использовании в компостировании различных биопрепаратов.

Иное перспективное направление деятельности по переработке органических отходов, не относящихся к ТКО, заключается в создании комплексных объектов по их утилизации.

Отрасль по утилизации органических отходов, не относящихся к ТКО (листва и опил деревьев, отходы деревообработки, отходы флористических магазинов и организаций и т.п.), на первоначальном этапе не может существовать за счет реализации готового продукта, исходя из того, что при компостировании органическая часть значительно уменьшается, поэтому к моменту получения почвогрунта и его реализации масса готового продукта будет составлять не более 20–30% от исходной, а первоначальная себестоимость будет настолько высока, что не сможет покрыть инвестиционных издержек и затрат на содержание объекта. В случае установления непривлекательной для предпринимателя стоимости услуги по утилизации отходов (значительно отличающейся от утилизации иных отходов) существует большой риск того, что фактически образующийся объем органических отходов, не относящихся к ТКО, попадет на территории несанкционированных объектов размещения отходов, территории лесов, водоохраных зон, оврагов и т.п. Поэтому целесообразно предусмотреть механизмы поддержки и субсидирования таких направлений, особенно на первоначальном этапе, так как именно эта отрасль может обеспечить изготовление максимально чистых и высококачественных почвогрунтов. Следует отметить, что этот вопрос требует дополнительного изучения.

Подходы к использованию органических отходов в качестве вторичного сырья очень важны для развития экономики замкнутого цикла [4]. Необходимы тщательное изучение групп и видов отходов, их свойств, разработка и внедрение новых методик утилизации и обезвреживания, включая разработку новых технологий, технических условий и государственных стандартов на продукцию, получаемую из них. Это требует внесения изменений в законодательные акты Российской Федерации в части обязательного применения направлений обращения с органическими отходами юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями и формирует широкое поле для законотворческой деятельности. Законодательно закрепленный подход к обращению с органическими отходами позволит избежать загрязнения окружающей среды, возникающего при несанкционированном обращении с отходами такого вида.

В настоящее время Омская область остро нуждается в формировании объектов по утилизации органических отходов. Это могут быть как мононаправленные, так и комплексные объекты по обращению с отходами.

При рассмотрении проектов строительства объектов утилизации путем компостирования, необходимо учесть ряд ограничений, предусмотренных действующим законодательством. Возможность размещения таких объектов определяют на стадии выбора земельного участка. При этом оценивают его удаленность от населенного пункта, отсутствие нормируемых объектов в санитарно-защитной зоне (нормативная санитарно-защитная зона составляет 300 метров) [5], отсутствие данного участка в шестой подзоне приаэродромной территории (в случае если объект может являться местом массового скопления птиц), соответствие категории земель и вида разрешенного использования земельного участка, а также его соответствие документам территориального планирования, наличие коммуникаций на данном земельном участке и др.

При рассмотрении проектов строительства объектов утилизации органических отходов необходимо учитывать наиболее эффективные технологии переработки с учетом климатических особенностей региона, его размещения и выбора приоритетных технологий для круглогодичной утилизации отходов.

Проектные решения, предусматривающие эффективные технологии, позволят размещать такие объекты более компактно, рационально используя территорию и сокращая время производства готового продукта, тем самым позволяя оптимизировать затраты на утилизацию и в последующем формировать более доступные тарифы для юридических и физических лиц.

#### Список литературы

1. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Омской области от 26.05.2020 № 39. URL: <https://docs.cntd.ru/document/570817948>.

2. Законопроект «О внесении изменений в Федеральный закон „Об отходах производства и потребления“». URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/198483-8> (07.11.2022).

3. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/).

4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 января 2018 года № 84-р «Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года». URL: <https://docs.cntd.ru/document/556353696>.

5. Постановление главного государственного санитарного врача РФ от 25 сентября 2007 г. № 74 «О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902065388>.

## Влияние нефтезагрязнений на сообщества почвенных нематод в светло-серых лесных почвах г. Томска

Калашникова С.А.

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия, г. Томск*

Карташев А.Г.

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия, г. Томск*

Исследовано влияние нефти и бензина на сообщества почвенных нематод в светло-лесных почвах г. Томска. Выявлены изменения в трофической структуре и численности. Фауна почвенных нематод в загрязненных нефтепродуктами участках почвах характеризуется невысоким таксономическим разнообразием. Нефтезагрязнения стимулируют повышение численности грибов, участвующих в разложении нефти, и специализирующихся нематод-микотрофов, в частности рода *Aphelenchoides* и *Aphelenchus*.

*Ключевые слова:* почвенные нематоды, фауна, разнообразие, трофические группы, нефть, нефтезагрязнения, загрязнение почв.

В настоящее время актуальной становится разработка биоиндикационных критериев оценки техногенного воздействия на почву. Почвенные нематоды могут быть рекомендованы для оценки состояния почв и мониторинга изменений окружающей среды в качестве биологического теста [1–3]. Нематоды чувствительны к изменению среды обитания, характеризуются коротким циклом развития, не мигрируют, встречаются повсеместно. В зависимости от условий среды изменяется численность и родовой состав нематод [4, 5].

Исследования по изучению влияния нефтезагрязнений на почвенных нематод проводились в окрестностях г. Томска. Для проведения исследования выбран смешанный лес. Для оценки влияния различных концентраций нефти и бензина в естественных условиях были заложены модельные площадки. Площадки располагались на ровной поверхности, без кочек и ям, без подроста и подлеска. Почва представлена светло-серым лесным типом. Площадки разделялись на квадраты и устанавливались условные обозначения. Каждый выделенный квадрат равномерно загрязнялся товарной нефтью с концентрациями: 50, 100 и 200 г/кг и бензином: 50, 100 и 200 г/кг. Отбор почвенных проб осуществляли ежемесячно в период с 25.04.2016

по 25.10.2016 в пяти точках на каждом загрязненном участке и в контрольных участках. Пробы отбирались в поверхностном горизонте на глубине 0–10 см. В лабораторных условиях определялись численность и родовой состав почвенных нематод.

В исследовании о влиянии товарной нефти на сообщества почвенных нематод выявлены изменения в трофической структуре и численности. Минимальные значения общей численности нематод зафиксированы в октябре и составляли 527 экземпляров на 100 г почвы, максимальные значения отмечены в июле – 13,5 тыс. экземпляров на 100 г почвы. Фауна почвенных нематод в загрязненных нефтью участках характеризуется невысоким таксономическим разнообразием. В зависимости от периода исследований количество таксонов изменялось от 11 до 14. В незагрязненных, контрольных участках обнаружено 26 родов почвенных нематод.

Необходимо отметить значительную элиминацию представителей родов нематод при увеличении концентрации внесенной нефти. При концентрации нефти 50 г/кг число родов уменьшается на 46%, при концентрации 100 г/кг – на 54%, при концентрации 200 г/кг – на 58%. Рассматривая трофическую структуру сообществ почвенных нематод, необходимо отметить, что

бактериотрофы встречаются на всех исследуемых участках, включая загрязненную почву. Выжившие бактериотрофы, вероятно специализирующиеся на питании нефтебактериями, значительно повышают численность и сохраняются на всех нефтезагрязненных участках [6]. При всех исследуемых концентрациях преобладали и микотрофы, несмотря на элиминацию представителей двух родов. Наблюдается повышение численности почвенных нематод при воздействии нефтью с концентрацией 50 г/кг по сравнению с контролем: *Chiloplacus*, *Acrobeloides*, *Cephalobus*, *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Heterocephalobus*. Увеличение нематод бактериотрофов происходит за счет увеличения углеводород-окисляющих бактерий в почве при нефтезагрязнениях [7]. Почвенные нематоды родов *Coslenchus*, *Filenchus*, *Panagrolaimus*, *Paratylenchus* необходимо отнести к наиболее устойчивым к нефти, их численность находится на уровне контрольных значений.

В исследованиях по влиянию бензина выявлена деградация фауны почвенных нематод. Наблюдается токсическое влияние бензина на сообщества почвенных нематод, что подтверждается изменениями в трофической структуре и плотности популяций. Внесение бензина на поверхность почвы приводит к снижению общей численности нематод. В первый месяц после загрязнения общая численность нематод сократилась на 80% по сравнению с контролем, во второй месяц – на 83%. Плотность популяций нематод изменялась от 157 экземпляров на 100 г почвы до 8 067 экземпляров на 100 г почвы. В зависимости от периода исследования количество таксонов при загрязнении бензином изменялось от 7 до 16.

В контрольных участках почвы фауна нематод состояла из 26 таксонов, после внесения бензина на поверхность почвы количество таксонов сократилось до 7. В первый месяц после внесения бензина в структуре сообществ нематод представлены две эколого-трофические группы: бактериотрофы, сем. *Cephalobidae*, *Panagrolaimidae* и микотрофы – сем. *Aphelenchoididae*.

В течение всего периода исследования общая численность почвенных нематод не превышала контрольных значений. Сравнивая полученные данные с влиянием нефти на сообщества нематод, необходимо отметить более выраженные снижения численности при загрязнении бензином. Общая численность почвенных нематод при бензинозагрязнении снижена в сравнении с общей численностью при загрязнении нефтью более чем на 50%. Более устойчивые роды нематод к загрязнению бензином представлены *Cervidellus*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Cephalobus*, *Panagrolaimus*, *Acrobeloides*, *Chiloplacus*, которые присутствовали в сообществах во всех исследуемых периодах.

#### Список литературы

1. Bongers T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition // *Oecologia*. 1990. Vol. 83. P. 14–19.
2. Груздева Л.И., Матвеева Е.М., Коваленко Т.Е. Влияние солей тяжелых металлов на сообщества почвообитающих нематод // *Почвоведение*. 2003. № 5. С. 596–606.
3. Матвеева Е.М. и др. Почвенные нематоды как индикаторы индустриального загрязнения / Эколого-паразитологические исследования животных и растений Европейского Севера. Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2001. С. 69–77.
4. Романенко Е.Н. Фауна почвенных нематод и почвенно-экологические закономерности их распространения: автореф. дис. ... канд. биол. наук, 2000. 27 с.
5. Суцук А.А. Почвенные нематоды трансформированных экосистем Карелии: дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2009. 139 с.
6. Калюжин В.А. Использование аборигенных видов микроорганизмов при комплексных работах по очистке территорий от последствий разливов нефти // *Вестн. Том. гос. ун-та*. 2009. № 327. С. 200–201.
7. Куликова И.Ю., Дзержинская И.С. Микробиологические способы ликвидации последствий аварийных разливов нефти в море // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2008. № 5. С. 24–29.

## Оценка воздействия полигона ТБО на состояние окружающей среды южной части Большого Соловецкого острова

Касьяненко А.А.

Московский педагогический государственный университет, Россия, г. Москва

Литвиненко В.В.

Московский педагогический государственный университет, Россия, г. Москва

Рябова Э.Г.

Московский педагогический государственный университет, Россия, г. Москва

В статье оценивается степень воздействия полигона ТБО на состояние окружающей среды южной части Большого Соловецкого острова.

*Ключевые слова:* Соловецкие острова, полигон ТБО, атмосферный воздух, загрязнение окружающей среды.

В настоящее время Большой Соловецкий остров, являющийся памятником наследия ЮНЕСКО [1], становится все более популярным местом для туризма и паломничества. Наибольший туристический

поток наблюдается в летний период, в это время Большой Соловецкий остров претерпевает значительную нагрузку, в том числе увеличение количества отходов.



На территории Большого Соловецкого острова все твердые бытовые отходы (ТБО) размещают на специализированном полигоне, расположенном в населенной части острова, к юго-востоку от поселка Соловецкого. В настоящее время система обращения с отходами не предполагает регулярного вывоза отходов с территории острова.

Кроме того, применяемые в настоящее время технологии депонирования ТБО на территории Большого Соловецкого острова не гарантируют необходимого уровня санитарно-гигиенической безопасности для населения прилегающих территорий и объектов окружающей среды.

В результате деятельности полигона ТБО химические соединения, отходящие в составе биогаза и фильтрата, способны мигрировать через грунтовые воды, почвенный покров и атмосферный воздух и потенциально оказывать негативное воздействие на местное население как напрямую, так и опосредованно, передаваясь человеку через цепи питания.

Таким образом, оценка воздействия полигона ТБО на состояние окружающей среды острова является актуальной задачей.

Целью данной работы является оценка влияния полигона ТБО на окружающую среду южной части Большого Соловецкого острова.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- провести анализ литературных данных о последствиях негативного воздействия полигонов ТБО на окружающую среду;
- провести инструментальные измерения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе полигона ТБО и сравнить их с нормативными показателями;
- разработать карты загрязнения приземного слоя воздуха в районе полигона ТБО.

В рамках экспедиции, проходившей 1–10 августа 2022 г., нами были совершены полевые выходы в район

расположения полигона ТБО с целью проведения измерений концентраций загрязняющих веществ в приземном слое воздуха. Анализ концентраций загрязняющих веществ осуществлялся с помощью газоанализатора JD-3002. Измерения проводились с учетом розы ветров за период исследования в радиусе 400 метров к северо-западу и 500 метров к югу от полигона с шагом измерения 50 метров (рис. 1).

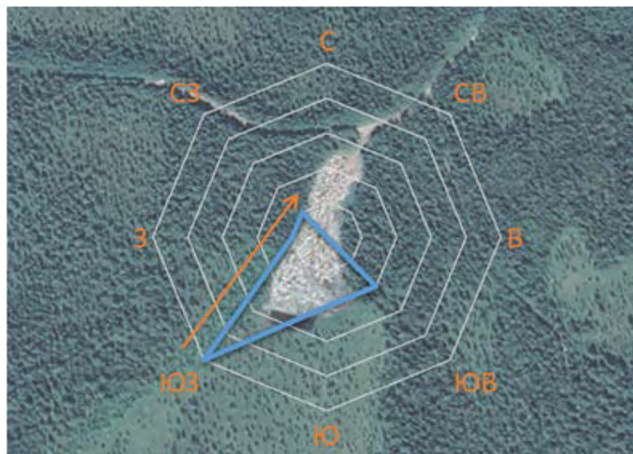


Рис. 1. Расположение полигона ТБО и роза ветров в период исследования 1–10 августа 2022 г.

Замеры проводились по следующим веществам: парниковый газ  $\text{CO}_2$ , летучие органические соединения (ЛОС) и формальдегид.

Результаты инструментальных замеров ЛОС в атмосферном воздухе представлены на рис. 2. Поскольку для ЛОС не установлено единых нормативов, в качестве предельных значений были взяты предельно допустимые концентрации (ПДК) по этилбензолу, наиболее опасному органическому соединению в составе ЛОС, отходящих от полигонов ТБО [2, с. 10].

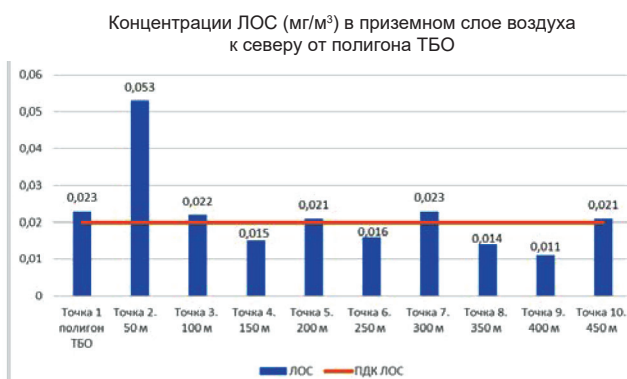
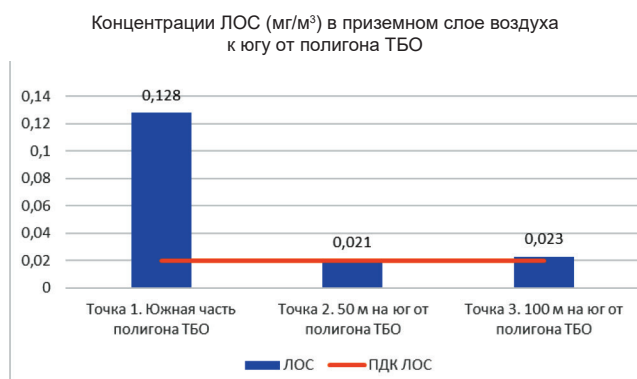


Рис. 2. Концентрации ЛОС ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) в атмосферном воздухе к югу и к северу от полигона ТБО

Как видно из представленных на рис. 2 гистограмм, наибольшая концентрация ЛОС в период исследования наблюдалась в южной части полигона ТБО. Миграция загрязняющих веществ в полном соответствии с розой ветров происходила с юго-запада на северо-восток. Результаты этого фиксировались в точке 2, в 50 м к северо-западу от полигона. Затем, по мере удаления от полигона, концентрации ЛОС начинают снижаться.

Результаты замеров формальдегида и  $\text{CO}_2$  представлены на рис. 3, 4.

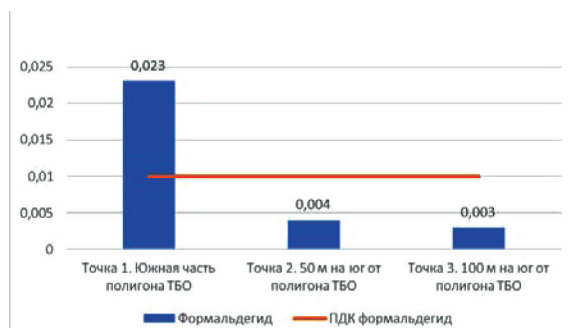
Как видно из данных на рис. 3, динамика распространения формальдегида аналогична ситуации с летучими органическими соединениями.

Как известно, для диоксида углерода не установлены предельно допустимые концентрации. В среднем в атмосферном воздухе вне помещений нормальное со-

держание  $\text{CO}_2$  находится на уровне 350–400 ppm. По данным ГОСТ 30494-2011 [3, с. 4], среднее качество воздуха внутри помещений также должно соответствовать уровню 400–600 ppm  $\text{CO}_2$ , а более высокие concentra-

ции диоксида углерода приводят к ухудшению самочувствия у человека. На основе анализа изложенных выше данных в качестве нормативного значения нами была выбрана концентрация  $\text{CO}_2$ , равная 400 ppm.

Концентрации формальдегида ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) в приземном слое воздуха к югу от полигона ТБО



Концентрации формальдегида ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) в приземном слое воздуха к северу от полигона ТБО

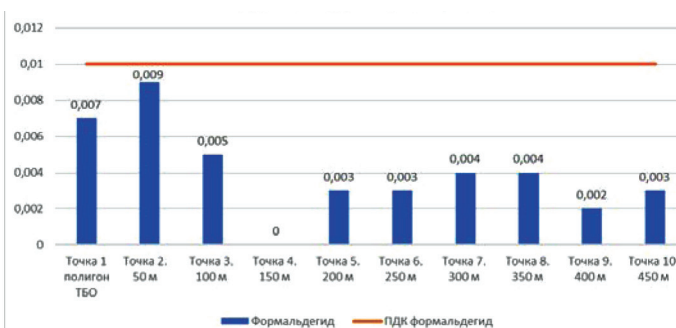
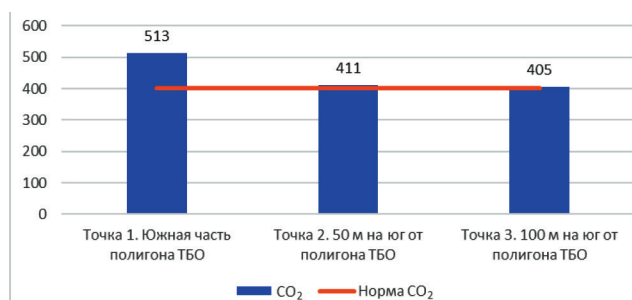


Рис. 3. Концентрации формальдегида ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) в атмосферном воздухе к югу и к северу от полигона ТБО

Содержание  $\text{CO}_2$  (ppm) в приземном слое воздуха к югу от полигона ТБО



Содержание  $\text{CO}_2$  (ppm) в приземном слое воздуха к северу от полигона ТБО

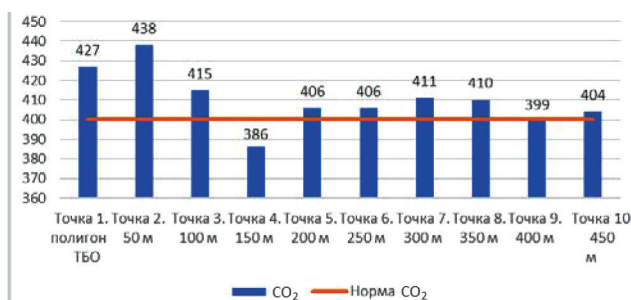


Рис. 4. Концентрации  $\text{CO}_2$  (ppm) в атмосферном воздухе к югу и к северу от полигона ТБО

Исходя из гистограмм на рис. 4, видно, что точки с повышенными концентрациями диоксида углерода сходны с точками превышения других загрязняющих веществ. Наибольшие концентрации отмечены в южной части полигона, что может свидетельствовать о более интенсивных процессах разложения органических веществ, происходящих на данном участке.

Параллельно с замерах концентраций загрязняющих веществ проводились измерения радиационного фона с помощью дозиметра Quantum и исследования метеорологических параметров. Показатели радиационного фона во всех точках находились в диапазоне 0,09–0,19 мкЗв/ч, что не превышает показателя естественного фона, равного 0,20 мкЗв/ч [4, с. 43].

По результатам проведенных исследований были составлены карты распространения загрязняющих веществ в приземном слое воздуха южной части острова Большой Соловецкий с учетом розы ветров. Карты позволяют наглядно проследить зависимость концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от близости к полигону ТБО.

В отношении ЛОС стоит отметить, что выбросы данных соединений могут быть связаны не только с деятельностью полигона ТБО, но также с влиянием автотранспорта. Об этом свидетельствуют повышенные концентрации ЛОС возле автомобильной дороги (рис. 7).

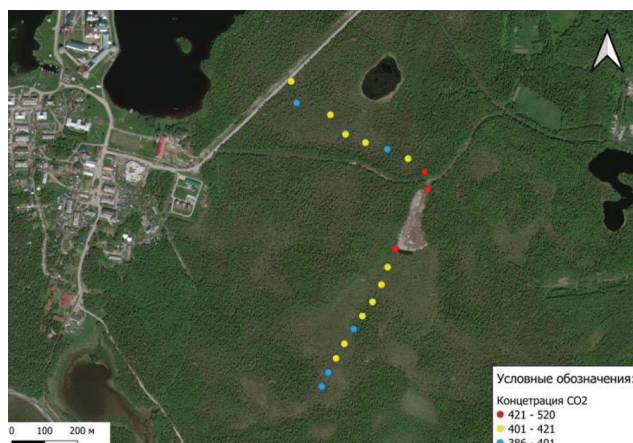


Рис. 5. Карта концентрации  $\text{CO}_2$  (ppm) в атмосферном воздухе в радиусе 400 м к северо-западу и в 500 м к югу от полигона с шагом измерения 50 м

Из карты на рис. 8 видно, что наибольшие значения радиационного фона также отмечены вблизи полигона ТБО, однако, как говорилось выше, данные показатели не превышают фоновых значений.

Также был проведен анализ спутниковых снимков за 2013, 2017 и 2020 гг., на основе которых можно сделать



вывод о том, что одним из негативных последствий влияния полигона ТБО на природный комплекс острова стало образование водного объекта в южной части полигона. Это, вероятно, произошло по причине нарушения требований к размещению полигонов твердых бытовых отходов в части гидрологии [5, с. 22–23].

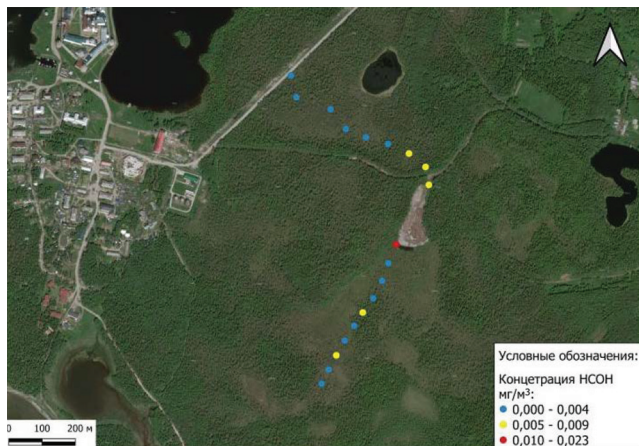


Рис. 6. Карта концентрации формальдегида ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) в атмосферном воздухе в радиусе 400 метров к северо-западу и в 500 м к югу от полигона с шагом измерения 50 м

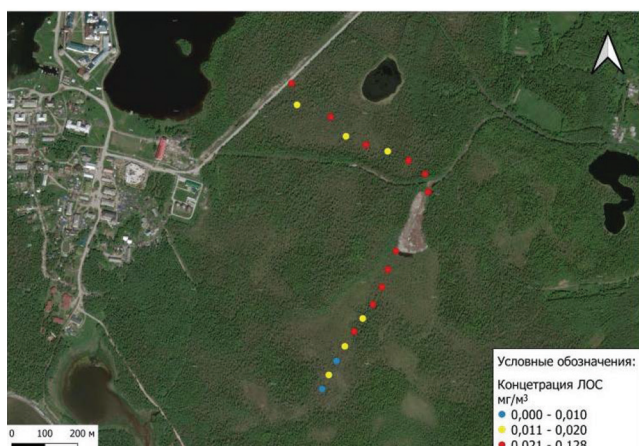


Рис. 7. Карта концентрации ЛОС ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) в атмосферном воздухе в радиусе 400 м к северо-западу и в 500 м к югу от полигона с шагом измерения 50 м

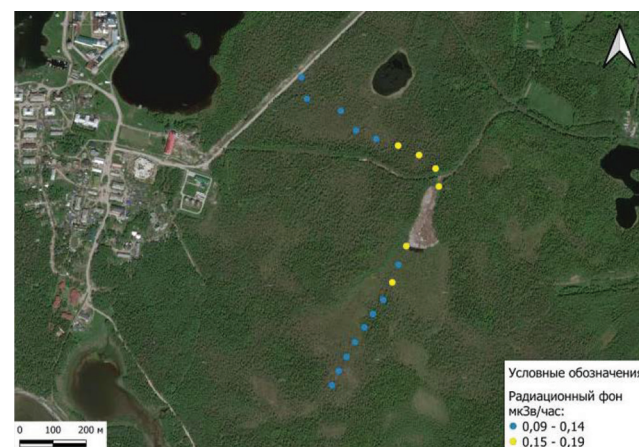


Рис. 8. Карта значений уровня радиационного фона в радиусе 400 м к северо-западу и в 500 м к югу от полигона с шагом измерения 50 м

Образование данного объекта повлекло за собой отрицательные последствия, такие как нарушение уровня грунтовых вод и, как следствие, гидрологического баланса территории. Кроме того, водный объект становится приемником для отходящего с полигона фильтрата, в результате чего могут происходить миграция токсичных веществ и загрязнение близлежащих естественных водоемов, в том числе используемых для питьевых и хозяйственно-бытовых целей.

Таким образом, анализ литературных данных о последствиях негативного воздействия полигонов ТБО на окружающую среду показал, что основная опасность, исходящая от полигонов ТБО, – загрязнение воздушного бассейна веществами, образующимися при биохимических процессах распада складываемых отходов, сохраняется в течение десятков лет даже после консервации полигона. Также стоит отметить опасность отходящего фильтрата, в результате чего происходит миграция загрязняющих веществ в поверхностные и грунтовые воды.

В результате проведенных инструментальных измерений было установлено, что в южной части полигона ТБО наблюдается превышение нормативных значений по всем исследуемым показателям:  $\text{CO}_2$ , ЛОС и формальдегиду. Радиационный фон в районе полигона находится в норме, однако наибольшие значения (0,16–0,19 мкЗв/ч) также были отмечены в южной части полигона.

По результатам проведенных исследований разработаны карты загрязнения приземного слоя воздуха и значений уровня радиационного фона в районе полигона ТБО. Созданные карты позволяют наглядно проследить зависимость концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от близости к полигону ТБО.

#### Список литературы

1. Соловки – объект всемирного наследия ЮНЕСКО // Соловецкий государственный историко-архитектурный природный музей-заповедник. URL: <http://www.solovky.ru/ru/o-muzee/solovki-obekt-vsemirnogo-naslediya-yunesko#:~:text=%D0%92%201992%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83%20%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC%20XVI,N%20632%D1%81%2C%20%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20iv>.
2. Реконструкция полигона ТБО г. Иркутска. Предварительный вариант оценки воздействия намечаемой хозяйственной деятельности / ООО «ГеоТехПроект». Красноярск, 2015. 25 с.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» (Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. № 191-ст). Дата введения: 01.01.2013. 7 с.
4. Струсовская О.Г. Ресурсоведческие и фитохимические исследования перспективных видов сырья дикорастущих растений островов Соловецкого архипелага: дис. ... д-ра фарм. наук. Архангельск, 2013. 314 с. URL: <https://www.pmedpharm.ru/content/documents/6f8f22c13fd6721f5c96289bf73cdc42.pdf>.
5. СП 2.1.7.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов / Минздрав России. М., 2001. 28 с.

## Экологическое просвещение школьников Соловецких островов: методики и практики

**Киселев А.О.**

*Московский педагогический государственный университет, Россия, г. Москва*

**Литвиненко В.В.**

*Московский педагогический государственный университет, Россия, г. Москва*

**Мазилова Е.А.**

*Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник, Россия, г. Архангельск*

Представлен обзор совместной работы Соловецкого государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника и Московского педагогического государственного университета в области экологического просвещения детей в рамках ежегодной программы Соловецкого музея-заповедника «Школа юного музейщика».

*Ключевые слова:* Соловецкие острова, экологическое просвещение, практики, образование, Соловецкий музей, географический факультет, Московский педагогический государственный университет, Школа юного музейщика.

Ежегодно в период с конца июля по начало августа в рамках научной практики-экспедиции студенты географического факультета Московского педагогического государственного университета (МПГУ) отправляются на Соловецкие острова. Поездка проходит в формате полевой исследовательской практики для студентов. Помимо исследовательской части, она включает участие в организации образовательной программы для местных школьников.

Образовательный отдел Соловецкого музея-заповедника с 2019 г. реализует программу предпрофессиональной подготовки для обучающихся 5–9-х классов «Школа юного музейщика». С 2021 г. «Школа...» проводится совместно со студентами и преподавателями географического факультета МПГУ. Совместный формат проведения «Школы...» позволяет дать детям мотивацию к обучению не только музейным профессиям, но и по таким профилям, как эколог, учитель географии, геолог, метеоролог [1].

Организация программы «Школа юного музейщика» выстраивается в несколько этапов. В подготовительный период сотрудники образовательного центра Соловецкого музея-заповедника проводят набор участников, подбирают тему для содержательного наполнения программы и составляют предварительный план теоретических и практических занятий. Тематика и содержание образовательной программы согласовывается с участниками от МПГУ. Коллектив студентов и преподавателей также готовит для школьников проекты практических и полевых работ в рамках общей выбранной темы.

Второй этап – непосредственное проведение «Школы юного музейщика» в Соловецком музее-заповеднике и практики студентов на Соловецких островах (рисунок). Это самый сконцентрированный по времени и самый насыщенный период. В первые дни происходит знакомство детей и студентов, постановка целей и задач программы для всех участников. Для того чтобы вводный период прошел гладко, нами используются специальные игры на знакомство. Проводить эти игры мы стараемся в определенной тематике, связанной с общей темой всей программы. Так, последние два года общий вектор теоретической подготовки в «Школе...» связан с природно-экологической тематикой. Многие занятия

и игры проходят непосредственно на территории Ботанического сада Соловецкого музея-заповедника, что помогает детям не только быстрее погрузиться в тему, но и создать доверительную обстановку, располагающую к дружескому взаимодействию и общению.

В установочном периоде все участники запоминают друг друга, находят общие интересы, а также определяются с целями и задачами, которые предстоит им вместе решать.

Полевую научно-исследовательскую практику студентов и обучение школьников по музейно-образовательной программе удается удачно совмещать. Во время полевых выходов студенты и преподаватели МПГУ проводят для соловецких ребят краткие практикумы: «Как обращаться с приборами?», «Какие показатели важно снимать?», «Что могут означать собранные показания?».



«Школа юного музейщика» в 2022 г.



Практические задачи и опытные решения чередуются с играми на командоформирование.

Они представлены различного рода командными испытаниями, проходя которые коллектив, представленный разновозрастными участниками, получает дополнительный стимул для сплочения и выстраивания межличностного взаимодействия и сотрудничества. Все игры проводятся студентами, имеющими опыт работы вожатыми. Параллельно с реализацией теоретической подготовки и решением практических задач «Школы...» педагоги нашего вуза ведут работу по агитации детей для участия в научной деятельности.

Самая важная задача в совместной работе с детьми по тематической программе – дать им необходимые знания и сделать их командой. Одним из результатов совместной деятельности музея и МПГУ является формирование местного экологического актива среди детей и молодежи.

Итогом реализации программы «Школы юного музейщика» ежегодно становится какой-либо социально значимый продукт [2]. В этом году совместными усилиями детей, взрослых и студентов был разработан игровой красочный путеводитель по Ботаническому саду Соловецкого музея-заповедника. Школьники придумали и создали художественные образы персонажей для путеводителя, создали графические декоративные элементы, использованные при дизайнерской верстке. Студенты и ребята в мини-группах разработали игровые задания для наполнения путеводителя, выбрали описания к значимым природным и культурным объектам, сделали фотографии. Первый вариант готового путеводителя, задуманного для детей и семейной аудитории, участники «Школы юного музейщика» сами апробировали,

провели анализ и внесли необходимые уточнения и поправки. Это очень важный этап на пути формирования в ребятах профессионалов своего дела. Через игровые формы, интерактивные приемы, практический опыт они получают образцы и методики работы в разных областях музейной сферы, экологии, природоведения. Благодаря совместной работе студентов, преподавателей и специалистов музея они участвуют в создании значимого продукта, который будет востребован посетителями Соловецкого музея-заповедника.

За время, проведенное на Соловках, студенты получают возможность научного изучения природных особенностей архипелага. Общаются с местными жителями, проводят совместные исследования и реализуют просветительские проекты, которые демонстрируют видимые результаты. Дети в свою очередь получают уникальный опыт предпрофессиональной подготовки, который в условиях отдаленности Соловецких островов получить сложно. Надеемся, впоследствии многие из них придут работать в Соловецкий музей-заповедник. А мы станем частью этой большой истории.

#### Список литературы

1. Официальный сайт Соловецкого государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника <http://www.solovky.ru> (дата обращения: 15.11.2022).
2. Литвиненко В.В., Киселев А.О., Мазилова Е.А., Новиков А.С. Разработка и обоснование проекта создания историко-геоэкологической тропы на территории Соловецкого Ботанического сада // Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование: труды Восьмой Международной научно-практической конференции, Москва, 1 апреля 2022 года. М.: Первое экономическое издательство, 2022. С. 209–214.

## Сравнительный анализ статистики выбросов парниковых газов крупнейшими загрязнителями на уровне предприятий стран мира и России

Кнауб Р.В.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Игнатъева А.В.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Мицых И.Н.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

*Ключевые слова:* парниковые газы, страны мира и Россия, картографирование, программа Microsoft Excel.

Глобальные выбросы CO<sub>2</sub> на планете в 2022 г. составят рекордные 40,6 млрд тонн [1, 2]. Это близко к самому высокому показателю за всю историю наблюдений – 40,9 млрд тонн в 2019 г. Такие прогнозы опубликованы в Глобальном углеродном бюджете, составленном 100 учеными со всего мира [2].

Если повышение уровня выбросов сохранится, то с 50%-й вероятностью уже через 9 лет глобальное потепление перешагнет порог в 1,5 °C по сравнению с доиндустриальным уровнем – это критическая цифра.

Большая часть выбросов приходится на ископаемое топливо (36,6 млрд тонн CO<sub>2</sub>, это на 1% больше, чем в прошлом году), при этом самый крупный вклад вносит добыча нефти. А вырубка лесов спровоцирует 3,9 млрд тонн CO<sub>2</sub>. Снизить уровень глобальных выбросов может только массовый и быстрый переход на возобновляемые источники энергии [2]. При этом традиционно большой вклад вносят крупные промышленные предприятия.

Цель работы – провести сравнительный анализ статистики выбросов парниковых газов крупнейших загряз-

нителей на уровне предприятий стран мира и России за период с 1960 по 2021 г.

Для проведения исследований авторами использовалась база данных проекта Climate TRACE [3], которая постоянно обновляется и в настоящий момент насчитывает данные 80 тыс. крупнейших загрязнителей планеты.

Программа Microsoft Excel версии 2019 г. использовалась нами в качестве основной программы для картографирования значения выбросов эквивалентов углекислого газа за период с 1960 по 2021 г. предприятиями стран мира и России.

По сути, программа очень удобная для проведения картографирования для стран мира. В интерфейсе программы использовалась вкладка «Вставка», далее – «Карты» и затем – «Элементы диаграммы». То есть будущая карта

строится как обычная диаграмма в программе Microsoft Excel с последующим отображением в окне программы.

Динамика поступления парниковых газов в атмосферу планеты в доиндустриальную и индустриальную эпоху представлена на рис. 1. Доиндустриальная эра закончилась в середине XVIII в. и характеризовалась скачкообразными изменениями поступления парниковых газов, при этом общий объем газов не увеличивался в течение длительного времени. С 1760-х гг. началась индустриальная эпоха, которая характеризуется трендом на увеличение объема поступающих парниковых газов. Так, за период с 1960 по 2021 г. объем выбросов парниковых газов увеличился в 4,16 раза. Суммарные эмиссии CO<sub>2</sub> за всю индустриальную эпоху составили 5 Гт CO<sub>2</sub> [2].

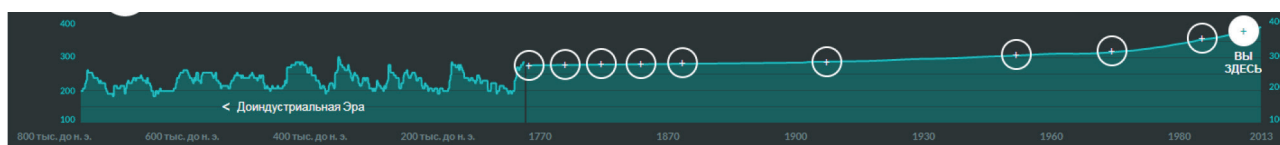


Рис. 1. Динамика поступления парниковых газов в атмосферу планеты в доиндустриальную и индустриальную эпохи [2]

На рис. 2 представлены усредненные значения выбросов эквивалентов углекислого газа за период с 1960 по 2021 г. предприятиями стран мира и России. Серым цветом представлены страны, данные по которым в базе данных отсутствовали. Средние значения выбросов крупнейшими предприятиями стран мира и

России за период с 1960 по 2021 г. изменялись от 0,001 до 4 929,7 млн тонн CO<sub>2</sub>-эквивалента. Лидерами по выбросам парниковых газов остаются США и Китай, наша страна также занимает лидерские позиции. В таблице представлены первые 10 стран лидеров по выбросам парниковых газов.

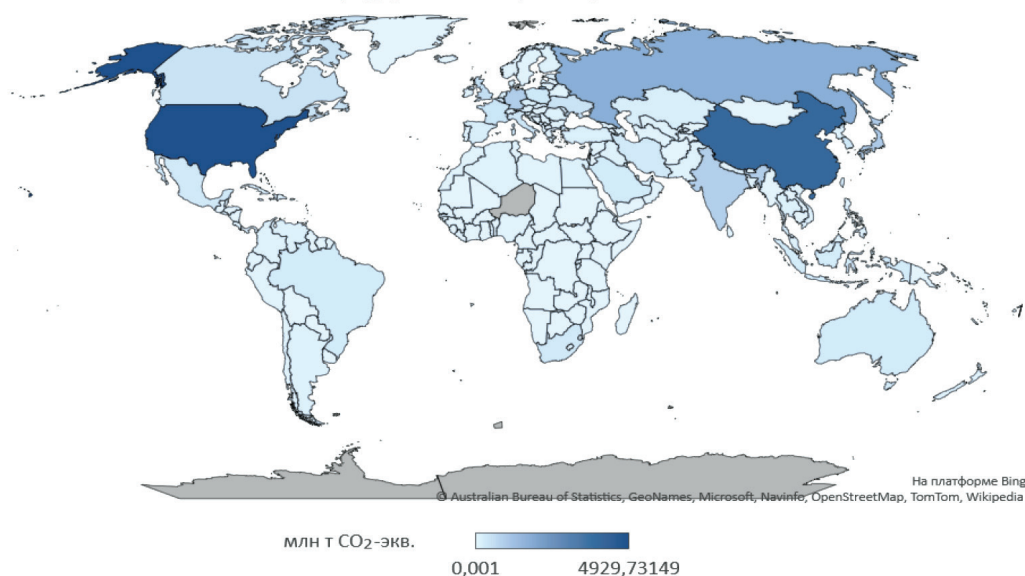


Рис. 2. Усредненные значения выбросов эквивалентов углекислого газа за период с 1960 по 2021 г. предприятиями стран мира и России (построено авторами по [3])

#### Страны – лидеры по средним выбросам парниковых газов за период с 1960 по 2021 г. (рассчитано по [3])

Страна	Объемы выбросов парниковых газов, млн тонн CO <sub>2</sub> -эквивалента
США	4929,73149
КНР	3945,967544
РФ	1695,71949
Япония	986,8962774
Германия	933,0478597

Страна	Объемы выбросов парниковых газов, млн тонн CO <sub>2</sub> -эквивалента
Индия	877,1732565
Великобритания	554,1491871
Канада	452,4966242
Украина	433,0139435
Франция	403,3774452

Объемы выбросов парниковых газов косвенно говорят о потенциале экономики страны – эмитента выбросов. Так, разница в потенциале между первым и третьим местом составляет три порядка, а между первым и десятым местом 10 порядков.

При этом важную роль играет секторальный выброс парниковых газов, то есть разбивка по секторам. На рис. 3 представлена структура выбросов парниковых газов по секторам экономики стран мира за 2021 г.



Рис. 3. Структура выбросов парниковых газов по секторам экономики стран мира за 2021 г., млн т CO<sub>2</sub>-эквивалента (построено по [3])

Согласно данным, отраженным на рис. 3, наибольшее количество выбрасываемых парниковых газов приходится на сектор обращения с отходами, далее с небольшим отрывом идет сектор международного транспорта, закрывает тройку лидеров сектор электроэнергетики. На четвертом месте – добыча полезных ископаемых, а на пятом месте с большим отрывом располагается сектор лесного хозяйства и землепользования.

Таким образом, установившаяся тенденция в мире на увеличение выбросов парниковых газов в атмосферу сохранилась и в 2022 г. Десятка стран – лидеров по вкладам в общемировые выбросы парниковых газов остается на протяжении многих лет одной и той же. При этом наибольший вклад в выбросы по секторам вносят отрасль обращения с отходами, транспорт и электроэнергетика.

#### Список литературы

1. Friedlingstein P., O'Sullivan M., Jones M.W., Andrew R.M., Gregor L. et al. (2022): Global Carbon Budget 2022, Earth System Science Data. Available at: Friedlingstein et al., 2022.
2. Global carbon project (Глобальный углеродный проект). URL: <http://www.globalcarbonatlas.org/ru/outreach> (дата обращения: 05.12.2022).
3. CLIMATE TRACE (Климатический след, независимое отслеживание выбросов парниковых газов). URL: <http://climatetrace.org/map>. (дата обращения: 05.12.2022 г.).
4. Global Carbon Atlas (Мировой углеродный атлас). URL: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/welcome-carbon-atlas> (дата обращения: 05.12.2022 г.).

## Взаимосвязь распространенности отдельных болезней и возраста фертильных женщин Третьяковского района Алтайского края, проживающих в зоне ракетно-космической деятельности

Колядо И.Б.

Научно-исследовательский институт региональных медико-экологических проблем, Россия, г. Барнаул

Плугин С.В.

Научно-исследовательский институт региональных медико-экологических проблем, Россия, г. Барнаул; Новосибирский государственный медицинский университет, Россия, г. Новосибирск

Богданов С.В.

Научно-исследовательский институт региональных медико-экологических проблем, Россия, г. Барнаул

Часть территории Алтайского края выделена под районы падения отделяющихся частей ракет-носителей, запускаемых с космодрома Байконур. Районы падения, прилегающие территории и население прилегающих территорий испытывают негативное воздействие в результате ракетно-космической деятельности. Цель исследования – выявление корреляционной связи между распространенностью отдельных болезней среди фертильных женщин, проживающих в зоне ракетно-космической деятельности, и их возрастом. Результаты получены по итогам обследования жительниц Третьяковского района Алтайского края в 1999, 2005, 2010 и 2015 гг.

**Ключевые слова:** ракетно-космическая деятельность, здоровье населения, женщины фертильного возраста, распространенность болезней, корреляционный анализ.

Часть территории Алтайского края используется в качестве четырех районов падения (РП) отделяющихся частей ракет-носителей, запускаемых с космодрома Байконур, образующих зону Ю-30 (№ 306, 307, 309, 310), что создает для населения, проживающего вблизи РП, ряд проблем экологического характера [1–9].

Общая площадь территории края, задействованной в ракетно-космической деятельности (РКД), составляет около 1 000 кв. км. С целью оценки возможного влияния РКД на здоровье населения начиная с 1999 г. при финансовой поддержке госкорпорации «Роскосмос» КГБУ «НИИ региональных медико-экологических проблем»



регулярно проводит углубленные медицинские осмотры жителей территорий Алтайского края, проживающих в зоне возможного воздействия РКД [10–14]. В частности, в 1999, 2005, 2010 и 2015 гг. обследовали жителей Третьяковского района, в том числе женщин фертильного возраста (15–49 лет). Углубленные медицинские осмотры населения проводились экспедиционным методом, специально сформированной выездной врачебной бригадой, оснащенной мобильным диагностическим и лабораторным оборудованием [15].

В ходе статистической обработки диагноза, выявленные у женщин в ходе обследования, были закодированы на основе Международной классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра (МКБ-10), внесены в персонифицированную электронную базу данных. При статистической обработке выявленных болезней были исключены данные по двум классам МКБ-10 – «Внешние причины заболеваемости и смертности. Класс 20 (V01–Y98)» и «Факторы, влияющие на состояние здоровья и обращения в учреждения здравоохранения. Класс 21 (Z00–Z99)». В дальнейшем, при статистическом анализе полученных материалов, были рассчитаны интенсивные показатели распространенности болезней среди фертильных женщин по отдельным пятилетним возрастным группам по классам МКБ-10 и отдельным группам нозологий из класса II «Новообразования (C00–D48)» и класса IV «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (E00–E90)».

Полученные показатели использовались при определении возможных связей между распространенностью болезней по классам МКБ-10 и отдельным нозологиям и возрастом фертильных женщин. После изучения статистических методов, предназначенных для определения взаимосвязи между явлениями [16–18], был использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена  $r$ . Коэффициенты корреляции были рассчитаны по материалам 1999, 2005, 2010 и 2015 гг. Затем были получены среднегодовые за весь период исследования коэффициенты ранговой корреляции. По рассчитанным коэффициентам оценили направление и силу связи между явлениями. Данные коэффициенты были проранжированы по направлению и по силе корреляционной связи. К полученным коэффициентам ранговой корреляции Спирмена рассчитывались ошибки репрезентативности  $m$ , а на их основе определялась статистическая значимость коэффициентов при помощи  $t$ -критерия Стьюдента согласно таблице Плохинского [18].

Результаты исследования позволили впервые выявить корреляционную связь между распространенностью болезней среди фертильных женщин, проживающих в зоне РКД, и их возрастом. По большей части рассматриваемых в ходе исследования болезней была выявлена прямая сильная корреляционная связь между их уровнем распространенности и возрастом женщин ( $P < 0,05$ ). Сюда можно отнести: «Новообразования. Класс II (C00–D48)» ( $p = +0,93$ ), в том числе злокачественные новообразования (C00–C97) ( $p = +0,74$ ); «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ. Класс IV (E00–E90)» ( $p = +0,88$ ), в том числе болезни щитовидной железы (E00–E07) ( $p = +0,86$ ) и ожирение (E66) ( $p = +0,78$ ); «Болезни глаза и его придаточного аппарата. Класс VII (H00–H59)» ( $p = +0,74$ ); «Болезни уха и сосцевидного

отростка. Класс VIII (H60–H95)» ( $p = +0,70$ ); «Болезни системы кровообращения. Класс IX (I00–I99)» ( $p = +0,88$ ), в том числе болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением (I10–I15) ( $p = +0,90$ ) и дегенерация миокарда (I51.5) ( $p = +0,86$ ); «Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани. Класс XIII (M00–M99)» ( $p = +0,84$ ), в том числе остеохондроз позвоночника (M42) ( $p = +0,84$ ).

Все приведенные ниже коэффициенты ранговой корреляции не получили статистического подтверждения ( $P > 0,05$ ). Прямая средняя корреляционная связь выявлена между возрастом и распространенностью таких болезней, как: «Некоторые инфекционные и паразитарные болезни. Класс I (A00–B99)» ( $p = +0,61$ ); другие формы нетоксического зоба (E04) ( $p = +0,66$ ), аутоиммунный тиреоидит (E06.3) ( $p = +0,50$ ), сахарный диабет (E10–E14) ( $p = +0,40$ ); смещенная носовая перегородка (J34.2) ( $p = +0,47$ ) и астма (J45) ( $p = +0,60$ ); «Болезни мочевого пузыря. Класс XIV (N00–N99)» ( $p = +0,57$ ).

Прямая слабая корреляционная связь выявлена по «Болезням крови, кроветворных органов и отдельным нарушениям, вовлекающим иммунный механизм. Класс III (D50–D89)» ( $p = +0,21$ ) и «Болезням органов дыхания. Класс X (J00–J99)» ( $p = +0,13$ ).

Случаев обратной сильной связи между исследуемыми признаками в ходе исследования выявлено не было. Обратная средняя корреляционная связь между распространенностью болезней и возрастом фертильных женщин характерна для следующих болезней: «Психические расстройства и расстройства поведения. Класс V (F00–F99)» ( $p = -0,32$ ), в том числе умственная отсталость (F70–F79) ( $p = -0,39$ ); острые респираторные инфекции верхних дыхательных путей (J00–J06) ( $p = -0,52$ ) и хронические болезни миндалин и аденоидов (J35) ( $p = -0,60$ ); «Болезни кожи и подкожной клетчатки. Класс XII» (L00–L99) ( $p = -0,36$ ), в том числе угри обыкновенные (*acne vulgaris*) (L70.0) ( $p = -0,60$ ); «Беременность, роды и послеродовой период. Класс XV (O00–O99)» ( $p = -0,42$ ); «Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения. Класс XVII (Q00–Q99)» ( $p = -0,30$ ).

Обратная слабая корреляционная связь между распространенностью болезней и возрастом фертильных женщин выявлена для «Болезней органов пищеварения. Класс XI (K15–K93)» ( $p = -0,08$ ), в том числе для гастрита и дуоденита (K29–K29) ( $p = -0,10$ ).

Таким образом, проведенное исследование позволило впервые выявить взаимосвязи между возрастом и распространенностью болезней среди фертильных женщин (15–49 лет), проживающих вблизи РП отделяющихся частей ракет-носителей, запускаемых с космодрома Байконур. Для большинства классов и отдельных болезней, рассматриваемых в данной работе, выявлена прямая сильная и прямая средняя связь между возрастом и уровнем распространенности болезней, т.е. чем больше возраст женщин, тем чаще среди них выявляются эти болезни.

Случаев выявления обратной сильной связи между исследуемыми признаками в ходе исследования зарегистрировано не было. Обратная средняя корреляционная связь между возрастом фертильных женщин и распространенностью болезней выявлена для небольшой группы болезней, т.е. чем старше женщины, тем реже эти болезни у них встречаются. Болезни из этой группы обычно выявляют в молодом возрасте.

Полученные результаты можно использовать для принятия управленческих решений при планировании и проведении скрининговых обследований жилищниц территорий, прилегающих к зоне РКД, с учетом их возраста.

#### Список литературы

1. Адушкин В.В., Козлов С.И., Петров А.В. Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую природную среду: справочное пособие. М.: Анкил, 2000. 232 с.
2. Епифанов И.К., Дорошина С.В. Классификация направлений негативного воздействия ракетно-космической деятельности на окружающую среду // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2011. № 7 (32). С. 44–51.
3. Кондратьев А.Д., Кречетов П.П., Королева Т.В. Обеспечение экологической безопасности при эксплуатации районов падения отделяющихся частей ракет-носителей. М.: Пеликан, 2007. 186 с.
4. Кричевский С.В. Экологическая политика и экологическая безопасность ракетно-космической деятельности (методологические и практические аспекты) // Конверсия в машиностроении. 2006. № 2. С. 32–36.
5. Мешков Н.А. Донозологические и морбидные изменения у населения, проживающего вблизи районов падения отделяющихся частей ракет-носителей // Вестник СПбГМА им. И.И. Мечникова. 2007. № 1. С. 60–66.
6. Плугин С. В., Горбачев В. Н. Оценка экологической ситуации в зоне ракетно-космической деятельности на территории Алтайского края // Материалы X Международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству», Барнаул, 4–5 февраля, 2015. Кн. 2. С. 436–437.
7. Соловьева Н.В., Соловьев Н.П. Разработка предложений по улучшению управления экологическими рисками воздействия на окружающую среду, связанными с эксплуатацией ракетно-космической техники // Государственное регулирование общественных отношений. 2019. № 1 (27). С. 194–206.
8. Судакова Е.С. Необходимость ужесточения мер при проведении государственной экологической экспертизы проектов ракетно-космической деятельности // Трибуна ученого. 2020. № 1. С. 112–117.
9. Шатров Я.Т., Брусков В.И., Завильгельский Г.Б. Новые аспекты исследования последствий использования гептила в ракетно-космической технике. Книга 1. Гептил и активные формы кислорода: взаимосвязь, взаимовлияние, влияние на живые организмы и животных. М.: Пеликан, 2008. 119 с.
10. Колядо И.Б., Плугин С.В., Горбачев В.Н. Динамика состояния здоровья населения Алтайского края, проживающего вблизи районов падения отделяющихся частей ракет-носителей // География и природопользование Сибири. 2016. № 21. С. 86–95.
11. Колядо И.Б., Плугин С.В., Колядо В.Б., Лещенко В.А. Особенности заболеваемости детского населения, проживающего вблизи района падения ракет-носителей типа «Протон» // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 6. С. 56–59.
12. Колядо И.Б., Шойхет Я.Н., Плугин С.В., Бахарева И.В. Распространенность заболеваний среди населения, проживающего на территориях Алтайского края, прилегающих к районам падения отделяющихся частей ракет-носителей // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2010. № 30 (3). С. 141–145.
13. Колядо И.Б., Плугин С.В., Шойхет Я.Н. Сравнительное динамическое исследование показателей здоровья населения Алтайского края, проживающего вблизи районов падения отделяющихся частей ракет-носителей // Бюллетень науки и практики. 2016. № 6. С. 115–125.
14. Шойхет Я.Н., Колядо И.Б., Плугин С.В., Пузанов А.В. Экологическая ситуация и распространенность болезней среди населения Алтайского края, проживающего вблизи зон влияния ракетно-космической деятельности. Барнаул: Азбука, 2008. 292 с.
15. Лещенко В.А., Шойхет Я.Н., Колядо В.Б., Колядо И.Б. Организация выездной диагностической работы и оценка патологической пораженности населения в территориях, прилегающих к районам ракетно-космической деятельности // Сибирский консилиум. 2007. № 8. С. 32–38.
16. Дмитриенко И.М., Колядо И.Б., Баранов О.П. Основы медицинской статистики. Барнаул: Изд-во АГМУ. 1994. 120 с.
17. Мерков А.М., Поляков Л.Е. Санитарная статистика. Л.: Медицина, 1974. 235 с.
18. Эпидемиологический анализ: учебное пособие / А.В. Слободенюк, А.А. Косова, Р.Н. Ан. Екатеринбург: Изд-во ГБОУ ВПО УГМУ Минздрава России, 2015. 36 с.

## Кратковременная изоляция пастбищ для восстановления малопродуктивных кормовых угодий юга Западной Сибири

**Корниевская Т.В.**

*Алтайский государственный университет, Россия, г. Барнаул*

**Елесова Н.В.**

*Алтайский государственный университет, Россия, г. Барнаул*

**Силантьева М.М.**

*Алтайский государственный университет, Россия, г. Барнаул*

**Овчарова Н.В.**

*Алтайский государственный университет, Россия, г. Барнаул*

В статье представлены результаты опыта по улучшению продуктивности деградированных пастбищ сухостепной зоны Кулунды методом кратковременной изоляции. При ограничении пастбищной нагрузки отмечено быстрое восстановление ветоши и подстилки на сильно сбитых участках. Увеличивается количество ярусов и общее проективное покрытие улучшаемых пастбищных сообществ.

*Ключевые слова:* деградация пастбищ, степные экосистемы, рекультивация, метод кратковременной изоляции.

Одним из важнейших национальных богатств Российской Федерации являются степные экосистемы, занимающие свыше 100 млн га [1]. Именно в степях сосредоточено 90% сельскохозяйственных угодий. Высокая степень освоенности и сверхмерное антропогенное воздействие привели к высокой нарушенности и прогрессирующим негативным процессам во всей степной природной зоне. Результатом этих процессов стало снижение площади сенокосов и пастбищ Российской Федерации на 5,4 млн га [2–4].

Степные сенокосы и пастбища Западной Кулунды являются ценными кормовыми угодьями, используемыми недостаточно рационально. В настоящее время темпы деградации сенокосно-пастбищных угодий заметно снижены, но продуктивность их является низкой и во многом зависит от сложных экологических условий, обусловленных климатическими, зоогенными и антропогенными факторами. В результате длительной (более 200 лет) бессистемной эксплуатации степных пастбищ представленные ранее коренными зональными настоящими дерновинно-злаковыми степями сообщества превратились в обедненные полынно-типчаковые степи, находящиеся на крайних стадиях пастбищной дигрессии (усиленного выпаса, а вблизи деревень и стоянок крупного рогатого скота – на стадии сбоя) [5, 6].

Оптимизация современного степного природопользования находит позитивное отражение в технологиях степеподобия, адаптивного животноводства, травосеяния, агростепи, ранчеводства, ревайлдинга, куртинного восстановления древесно-кустарниковой растительности в исторических местах произрастания, технологии по-till, адаптированных и местных сортах культурных растений и древесно-кустарниковых пород.

Одним из наиболее эффективных и малозатратных способов восстановления степных пастбищ является метод кратковременной изоляции пастбища от выпаса (метод заповедования). Этот способ предполагает временное ограничение от выпаса отдельных участков пастбища, изолируемых на определенный срок в зависимости от его степени деградации. Во время прекращения пастбищной нагрузки происходит восстановление структуры травостоя – восстанавливается жизненность, обилие растений всех агроботанических групп, увеличиваются запасы ветоши и подстилки, улучшается продуктивность зеленых побегов.

Опыты по восстановлению малопродуктивных пастбищ проведены в Михайловском районе Алтайского края, расположенном на юге Западной Сибири в условиях умеренно-континентального климата. Среднегодовая сумма осадков составляет 180–350 мм, сумма осадков вегетационного периода 140–190 мм. Осадки распределяются неравномерно. Самые засушливые месяцы – май, июнь, максимум осадков выпадает в июле. В июле и августе осадки носят ливневый характер. Почвенная и воздушная засухи связаны с низким количеством осадков и сухим воздухом. Частые и сильные юго-западные ветры со стороны степей Казахстана обуславливают суховеи и пыльные бури [7].

Среднее значение годовых положительных температур составляет 27 °С. Максимальная температура отмечается в июле и составляет +38–41 °С.

Преобладающими типами почв степных пастбищ являются каштановые и темно-каштановые супесчаные почвы, сформировавшиеся в условиях равнинного

рельефа на супесчаных и песчаных озерно-аллювиальных отложениях. Исследованные почвенные керны модельного пастбища на глубине 1 м показали невысокое содержание гумуса в пахотном слое почвы – 2,13%. Содержание водорастворимых солей в составе водных вытяжек не превышает 0,3%, что указывает на отсутствие засоления [8].

Опыты по рекультивации пастбищ заложены на двух участках: люцерново-полынно-типчаковой степи, соответствующий стадии усиленного выпаса (типчаковая стадия), и полынно-типчаковой сильно деградированной степи (полынная стадия пастбищной дигрессии). Выбранные участки огорожены деревянной изгородью высотой 2 м. Площадь рекультивируемых участков составила 10 м<sup>2</sup>. С 2014 по 2022 г. с мая по август проводились работы по ежемесячному геоботаническому мониторингу пастбищных фитоценозов, оценке запасов надземной фитомассы (зеленых побегов, ветоши, подстилки).

Участок полынно-люцерново-типчаковой степи находится на 2-й стадии пастбищной дигрессии (усиленный выпас, типчаковая стадия). Почвы темно-каштановые солонцеватые. Общее проективное покрытие 55–60%.

Эдификаторы травостоя: полынь австрийская (*Artemisia austriaca*) сор1 (6%), люцерна серповидная (*Medicago falcata*) сор2 (10%), овсяница валлиская, типчак (*Festuca valesiaca*) сор3 (15%).

Травостой трехъярусный. Первый ярус (45 см) образован пыреем ползучим (*Elytrigia repens*), житняком гребневидным (*Agropyron pectinatum*), шалфеем степным (*Salvia stepposa*), васильком шероховатым (*Centaurea scabiosa*) и др.

Второй ярус (25–30 см) образован злаками – тонконогом гребенчатым (*Koeleria cristata*), мятликом узколистным (*Poa angustifolia*), типчаком (*Festuca valesiaca*) и степным разнотравьем.

В третьем ярусе (15 см) встречается лапчатка распростертая (*Potentilla humifusa*), змеевка растопыренная (*Cleistogenes squarrosa*), полынь австрийская (*Artemisia austriaca*) и др.

Группу злаков образуют: овсяница валлиская, типчак (*Festuca valesiaca*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), житняк гребневидный (*Agropyron pectinatum*), тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata*), мятлик узколистный (*Poa angustifolia*).

Бобовые представлены люцерной серповидной (*Medicago falcata*), донником лекарственным (*Melilotus officinale*), астрагалом эспарцетовым (*Astragalus onobrychis*).

Группа разнотравья – василек шероховатый (*Centaurea scabiosa*), синеголовник плосколистный (*Eryngium planum*), подмаренник русский (*Galium ruthenicum*), шалфей степной (*Salvia stepposa*), икотник серый (*Berteroa incana*), крестовник эруколистый (*Jacobaea erucifolia*), монашенка (*Nonea rossica*), тысячелистник щетинистый (*Achillea setacea*), грыжник многообразный (*Herniaria polygama*). Степные полыни: полынь австрийская (*Artemisia austriaca*), полынь серая (*Artemisia glauca*), полынь Сиверса (*Artemisia sieversiana*), полынь селитряная (*Artemisia nitrosa*). Осоки представлены осоклой низкой (*Carex supina*). Всего в травостое на 100 м<sup>2</sup> отмечен 21 вид высших сосудистых растений.

При кратковременной изоляции пастбища полынно-люцерново-типчаковая степь трансформируется в



лапчатково-тонконогово-типчаковую ассоциацию с увеличением общего проективного покрытия до 70% и количества видов до 30 шт. на 100 м<sup>2</sup>. Количество ярусов остается прежним, а высота травостоя возрастает до 60–65 см.

Эдификаторы травостоя: лапчатка распростертая (*Potentilla humifusa*) сор1 (10%), тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata*) сор2 (12%), овсяница валлиская, типчак (*Festuca valesiaca*) сор3 (15%).

Травостой трехъярусный. Первый ярус (60–65 см) образован пыреем ползучим (*Elytrigia repens*), ковылем волосатиком (*Stipa capillata*), шалфеем степным (*Salvia stepposa*), донником лекарственным (*Melilotus officinale*) и др.

Второй ярус (45 см) образован злаками – житняком гребневидным (*Agropyron pectinatum*), тонконогом гребенчатым (*Koeleria cristata*), мятликом узколистым (*Poa angustifolia*), типчаком (*Festuca valesiaca*), люцерной серповидной (*Medicago falcata*) и степным разнотравьем.

В третьем подъярусе (18 см) встречается лапчатка распростертая (*Potentilla humifusa*), монашенка (*Nonea rossica*), вероника колосистая (*Veronica spicata*) и лапчатка двураздельная (*Potentilla bifurca*).

Злаки представлены пыреем ползучим (*Elytrigia repens*), мятликом узколистым (*Poa angustifolia*), типчаком (*Festuca valesiaca*), тонконогом гребенчатым (*Koeleria cristata*), ковылем волосатиком (*Stipa capillata*), житняком гребневидным (*Agropyron cristatum*).

Бобовые представлены люцерной серповидной (*Medicago falcata*), донником лекарственным (*Melilotus officinale*), пажитником плослоплодным (*Melilotoides platycarpus*).

Группа разнотравья – шалфеем степной (*Salvia stepposa*), подмаренник русский (*Galium ruthenicum*), икотник серый (*Berteroa incana*), василек шероховатый (*Centaurea scabiosa*), синеголовник плосколистный (*Eryngium planum*), крестовник эруколистный (*Jacobaea erucifolia*), монашенка (*Nonea rossica*), тысячелистник щетинистый (*Achillea setacea*), лапчатка простертая (*Potentilla humifusa*), лапчатка двураздельная (*Potentilla bifurca*), лапчатка седоватая (*Potentilla canescens*), ворсянка бледно-желтая (*Scabiosa ochroleuca*), вероника колосистая (*Veronica spicata*), молочай лозный (*Euphorbia virgata*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), грывчик многообразный (*Herniaria polygama*). Степные полыни: полынь австрийская (*Artemisia austriaca*), полынь серая (*Artemisia glauca*), полынь Сиверса (*Artemisia sieversiana*), полынь понтийская (*Artemisia pontica*), полынь замещающая (*Artemisia commutata*). Осоки представлены осокой низкой (*Carex supinata*).

Кратковременная изоляция положительно сказалась на величине запасов надземной фитомассы лапчатково-тонконогово-типчаковой степи (табл. 1).

Таблица 1

Динамика показателей сухой дерновинно-злаковой степи на разных стадиях пастбищной дигрессии при кратковременной изоляции (Михайловский район, окр. с. Полуямки, 20.08.2022), г/м<sup>2</sup>

Площадка	Название ассоциации	Кол-во ярусов	Высота, см	Кол-во видов	ОПП	Надземная фитомасса	Зеленые побеги	Ветошь + подстилка
II	Полынно-люцерново-типчаковая	3	45	21	55–60	90,0	44,4	45,6
II	Лапчатково-тонконогово-типчаковая	3	60–65	30	70	196,2	73,1	123,1

Общие запасы надземной фитомассы выросли с 90 до 196,2 г/м<sup>2</sup>, в том числе доля зеленых побегов выросла почти вдвое (с 44,4 до 73,1 г/м<sup>2</sup>), в основном за счет увеличения доли злаков и люцерны, доля мортмассы (ветошь + подстилка) выросла в 2,7 раза – с 45,6 до 123,1 г/м<sup>2</sup>.

Стоит отметить, что при кратковременной изоляции в структуре зеленых побегов возрастает роль злаков (тонконог гребенчатый). Снижается участие бобовых и разнотравья. На изолированном участке травостой трехъярусный, высота его 60–65 см, проективное покрытие 70%. На выпасаемом участке высота травостоя 45 см, общее проективное покрытие 55–60%. Значительно улучшилась жизнеспособность эдификатора травостоя тонконога гребенчатого (его проективное покрытие увеличилось в 3 раза) (рис. 1); у овсяницы валлисской проективное покрытие остается достаточно высоким, 15 и 18% соответственно.

На III площадке была описана разнотравно-полынно-типчаковая (3-я стадия пастбищной дигрессии с переходом к 4-й стадии (полынная стадия). Общее проективное покрытие составило 55–60%.

Эдификаторы травостоя: полынь австрийская (*Artemisia austriaca*) сор1 (8%), овсяница валлиская, типчак (*Festuca valesiaca*) сор2 (15%).

В травостое выделяется три яруса. Первый ярус (35 см) образуют: люцерна серповидная (*Medicago falcata*), житняк гребневидный (*Agropyron pectinatum*), василек шероховатый (*Centaurea scabiosa*). Второй ярус (20–25 см) образуют: типчак (*Festuca valesiaca*), полынь австрийская (*Artemisia austriaca*), подмаренник русский (*Galium ruthenicum*). Третий ярус (10–15 см): лапчатка распростертая (*Potentilla humifusa*), лапчатка двураздельная (*Potentilla bifurca*), астрагал яичкоплодный (*Astragalus testiculstus*).

Злаки представлены типчаком (*Festuca valesiaca*), тонконогом гребенчатым (*Koeleria cristata*), житняком гребневидным (*Agropyron cristatum*), пыреем ползучим (*Elytrigia repens*), мятликом узколистым (*Poa angustifolia*), типчаком (*Festuca valesiaca*), тонконогом гребенчатым (*Koeleria cristata*), ковылем волосатиком (*Stipa capillata*), житняком гребневидным (*Agropyron pectinatum*), василек шероховатый (*Centaurea scabiosa*). Второй ярус (20–25 см) образуют: типчак (*Festuca valesiaca*), полынь австрийская (*Artemisia austriaca*), подмаренник русский (*Galium ruthenicum*). Третий ярус (10–15 см): лапчатка распростертая (*Potentilla humifusa*), лапчатка двураздельная (*Potentilla bifurca*), астрагал яичкоплодный (*Astragalus testiculstus*).

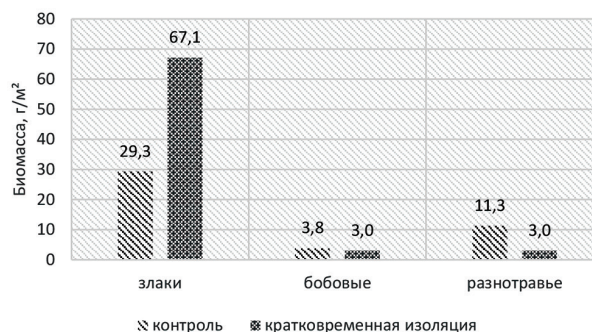


Рис. 1. Изменение структуры надземной фитомассы сухой дерновинно-злаковой степи на стадии усиленного выпаса (типичная стадия) при использовании метода заповедования

Злаки представлены типчаком (*Festuca valesiaca*), тонконогом гребенчатым (*Koeleria cristata*), житняком гребневидным (*Agropyron cristatum*), пыреем ползучим



(*Elytrigia repens*). Из бобовых присутствуют люцерна серповидная (*Medicago falcata*) и астрагал ячмоплодный (*Astragalus testiculatus*).

Группа разнотравья – василек шероховатый (*Centaurea scabiosa*), лапчатка распростертая (*Potentilla humifusa*), лапчатка двураздельная (*Potentilla bifurca*), икотник серо-зеленый (*Berteroa incana*), подмаренник русский (*Galium ruthenicum*), молочай лозный (*Euphorbia virgata*), тысячелистник щетинистый (*Achillea setacea*), ромашка непахучая (*Chamomilla inodora*), полынь ав-

стрийская (*Artemisia austriaca*), полынь серая (*Artemisia glauca*). Всего в травостое на 100 м<sup>2</sup> присутствует 17 видов высших сосудистых растений.

На изолированном участке разнотравно-полынно-типчаковой степи отмечено повышение запасов надземной фитомассы почти в 2 раза (с 47,0 до 83,4 г/м<sup>2</sup>): доля зеленых побегов выросла в 1,9 раза – с 20,1 до 37,7 г/м<sup>2</sup> за счет доли бобовых и разнотравья, участие злаков осталось тем же. Запасы мортмассы (ветошь + подстилка) выросли с 29,6 до 45,7 г/м<sup>2</sup> (табл. 2).

Таблица 2

**Динамика показателей сухой дерновинно-злаковой степи на разных стадиях пастбищной дегрессии при кратковременной изоляции (Михайловский район, окр. с. Полуямки, 20.08.2022), г/м<sup>2</sup>**

Площадка	Название ассоциации	Кол-во ярусов	Высота, см	Кол-во видов	ОПП	Надземная фитомасса	Зеленые побеги	Ветошь + подстилка
III	Типчаково-полынная	2	25	10	45	47,0	20,1	26,9
III	Разнотравно-полынно-типчаковая	3	35	17	55–60	83,4	37,7	45,7

На изолированном участке отмечен рост численности видов – 17 видов растений (на выпасаемом участке – 10 видов), в основном за счет разнотравья: полыни серой (*Artemisia glauca*), полыни замещающей (*Artemisia commutata*). Из бобовых присутствует астрагал ячмоплодный (*Astragalus testiculatus*). Наблюдается более зеленый аспект, улучшилась жизненность типчака (*Festuca valesiaca*) и люцерны серповидной (*Medicago falcata*), что проявилось в увеличении высоты и количества генеративных побегов, отсутствующих на выпасаемых участках типчаково-полынной сильно деградированной степи (рис. 2).

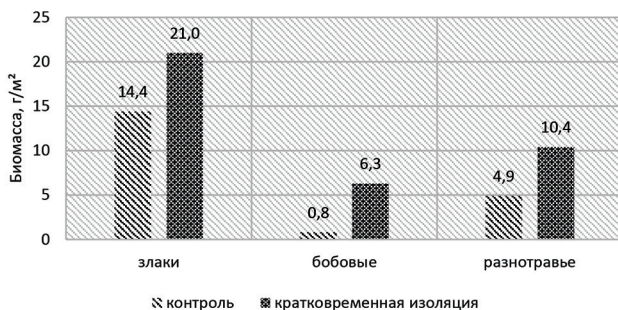


Рис. 2. Изменение структуры надземной фитомассы сухой дерновинно-злаковой степи на стадии начала сбоя (полынная стадия) при использовании метода заповедования

Структура травостоя претерпела значительные изменения в сторону улучшения: высота первого яруса увеличилась на 10 см (25 и 35 см соответственно), общее проективное покрытие увеличилось на 10%.

Таким образом, проведенный опыт по кратковременной изоляции участка настоящей дерновинно-злаковой степи в условиях сухостепной зоны Кулунды показал

свою эффективность. В условиях достаточного увлажнения на сильно сбитых участках быстро восстанавливаются запасы ветоши и подстилки. Кратковременная изоляция улучшает структуру пастбищных сообществ: восстанавливается ярусность, возрастает общее проективное покрытие, увеличиваются запасы надземной фитомассы и ее компонентов.

#### Список литературы

1. Площадь сельскохозяйственных угодий. <https://www.fedstat.ru/indicator/38136> (дата обращения: 08.11.2022).
2. Агрорландшафты Центрального Черноземья / В.М. Колосов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. М.: Наука, 2015. 198 с.
3. Сведения о распределении земель Российской Федерации по категориям на 01.01.2020 (в разрезе субъектов Российской Федерации). <https://rosreestr.gov.ru/> (дата обращения: 08.11.2022).
4. Сельское хозяйство в России: статистический сборник / Росстат. М., 2021. 100 с.
5. Elesova N.V. Pasture degradation of the Southern Kulunda steppes (Altai Krai) // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. № 9 (3). P. 356–359.
6. Elesova N.V. Short-term isolation of the bunchgrass steppes of the Southern Kulunda // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. № 9 (3). P. 360–362.
7. Харламова Н.Ф., Силантьева М.М., Останин О.В. Оценки современного состояния климата Кулундинской степи // География и природопользование Сибири. 2013. № 16. С. 195–207.
8. Силантьева М.М., Харламова Н.Ф., Елесова Н.В., Сперанская Н.Ю., Гальцова Т.В., Соломонова М.Ю., Курепина Н.Ю., Гребенникова А.Ю., Плуталова Т.Г. Реставрация степных экосистем сухостепной зоны Кулунды с учетом исторической реконструкции растительного покрова // Вестник Алтайской науки. 2015. № 1. С. 241–245.

## Экосистемные услуги водных объектов Омской области

**Костерова В.В.**

*Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Россия, г. Омск*

**Баженова О.П.**

*Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Россия, г. Омск*

**Адам А.М.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Проведен анализ основных функций, выполняемых водными объектами, предложена классификация экосистемных услуг с описанием их сущности. Рассмотрены основные виды экосистемных услуг, предоставляемые водными объектами Омской области.

*Ключевые слова:* природный капитал, экосистемные услуги, классификация экосистемных услуг, водные объекты, Омская область.

Понятие «экосистемные услуги» получило свое развитие в рамках концепции природного капитала в связи с обостряющейся проблемой исчерпаемости природных ресурсов и поиском путей регулирования отношений «человек – окружающая среда» [1]. Природные экосистемы служат источником множества услуг, которые имеют огромное значение для нормального функционирования биосферы, а также экономического и социального развития человечества. Спрос на эти услуги в условиях непрерывного производства товаров постоянно возрастает, однако при нерациональном природопользовании способность экосистем их обеспечивать снижается, что ухудшает перспективы устойчивого развития [2, 3].

Вода является важнейшим компонентом окружающей среды, возобновляемым ресурсом и относится к активной части природного капитала. Водный кодекс РФ определяет водные объекты как «ограниченный и уязвимый природный ресурс, который используется и охраняется в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на ее территории, обеспечивают экономическое, социальное, экологическое благополучие населения, существование животного и растительного мира» [4].

Омская область целиком расположена в бассейне трансграничной реки Иртыш и весьма богата водными ресурсами. По территории региона протекает 4 230 рек различной длины и водности, из которых всего 11 водотоков длиной более 100 км. Все реки равнинные, большей частью извилистые, с малыми уклонами и не-

большими скоростями течения воды. Озер насчитывается около 16 тыс. общей площадью 1 900 км<sup>2</sup>, из них 25 имеют площадь зеркала воды более 10 км<sup>2</sup>, четыре озера (Салтаим, Тенис, Ик, Эбейты) имеют площадь зеркала более 50 км<sup>2</sup>. Происхождение озер самое разное, на севере преобладают озера с пресной водой, на юге распространены и пресные, и соленые [5].

Доказано, что интенсивность экосистемных услуг находится в большей зависимости от социально-экономических условий, чем от факторов окружающей среды. В связи с этим оценка экологического состояния водных экосистем приобретает первостепенную значимость для сохранения устойчивого состояния окружающей среды. Экологическое состояние водных объектов и качество их вод является необходимым условием сохранения здоровья населения, биоразнообразия, эстетического и рекреационного потенциала природы. Исследования рек и озер Омской области, проводимые с конца XX в. и по настоящее время методами биоиндикации (по показателям развития фитопланктона), позволили оценить экологическое состояние и дать прогноз развития их экосистем при существующем уровне антропогенного воздействия [6–8].

Водные объекты предоставляют множество разнообразных экосистемных услуг. Их основные категории были выделены в докладе ООН [9]. При анализе основных функций, выполняемых водными объектами Омской области, применена данная классификация экосистемных услуг, дополненная описанием сущности предоставляемой услуги (таблица).

**Экосистемные услуги водных объектов**

Вид экосистемных услуг	Сущность предоставляемой услуги
Ресурсообеспечивающие	Источник полезных материальных и иных продуктов: техническая и питьевая вода; инфраструктурная среда (водный транспорт); биоресурсы, употребляемые в пищу (рыба, водоросли, моллюски и т.п.); драгоценные материалы (жемчуг и пр.); пищевые добавки и косметические компоненты, получаемые из водных биоресурсов; лечебные ресурсы (минеральная вода и грязь); органические удобрения (фитомасса водорослей, сапропель); генетические ресурсы
Регулирующие	Участие в регулировании климата; самоочищающая способность водных объектов; перенос биомассы водами рек; сохранение биоразнообразия, в том числе в границах ООПТ
Культурные	Источник эстетических ценностей; место для рекреационной (рыбалка, отдых на воде и побережье) и познавательной деятельности (поставщик услуг для индустрии туризма); деятельности в области спорта и реабилитации здоровья
Поддерживающие	Большой и малый круговорот воды; вода как среда обитания гидробионтов; поддержание жизнедеятельности видов, обитающих вблизи воды

Далее мы рассмотрим основные виды экосистемных услуг, предоставляемых наиболее важными с этой точки зрения водными объектами Омской области.

При детальном рассмотрении наиболее важные экосистемные услуги водных объектов Омской области выглядят следующим образом.

*Ресурсообеспечивающие экосистемные услуги.* Главное значение среди водных объектов региона имеет р. Иртыш, доля которого в водных ресурсах региона составляет 94% [10]. Забором воды из Иртыша обеспечивается водоснабжение большей части населенных пунктов и промышленных объектов региона, по реке осуществляется интенсивная перевозка пассажиров и грузов, поскольку Иртыш на всем своем протяжении в России является судоходным. Из биоресурсов в Иртыше добывается только рыба, в статистике уловов рыбы в Иртыше по Омской области с 1980-х годов фигурировали 19 видов и подвидов, в том числе такие ценные, как осетр, нельма, стерлядь. В 1960–1980-х гг. ежегодный вылов рыбы в Иртыше на территории Омской области, по официальным данным, в среднем составлял 26,3 т, в 2000-х гг. он снизился и составил в среднем 18,9 т. Большинство жителей прибрежных поселков постоянно ловят рыбу. В 2010 г. на территории Омской области браконьерами было выловлено 6,3 т всех видов рыбы, а рыбаками-любителями – 214 т. В 2014 г. у браконьеров было изъято 32,1 т всех видов рыбы. По экспертным оценкам Госрыбцентра, в 2015 г. величина браконьерского вылова только стерляди составляла 44 т, а в 2016 г. – 36 т [10].

Многочисленные пресные озера Омской области также интенсивно используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения, рыбного промысла, в рекреационных, природоохранных и иных целях. В совокупности это означает, что озера оказывают важнейшие экосистемные услуги, особенно значимые в условиях глобального экологического кризиса. Самые крупные из пресных озер Омской области – Ик, Салтаим, Тенис (Крутинский район) представляют собой единую природную систему и относятся к числу наиболее значимых рыбопромысловых водоемов региона [11].

Среди других водных объектов региона, выполняющих ресурсообеспечивающие экосистемные услуги, важное место занимают соленые реликтовые озера Эбейты, Ульжай и Соленое. Их главной особенностью является наличие высококонцентрированной рапы и целебных грязей. На озерах Эбейты и Ульжай ведется интенсивная добыча цист артемии, а в оз. Соленом (г. Омск) была найдена уникальная водоросль *Limnospira/Arthrospira fusiformis*, широко используемая во всем мире как источник диетических продуктов, биологически активных добавок, косметических и лечебно-профилактических препаратов [12]. Фитомасса лимноспиры из оз. Соленого может успешно использоваться при кормлении сельскохозяйственных животных. В настоящее время учеными ОмГАУ разрабатываются методы применения фитомассы *Limnospira fusiformis* в производстве продуктов для питания человека.

Потенциальными источниками сапропеля являются множество озер региона. К сожалению, добыча этого ценного для сельского хозяйства вида органических удобрений в регионе до сих пор не налажена.

*Регулирующие экосистемные услуги.* Эти услуги выполняют все водные объекты Омской области, но отдель-

но нужно выделить те водные объекты, которые являются особо охраняемыми природными территориями (или их частью), так как они выполняют важнейшую функцию сохранения биоразнообразия [13]. Из 26 ООПТ Омской области, действующих в настоящее время, 20 включают в себя водные объекты или их части. К их числу относятся:

- государственный природный заказник «Степной», самая большая по площади ООПТ в Омской области (1 125,74 км<sup>2</sup>), на территории которой насчитывается около 25 крупных и средних по площади озер, являющихся одним из крупнейших в Западной Сибири мест линьки водоплавающей дичи;

- государственный природный заказник «Пойма Любинская», представляющий собой комплекс водных, прибрежно-водных экосистем, луговых, кустарниковых и древесных фитоценозов, в границах которого осуществляется научная работа по проблемам изучения, сохранения и восстановления пойменных экосистем р. Иртыш;

- государственный природный заказник «Амринская балка», представляющий собой уникальную для Омской области родниково-озерную комплексную экосистему;

- государственный природный заказник «Озеро Ленево» (Муромцевский район), который является одним из туристических центров региона;

- государственный природный заказник «Пеликаны острова» на оз. Тенис, где обитает самая северная в мире популяция кудрявого пеликана, занесенного в Красную книгу РФ;

- государственный природный заказник «Озеро Эбейты», где за счет сильного засоления почвы вокруг озера встречаются редкие растительные сообщества, занесенные в Красную книгу Омской области, а также добываются цисты (яйца) жаброногого рачка *Artemia salina*, признанные во всем мире наилучшим стартовым кормом для многих видов рыб и ракообразных.

*Культурные экосистемные услуги.* Ряд экосистемных услуг, связанных с организованным отдыхом, выполняет р. Иртыш. Примером организаций, активно работающих в этом направлении, является Омская областная общественная организация «Федерация по рыболовному спорту Омской области», ежегодно проводящая мероприятия на берегах Иртыша.

Транспортно-туристический ресурс Иртыша имеет значение и за пределами региона, позволяя совершать перевозки пассажиров между Омской, Тюменской, Томской, Новосибирской областями и Казахстаном, а также круизные маршруты вплоть до Заполярья. В настоящее время разработан туристический маршрут «Золотое кольцо Западной Сибири» – круиз по великим сибирским рекам Иртышу и Оби, а также круиз Омск – Ханты-Мансийск – Омск и теплоходные туры выходного дня [10].

Велика рекреационная значимость многочисленных озер Омской области, их разнообразные ресурсы могут широко применяться в лечебно-оздоровительных целях. Отдых на водных объектах региона сокращает расходы на дорогу и уменьшает период акклиматизации и реадaptации после окончания лечения, а также для наиболее популярного здесь пляжного отдыха, включающего инсоляции, купания, различные развлекательные мероприятия на берегу и водной поверхности, дайвинг, любительский и спортивный лов рыбы. Кроме того, можно использовать эстетическую, ресурсно-потребительскую, культурно-воспитательную, лечебно-оздоровительную привлекательность окружающих озера лесных территорий для органи-



зации здесь комбинированных туров [14]. Например, на севере Омской области в Муромцевском районе расположены озера Шайтан, Ленево, Щучье, активно привлекающие туристов и исследователей. Здесь ежегодно проходят разнообразные культурно-массовые мероприятия.

**Поддерживающие экосистемные услуги.** Эта категория экосистемных услуг водных объектов нуждается, с нашей точки зрения, в дополнительной разработке. В отношении такой функции, как поддержание жизнедеятельности видов, обитающих вблизи воды, можно указать, что в Омской области обитает множество видов растений, животных и птиц, тесно связанных с водными объектами. К ним относятся ондатра, бобр, выдра, рыбацкая птица скопа. Часть видов внесена в Красную книгу Омской области: минога ручьевая сибирская, осетр сибирский, нельма, углозуб сибирский, тритон обыкновенный, жаба серая, савка, нырок красноносый, лебедь-кликун, лебедь-шипун, выпь малая (волчок), цапля белая большая, пеликан кудрявый, поганка серощекая, гагара чернозобая, кубышка желтая, кувшинка четырехугольная, сальвиния плавающая.

Таким образом, разнообразные водные объекты Омской области предоставляют важнейшие виды экосистемных услуг, обеспечивая устойчивое состояние экосистем Омской области и биосферы в целом.

#### Список литературы

1. Костерова В.В., Баженова О.П. Природный капитал как инструмент рационального природопользования в Омской области // Экология и управление природопользованием. Экологическая безопасность территорий (проблемы и пути решения): сборник научных трудов IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Томск, 27 ноября 2020 г. / под ред. А.М. Адама. Томск: Литературное бюро, 2021. Вып. 4. С. 57–59.
2. Бобылев С.Н., Горячева А.А. Идентификация и оценка экосистемных услуг: международный контекст // Вестник международных организаций. 2019. Т. 14, № 1. С. 225–236. DOI: 10.17323/1996-7845-2019-01-13
3. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России / отв. ред. Н.И. Коронкевич; Ин-т географии РАН. М.: Наука, 2005. 309 с.
4. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 01.05.2022). URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60683](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683) (дата обращения 13.11.2022).
5. Земля, на которой мы живем. Природа и природопользование Омского Прииртышья / Правительство Ом. обл., Ом. регион. отд-ние РГО. Омск: Манифест, 2006. 575 с.
6. Баженова О.П., Барсукова Н.Н. Современное состояние российского участка реки Иртыш по данным биомониторинга // Экосистемные услуги и менеджмент природных ресурсов: матер. Междунар. науч.-практ. конф., г. Тюмень, 28–30 ноября 2019 г. / науч. ред. С.Н. Гашев. Тюмень, ВекторБук, 2020. С. 25–28.
7. Фитопланктон Омского Прииртышья / О.П. Баженова и др.; под общей ред. О.П. Баженовой. Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. 320 с.
8. Bazhenova O.P., Barsukova N.N., Korzhova L.V., Krentz O.O., Konovalova O.A. The species composition and the taxonomic structure of phytoplankton in the lakes of Omsk region // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 867. P. 012067. DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012067
9. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/879ecosystems.pdf> (дата обращения 14.11.2022).
10. Официальный портал Омской области. URL: <https://omskportal.ru/naturRes>. azhenova O.P., Krentz O.O. Phytoplankton as an Indicator of Ecological State of the Saltain-Tenis Lake System (Omsk Region) // Contemporary Problems of Ecology. 2018. Vol. 11, № 2. P. 168–178. DOI: 10.1134/S1995425518020026
11. Bazhenova O.P., Konovalova O.A. Phytoplankton of Lake Solenoye (Omsk) as a promising source of bioresources // Contemporary Problems of Ecology. 2012. V. 5, Iss. 3. P. 275–280. DOI: 10.1134/S199542551203002X
12. Bazhenova O.P., Krentz O.O. Phytoplankton as an Indicator of Ecological State of the Saltain-Tenis Lake System (Omsk Region) // Contemporary Problems of Ecology. 2018. Vol. 11, № 2. P. 168–178. DOI: 10.1134/S1995425518020026
13. Kosterova V., Bazhenova O. Current state and potential of the development of specially protected natural areas of the Omsk Region in the light of the concept of sustainable development // Energy and resource efficiency for sustainable development (SEWAN-2021) = Sustainable And Effective Use of Energy collection of works of the III international scientific conference (St. Petersburg, April 19–24, 2021) / rev. ed. S.V. Romanenko. St. Petersburg: ITMO University, 2021. 369 p.
14. Баженова О.П., Костерова В.В., Шульпина П.Н. Экосистемные услуги лесов Омской области // Экологические чтения – 2022. XIII Национальная научно-практическая конференция (с международным участием), г. Омск, 2022. С. 48–53.

## Доступность солнечных лучей для сельскохозяйственных культур после обработки клеящими составами

**Кузнецова Д.М.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Жаркова В.В.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Бричков А.С.**

*ООО «Торфопродукт», Россия, г. Томск*

**Прудовикова К.В.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Проведено исследование возможности формирования пленочного покрытия при использовании клея «Торфисмол» и «Янтол». Толщина пленки, получаемой при нанесении препарата «Торфисмол», составила ~103–



104 мкм. Спектр пропускания такой пленки находится в диапазоне 84–84,5 нм в ультрафиолетовой области спектра и 84,5–87 нм – видимая область спектра. Толщину пленки препарата «Янтол» установить не удалось в связи с высокой длительностью высыхания. Спектр пропускания пленочного покрытия, полученного при использовании препарата «Янтол», находится выше спектра пленки, полученного при применении клея «Торфисмол», что связано с его меньшей пропускающей способностью солнечных лучей.

*Ключевые слова:* сельское хозяйство, клеящие составы, клей для рапса.

Защита от падалицы различных сельскохозяйственных культур является распространенной задачей. Данный процесс обусловлен раскрытием стручков семян различных сельскохозяйственных культур. С целью снижения потерь семян рапса, сои и других культур в период созревания и при уборке проводят обработку посевов клеящими препаратами натуральной и синтетической природы.

Основой препаратов являются производные терпеновых кислот и их комплексные соединения, карбамидные смолы, водорастворимые формы целлюлозы и крахмала, микробные экзополисахариды, синтетический латекс [1]. Преимущество всех этих препаратов – это образование пленки на поверхности стручков, сохраняющей их от растрескивания при высыхании, способствующей максимальной сохранности урожая, и уменьшению затрат на послеуборочную доработку [2, 3].

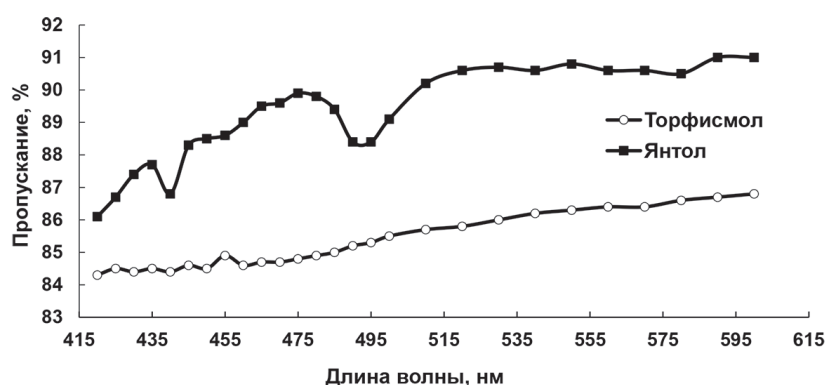
Однако подобрать оптимальный клеящий состав является непростой задачей, так как каждый из них имеет свои недостатки. Так, например, клеящие компоненты синтетической природы обладают низкой водостойкостью и склонностью к активизации патогенных микроорганизмов и, как следствие, заболеванию растений. Канифольные клеи (натуральные) зачастую дают более прочную пленку на поверхности стручков за счет его сплошного покрытия. Однако полученная пленка не всегда пропускает воздух и солнечный свет. Это часто приводит к нарушению естественных процессов созревания и защиты растения, ухудшению качества получаемых семян [3]. Исследование пропускающей способности клеящих составов является актуальной проблемой.

В работе проведены исследования некоторых препаратов «Янтол» (г. Иркутск), который синтезирован на основе канифоли, и органического клея «Торфисмол», выпущенного компанией ООО «Торфпродукт» (г. Томск). «Торфисмол» получен из смоляных (соединения терпенового ряда) и карбоновых кислот, витаминов С, D.

Исследования толщины пленки клея «Торфисмол», нанесенного на кремниевую подложку, проводили методом эллипсометрии с помощью лазерного фотоэлектрического эллипсометра ЛЭФ-3М (лаборатории кафедры неорганической химии ХФ ТГУ). Доступность солнечных лучей, необходимых для фотосинтеза, установлена по спектрам пропускания клеящего состава «Торфисмол» и «Янтол», нанесенного на кварцевую подложку, при использовании спектрофотометра фирмы «ЭКРОС» ПЭ-5400уф.

Формирование пленочного покрытия и его высыхание после нанесения препарата «Торфисмол» происходит в течение 30 минут. Измеренная толщина пленочного покрытия этого препарата составила ~103–104 мкм. Такое покрытие относится к толстым пленкам (более 10 мкм). В случае препарата «Янтол» измерение провести не удалось, так как формирование сухого покрытия не произошло в течение суток.

Спектры пропускания клеящих составов «Торфисмол» и «Янтол» представлены на рисунке. Видно, что спектр пленки клея «Торфисмол» расположен ниже спектра клея «Янтол», что связано с его большей пропускающей способностью. Для пленки клеящего состава «Торфисмол» коэффициент пропускания изменяется в диапазоне 84–84,5 нм в ультрафиолетовой области спектра и 84,5–87 нм в видимой области спектра.



Спектры пропускания пленочных покрытий клеящих составов «Торфисмол» и «Янтол»

Таким образом, повышенная пропускающая способность пленки клея «Торфисмол» в области 400–700 нм, принятой как универсальная для процесса действия фотосинтеза [4, 5], способствует проникновению солнечных лучей. При этом выявлено, что разработанный состав позволяет сохранить до 95% урожая при обработке растений перед уборкой.

#### Список литературы

1. Карпачев В.В., Савенков В.П., Воропаева Н.Л. Инновационная технология закрепления стручков ярового рапса с использованием новых (нано) материалов // Материалы Международной научно-практической интернет-конференции «Современные технологии возделывания зерновых, бобовых и технических культур», посвященной 140-летию

образования ГБУЗ «Херсонский государственный аграрный университет», Херсон, 2014. С. 252–255.

2. Пиллюк Я.Э. Рапс в Беларуси (биология, селекция и технология возделывания). Минск: Бизнесофсет, 2007. 240 с.

3. Рапс России / В.А. Федотов, С.В. Гончаров, В.П. Са-венков. М.: Агролига России, 2008. С. 336.

4. McCree K.J. The action spectrum, absorbance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Arg. Meteorol.* 1972. № 9. P. 191–216.

5. Спектральный состав света и продуктивность растений / А.А. Тихомиров, Т.М. Лисовский, Ф.Я. Сидько. Новосибирск: Наука (Сибирское отд.), 1991. 168 с.

## Спектрофотометрическая характеристика поровых вод донных отложений термокарстовых озер Западной Сибири

Курашев Д.Г.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Манасыпов Р.М.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Изучение спектрофотометрических характеристик растворенного органического вещества в поровых водах донных отложений проведено с использованием показателя  $SUVA_{254}$ . Проанализированы пробы, полученные из разных природных зон: тундры, лесотундры и тайги, а также различных зон распространения многолетней мерзлоты. Результаты позволили охарактеризовать природу органического вещества.

*Ключевые слова:* термокарстовые озера, органическое вещество,  $SUVA_{254}$ , донные отложения, растворенный органический углерод, поровые воды.

Термокарстовые озера Западной Сибири представляют собой уникальные природные индикаторы современных и прошлых климатических изменений. Образуюсь при деградации многолетней мерзлоты, термокарстовые озера являются важным пулом потенциально лабильного органического вещества, поступающего в водную толщу и в донные отложения из многолетнемерзлых торфяников [1]. Растворенное органическое вещество (РОВ) поровых вод донных отложений представляет собой сложное гетерогенное органическое вещество, состоящее из гуминовых веществ (гуминовая кислота, фульвокислоты и гумин), аминокислот, липидов, аминокислот, белков и углеводов [2]. РОВ принимает непосредственное участие во многих физико-химических и биогеохимических процессах, таких как круговорот питательных веществ и углерода, сорбция загрязняющих веществ, комплексообразование металлов, а также микробные процессы [3].

Исследованию состава растворенного органического углерода (РОУ) водных объектов посвящено большое количество работ [4], которые вносят существенный вклад в понимание механизмов устойчивости экосистем и углеродного цикла поверхностных вод [5]. Наибольшее распространение для спектрофотометрической характеристики состава органического вещества в водных пробах получил показатель  $SUVA_{254}$ .  $SUVA_{254}$  – это отношение поглощения при длине волны 254 нм к содержанию растворенного органического углерода в пробе [6]. Считается, что значение  $SUVA_{254} > 4$  указывает на преобладание гидрофобного и особенно ароматического материала, в то время как  $SUVA_{254} < 3$  соответствует наличию в основном гидрофильного материала в исследуемой пробе [7]. Если значение данного показателя ниже 1, то в водах преобладают низкомолекулярные алифатические соединения [8].

Для характеристики растворенного органического вещества поровых вод нами были отобраны 11 колонок

донных отложений термокарстовых озер, расположенных в разных природных зонах: тундре, лесотундре и тайге, а также в различных зонах распространения многолетней мерзлоты. Донные отложения были отобраны пробоотборником для ненарушенного керна (Aquatic Research Instruments), снабженного трубкой с сердечником из поликарбоната (длина 60 см, внутренний диаметр 10 см). Этот пробоотборник позволяет отбирать самые верхние слои отложений без нарушения границы раздела вода – осадок. Для получения поровых вод донные отложения были препарированы на слои по 2 см.

Поровые воды донных отложений были получены при центрифугировании донных отложений при 4000 об./мин. Поровые воды фильтровались через фильтры Minisart NML (размер пор 0,45 мкм, диаметр 33 мм) с использованием стерильных шприцев.

Содержание растворенного органического углерода (РОУ) в поровых водах донных отложений проводили в лаборатории с использованием анализатора Shimadzu TOC-VCNS Analyzer и спектрофотометра Eppendorf BioSpectrometer basic.

На рис. 1 представлены данные по содержанию растворенного органического углерода и показателя  $SUVA_{254}$ .

Анализируя полученные результаты, можно предположить, что в поровых водах донных отложений термокарстовых озер сплошной зоны распространения мерзлоты (район пос. Тазовского) наблюдается преобладание ароматического материала (рис. 1А и 1В). В основном гидрофильной природой характеризуется органическое вещество в пробе Б (рис. 1Б), что может говорить о преобладании органических соединений с низкой молекулярной массой. В пробе Б мы наблюдали два случая локального пика показателя  $SUVA_{254}$  на глубине 7–9 см, это может быть объяснено процессами перемещения верхних слоев донных отложений вниз по профилю при сезонных процессах замораживания-оттаивания.

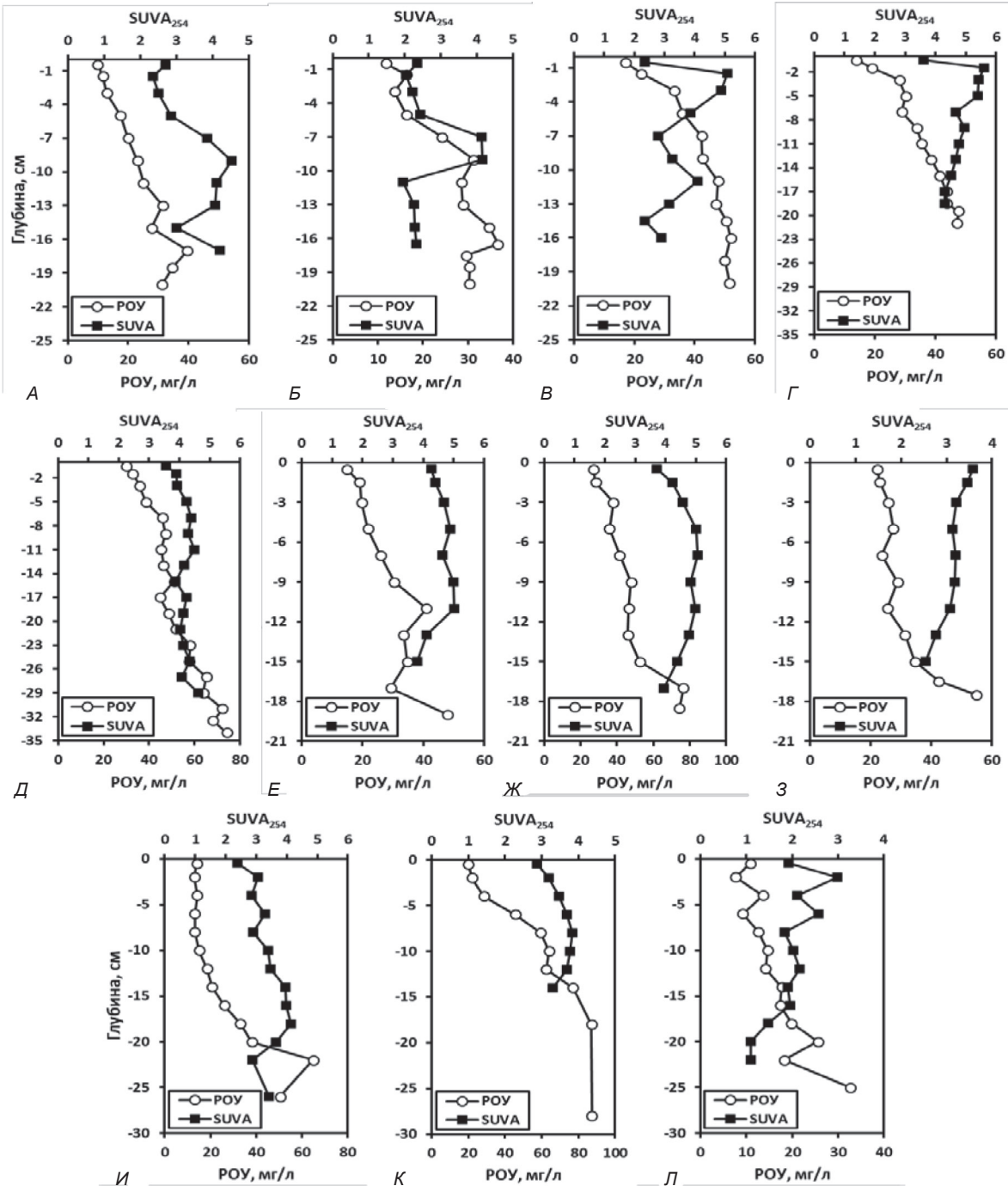


Рис. 1. Динамика оптического показателя  $SUVA_{254}$  и POY в водах термокарстовых озер (А, Б, В – Тазовский; Г, Д – Уренгой; Е, Ж, З – Ханымей; И, К, Л – Когалым)

Термокарстовые озера, расположенные в окрестностях пос. Уренгой и Ханымей, отличаются от озер тундровой зоны (пос. Тазовский, рис. 1А–В) существенно торфяным контекстом, а от озер южной границы северо-таежной зоны (г. Когалым, рис. 1И–Л) наличием подстилающей мерзлоты. Для данных районов характерны схожие значения показателя  $SUVA_{254}$  поровых вод. Высокие показатели ароматичности (до 5,6) указывают на полное преобладание гидрофобного материала, полученного из торфяной мерзлой толщи, окружающей озеро. При этом необходимо отметить уменьшение по-

казателя  $SUVA_{254}$  с глубиной донных отложений, что, вероятно, может объясняться увеличением доли автохтонного органического вещества с более низкой молекулярной массой.

В поровой воде донных отложений озер в окрестностях г. Когалыма наблюдались наименьшие показатели  $SUVA_{254}$ . Средние значения составляли 3,3 (рис. 1И и К) и 1,9 (рис. 1Л). Данные показатели явно указывают на полное преобладание в поровых водах гидрофильного органического вещества и незначительного вклада аллохтонного ароматического материала.

В ходе проведения спектрофотометрических исследований была предпринята попытка охарактеризовать природу органического вещества на основе спектрофотометрического показателя  $SUVA_{254}$ . В целом в поровых водах термокарстовых озер, расположенных на меридиональном профиле распространения многолетнемерзлых пород, наблюдается преобладание гидрофобного ароматического материала, имеющего преимущественно аллохтонную природу. Как было описано ранее, основным источником органического вещества в термокарстовых озерах выступает береговая абразия торфяных берегов, сложенных мерзлой торфяной толщей [9]. При этом донные отложения термокарстовых озер представляют собой торфяные почвы, затопленные и деградированные в процессе расширения озер [10]. При этом южные районы исследования характеризуются наличием в поровых водах озер преимущественно автохтонного органического вещества с низкой молекулярной массой.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-77-10067.

#### Список литературы

1. Manasyrov R.M., Lim A.G., Krickov I.V., Shirokova L.S., Shevchenko V.P., Aliev R.A., Karlsson J., Pokrovsky O.S. Carbon storage and burial in thermokarst lakes of permafrost peatlands // *Biogeochemistry*. 2022. № 159. <https://doi.org/10.1007/s10533-022-00914-y>
2. Zhang Y.M., Van Dijk A., Liu M., Zhu G., Qin B. The contribution of phytoplankton degradation to chromophoric dissolved organic matter (CDOM) in eutrophic shallow lakes: Field and experimental evidence // *Water Res.* 2009. № 43. P. 4685–4697.
3. Guo X.J., Xi B.D., Yu H.B., Ma W.C., He X.S. The structure and origin of dissolved organic matter studied by UV-vis spectroscopy and fluorescence spectroscopy in lake in arid and semi-arid region. *Water Science and Technology*. 2011. № 63. P. 1010–1017.
4. Smith R.E.H., Allen C.D., Charlton M. Dissolved Organic Matter and Ultraviolet Radiation Penetration in the Laurentian Great Lakes and Tributary Waters // *Journal of Great Lakes Research*. 2004. № 30 (3). P. 367–380. Doi: 10.1016/S0380-1330(04)70354-8
5. Дроздова О.Ю., Ильина С.М., Анохина Н.А., Завгородняя Ю.А. и др. Трансформация органических веществ в сопряженном ряду поверхностных вод Северной Карелии // *Водные ресурсы*. 2019. Т. 46, № 1. С. 43–50.
6. Randtke S.J. Disinfection By-Product Precursor Removal by Coagulation and Precipitative Softening // *Formation and Control of Disinfection By-Products in Drinking Water*; Ed. P.C. Singer. American Water Works Association: Denver, CO. Chapter 12. 1999. P. 237–258.
7. Edzwald J.K., Tobiasson J.E. Enhanced coagulation: US requirements and a broader view // *Water Science and Technology*, 1999. P. 63–70.
8. Weishaar J.L., Aiken G.R., Bergamaschi B.A., Fram M.S., Fujii R., Mopper K. Evaluation of Specific Ultraviolet Absorbance as an Indicator of the Chemical Composition and Reactivity of Dissolved Organic Carbon // *Environ. Sci. Technol.* 2003. № 37. P. 4702–4708.
9. Manasyrov R.M., Pokrovsky O.S., Shirokova L.S., Auda Y., Zinner N.S., Vorobyev S.N., Kirpotin S.N. Biogeochemistry of macrophytes, sediments and porewaters in thermokarst lakes of permafrost peatlands, Western Siberia // *Science of the Total Environment*. 2021. № 763. P. 144201. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.144201
10. Audry S., Pokrovsky O.S., Shirokova L.S., Kirpotin S.N., Dupré B. Organic matter mineralization and trace element post-depositional redistribution in Western Siberia thermokarst lake sediments // *Biogeosciences*. 2011. № 8. P. 3341–3358.

## Оценка влияния кольчатых червей на агрохимические показатели почвы

Кушнар Д.К.

Тюменский государственный университет, Россия, г. Тюмень

Синдирева А.В.

Тюменский государственный университет, Россия, г. Тюмень

В статье приводится оценка влияния кольчатых червей на агрохимические показатели почвы: pH, процентное содержание органического вещества, также рассматривается взаимодействие как отдельных видов, так и их комбинаций.

*Ключевые слова:* экосистемные инженеры, кольчатые черви, почва, органическое вещество, pH.

Экологическая роль кольчатых червей как экосистемных инженеров заключается в модификации среды обитания, как своей, так и компонентов почвенной биоты. На сегодняшний день закономерности и механизмы влияния на минеральный состав почвы и органический недостаточно рассматривались исследователями. Проблема особенно актуальна в связи с развитием биоиндикации, зоологических методов рекультивации почв и широким распространением утилизации органических отходов с помощью вермирекультивации.

Местом для проведения исследований стало бюджетное учреждение Омской области дополнительного образования «Омская областная станция юных натура-

листов». Материалом для исследования послужили полевые имитационные эксперименты (с помощью мезокосмов) в вегетационный период (июнь – август) 2016 г. В каждый мезокосм закладывался объем почвы массой 30,5 кг, запускались кольчатые черви по 24 штуки по видам: *E. nordenskioldi*, *L. rubellus* и *A. caliginosa*. Варианты экспериментов имели пятикратную повторность [1]. Лабораторные исследования проводили в период с февраля по апрель 2022 г.

Уровень pH определяли с помощью водной вытяжки в соответствии с ГОСТ 26423-85 [2]. Процент содержания органического вещества определяли в соответствии с ГОСТ 26213-91 [3].

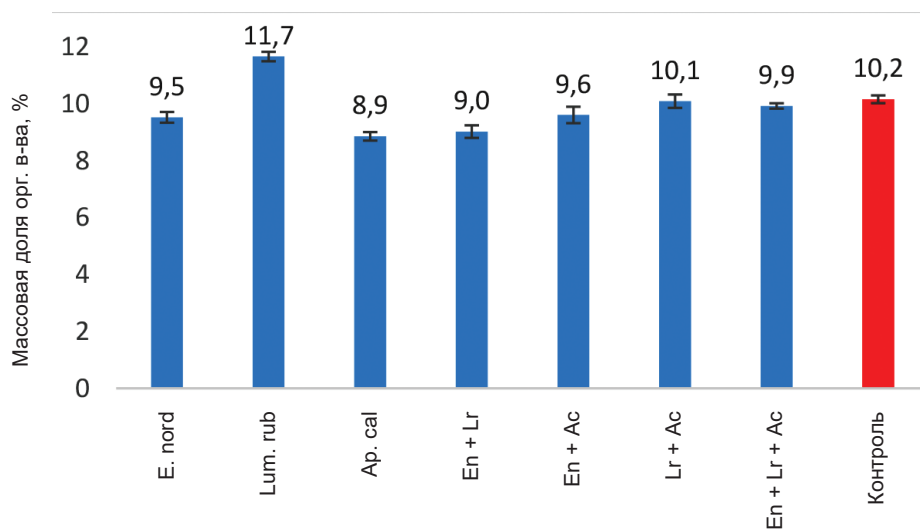


По результатам эксперимента значение pH варьирует от 7,0 до 7,3 для моновариантов и от 6,9 до 7,1 для комбинаций видов. Контрольные значения в среднем составили 6,91. Наибольшее влияние на уровень pH оказал вид *E. nordenskioldi* – значение pH в диапазоне 7,2–7,25.

Если говорить о воздействии комбинаций видов, то можно заметить, что они дают усредненные значения моновариантов. Комбинация видов *E. nordenskioldi* и *L. rubellus* по сравнению с другими оказала наибольшее изменение уровня, значения в диапазоне 6,9–

7,2. Значение pH для комбинаций видов *L. rubellus* и *A. caliginosa* находится в диапазоне 6,9–7,1. Комбинация *A. caliginosa* и *E. nordenskioldi* дает значения pH на уровне контроля – 6,91–7,02.

Во всех вариантах опыта кольчатые черви способствовали изменению массовой доли органического вещества по сравнению с контролем. По сравнению с контролем процентное содержание органического вещества снизилось во всех вариантах опыта, кроме вариантов с видом *L. rubellus* (рисунк).



Массовые доли органического вещества в зависимости от комбинации видов

Содержание гумуса в контроле составило 10,2%. Среди моновариантов наибольшее процентное содержание имел вид *L. rubellus* – 11,7%. Комбинации видов, как и в случае с другими показателями, дают усредненные значения двух видов, максимальное понижение наблюдалось для комбинации *E. nordenskioldi* и *L. rubellus* – 9,0%. Менее других повлияла комбинация *L. rubellus* и *A. caliginosa* – разница с контрольным значением составила 0,1% в сторону понижения.

В трехвидовом варианте значение составило 9,9%, что так же, как и с двухвидовыми комбинациями, дает усредненное значение моновариантов.

Существует видоспецифичность изменения показателей: так, на изменение уровня pH активнее других повлиял вид *E. nordenskioldi*; на массовую долю органи-

ческого вещества – вид *L. rubellus*. Совокупность видов не способствует значимым изменениям уровней показателей.

#### Список литературы

1. Бабий К.А., Цвирко Е.И., Князев С.Ю. и др. Ионный состав почв под воздействием *Eisenia nordenskioldi* и *Lumbricus rubellus* в условиях микрокосмов // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2020. Vol. 5 (4). 13 с.
2. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. 6 с.
3. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартинформ, 2011. 4 с.

## Итоги лесопатологических исследований в Шорском национальном парке за период с 2020 по 2022 гг.

Леухин И.В.

Шорский национальный парк, Россия, г. Таштагол

Ровнина Т.А.

Шорский национальный парк, Россия, г. Таштагол

В статье приводятся итоги лесопатологических обследований, проведенных на территории Шорского национального парка в период с 2020 по 2022 г. Приведены основные причины ослабления лесных насаждений на рассматриваемой ООПТ.

**Ключевые слова:** лес, лесопатологические обследования, болезни леса, национальные парки, ООПТ.

Лес – наше национальное богатство, нуждающееся в сохранении и изучении. Деревья выполняют целый ряд важнейших экологических функций: поглощают парниковые газы, перераспределяют поверхностные воды, формируют биоценозы. Благодаря лесопатологическим обследованиям (ЛПО) удастся получить актуальные сведения о болезнях леса. Результаты ЛПО позволяют принимать своевременные и эффективные меры по сохранению лесных ресурсов. Большая часть территории Шорского национального парка покрыта лесами – 385 268,6 га из общей площади в 414 306 га. Общие запасы древесины на 2020 г. составляли 7 731 743 м<sup>3</sup> [1].

Цель работы – систематизировать данные о поврежденности лесных насаждений на территории Шорского национального парка.

Задачи – обработка данных о санитарном состоянии лесов из актов ЛПО, систематизация и обобщение полученных сведений.

Каждая особо охраняемая природная территория в России и каждый лесхоз ведут государственный лесопатологический мониторинг. В то же время далеко не все ООПТ обобщают и анализируют полученные полевые данные, ограничиваясь оформлением актов о лесопатологическом обследовании. Тем не менее существует немало научных работ по данной тематике на особо охраняемых природных территориях: из свежих отмечается юг Байкала [2], национальный парк «Валдай», работы по Пензенской и Саратовской областям [3–5]. Часто используются постоянные пробные площадки и инструментальные исследования с применением GPS-навигаторов.

Исследование проводилось на территории Шорского национального парка, расположенного на юге Кемеров-

ской области – Кузбасса. Основной биоценоз – черневая тайга. Лесообразующие породы: пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), сосна сибирская кедровая (*Pinus sibirica* Du Tour), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), осина (*Populus tremula* L.) [1].

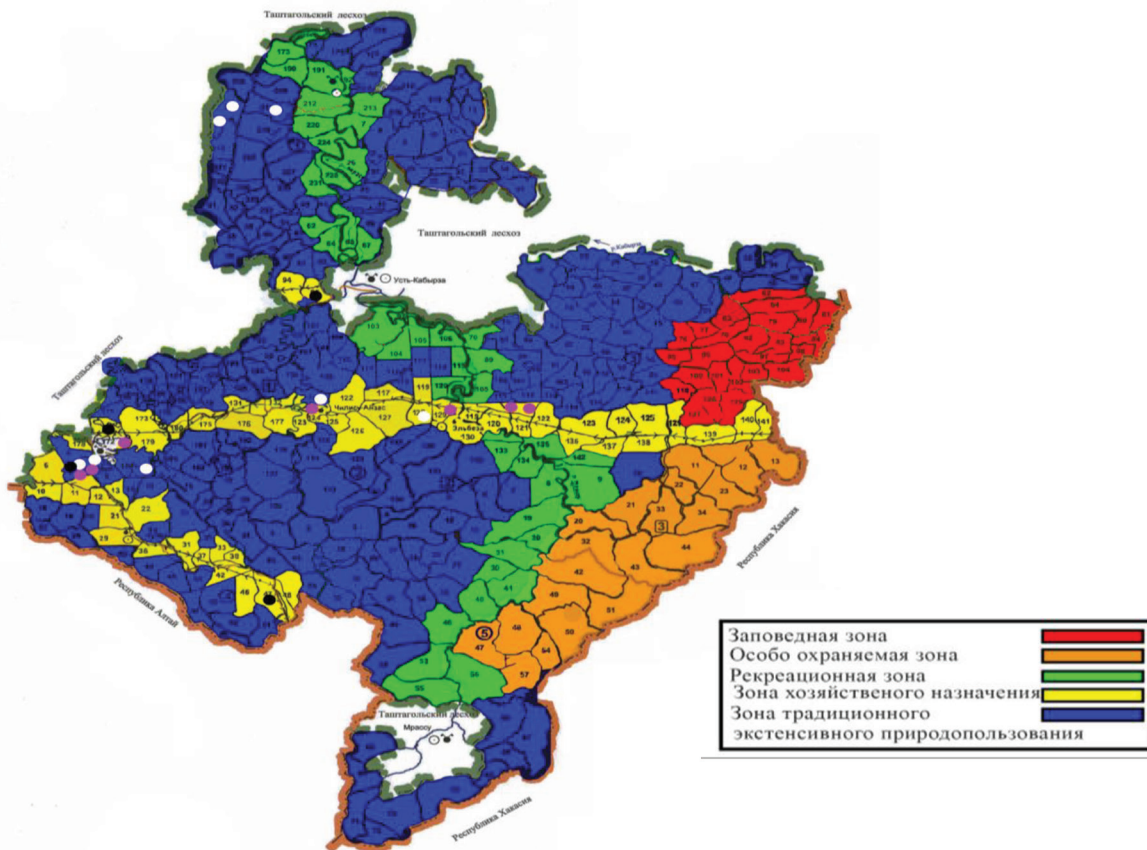
В качестве исходных материалов для работы взяты акты лесопатологических обследований за 2020, 2021 и 2022 гг. [6–8], составленные в соответствии с действующим Порядком [9] и Правилами санитарной безопасности в лесах [10], обновленными в 2021 г. [11]. В новых правилах введен параметр «средневзвешенная категория состояния» (СКС), отражающий общее состояние изучаемого насаждения. Градация следующая: СКС <1,5 – устойчивое (здоровое) насаждение, 1,51–4,5 – с нарушенной устойчивостью, >4,51 – утратившее устойчивость. Названия болезней леса приведены в соответствии со «Справочником кодов причин повреждения и ослабления насаждений» [12].

ЛПО проведены инструментальным способом, в качестве приборов применялись GPS-навигатор, мерная вилка и видеорегистратор для фотофиксации.

В 2020 г. составлено восемь актов ЛПО, общая площадь исследований составила 290,6 га. В 2021 г. составлено семь актов ЛПО, общая обследованная площадь составила 153,0 га. В 2022 г. количество актов ЛПО стало четыре, площадь равна 88,7 га.

Временные площадки лесопатологических обследований отмечены на рисунке.

Сводные сведения о причинах болезни, повреждения лесных насаждений и СКС\* приведены в таблице.



Места закладки пробных площадок. Белый цвет – 2020 г., фиолетовый – 2021 г., черный – 2022 г.

## Распределение основных причин ослабления лесных насаждений на территории Шорского национального парка

Акт №, территория	Трутовик ложный (356)	Ветровал прошлых лет (821)	Бурелом прошлых лет (822)	Ветровал текущего года (881)	Трутовик настоящий (355)	Рак пихты (374)	Полиграф уссурийский (531)	Трутовик ложный осиновый (358)	Гнили стволы (350)	Короид-типограф (343)	СКС
<b>2020 г.</b>											
Акт 1, Усть-Анзас	+	+	+								
Акт 2, Усть-Анзас			+	+	+	+					
Акт 3, Усть-Анзас			+	+	+						
Акт 4, Чилису Анзас .			+	+	+		+				
Акт 5, Чилису Анзас			+	+	+			+			
Акт 6, Чулешское			+	+	+			+			
Акт 7, Чулешское			+	+	+			+			
Акт 8, Чулешское			+	+	+			+			
<b>2021 г.</b>											
Акт 1, Чулешское			+	+				+	+	+	2,75
Акт 2, Чулешское			+	+	+	+				+	4,59
Акт 3, Чулешское			+	+	+	+		+		+	4,30
Акт 4, Чилису-Анзас			+	+	+	+			+		5,07
Акт 5, Чилису-Анзас			+	+	+	+		+	+	+	4,21
Акт 6, Чилису-Анзас			+	+		+		+	+	+	3,31
Акт 7, Чилису-Анзас			+	+				+	+	+	3,9
<b>2022 г.</b>											
Акт 1, Чулешское			+	+	+			+	+	+	3,06
Акт 2, Чулешское			+	+	+	+				+	5,01
Акт 3, Чилису-Анзас			+	+	+	+		+			4,59
Акт 4, Чилису-Анзас				+		+					2,35

\*СКС введен Постановлением Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047 с 2021 г.

В числе основных причин ослабления лесных насаждений выделяются ветровалы и буреломы. Основными патогенными организмами, ослабляющими деревья, являются трутовик ложный осино-вый и трутовик настоящий. Нередко в насаждениях обнаруживается рак пихты. В качестве санитарно-оздоровительных мероприятий в исследуемых лесных насаждениях были назначены выборочные санитарные рубки.

Изученные насаждения нуждаются в дальнейшем наблюдении, которое планируется осуществлять в будущем.

#### Список литературы

1. Кадастровые сведения о Шорском национальном парке за 2017–2020 гг. Таштагол, 2020.
2. Белова Н.А., Морозова Т.И. Динамика лесопатологического состояния пихтовых древостоев Байкальского заповедника (1983–2015) // Лесной вестник. 2018. № 2, т. 22. С. 5–15. URL: [https://baikalzapovednik.ru/publications\\_2](https://baikalzapovednik.ru/publications_2) (дата обращения: 16.11.2022).
3. Володькина Г.Н., Володькин А.А. Лесопатологический мониторинг лесных насаждений Пензенской области // Сурский вестник. 2019. № 2 (6). С. 23–27. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38479838> (дата обращения: 16.11.2022).
4. Кузьминых А.Н., Перцева Е.В. Оценка состояния древостоя на территории лесничества Кинель-Черкасского района. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49081934> (дата обращения: 16.11.2022).
5. Морозова Т.И., Егорова И.Н., Воронин В.И. Лесопатологические исследования трансграничных территорий востока России. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47234348> (дата обращения: 16.11.2022).
6. Акты лесопатологического обследования лесных насаждений лесничества ФГБУ «Шорский национальный парк», г. Таштагол, 2020 г. URL: <https://shorskynp.ru/analiticheskie-svedeniya-i-obobshhennyye-dannyye/> (дата обращения: 17.11.2022).
7. Акты лесопатологического обследования лесных насаждений лесничества ФГБУ «Шорский национальный парк», г. Таштагол, 2021 г.
8. Акты лесопатологического обследования лесных насаждений лесничества ФГБУ «Шорский национальный парк», г. Таштагол, 2022 г.
9. Приказ от 9 ноября 2020 года № 910 Об утверждении Порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573140196> (дата обращения: 17.11.2022).
10. Постановление Правительства РФ от 20 мая 2017 г. № 607 «О Правилах санитарной безопасности в лесах» (документ утратил силу). URL: <https://base.garant.ru/71685642/#friends> (дата обращения: 17.11.2022).
11. Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах». URL: <https://base.garant.ru/75037636/> (дата обращения: 17.11.2022).
12. Справочник кодов причин повреждения и ослабления насаждений. URL: [https://rcfh.ru/upload/iblock/ba0/xxhyb2p7lvgo2ghqwi9300bi3cf1qeh7/Spravochnik\\_prichin\\_povrezhdenia.pdf](https://rcfh.ru/upload/iblock/ba0/xxhyb2p7lvgo2ghqwi9300bi3cf1qeh7/Spravochnik_prichin_povrezhdenia.pdf) (дата обращения: 17.11.2022).
13. Терентьева О.С. Причины ослабления лесного массива в национальном парке «Валдайский» // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы VI Всероссийской научно-технической конференции. Т. 2. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46432678> (дата обращения: 16.11.2022).
14. Хрипач В.В. Третьякова Е.С. Лесопатологический мониторинг лесов города Ставрополя // Природообустройство. 2022. № 2. С. 124–126. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lesopatologicheskiy-monitoring-lesov-gorodastavropolya> (дата обращения: 16.11.2022).

## Тяжелые металлы в почвах г. Томска

Ляпина Е.Е.

*Институт мониторинга климатических экологических систем СО РАН, Россия, г. Томск*

В работе рассмотрена проблема техногенного загрязнения тяжелыми металлами урбанизированных территорий. Получены количественные оценки распределения элементов в почвах на территории г. Томска, которые свидетельствуют о концентрациях, не превышающих ПДК, за исключением Zn, но характеризуются обогащением, что подтверждается расчетом фактора обогащения. Суммарное воздействие тяжелых металлов свидетельствует о высоком (опасном) уровне загрязнения. В Томске формирование ореолов рассеяния Hg связано с деятельностью основных градообразующих предприятий, а также рельеф города и преобладающее направление ветров формируют очаги повышенного содержания элементов.

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, почвы, геохимия, геоэкология, урбанизированная территория.

Проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) является одной из наиболее актуальных. ТМ обладают высокой токсичностью для всех живых организмов: I класс (высокоопасные) – As, Cd, Hg, Se, Pb, F, Zn; II класс (умеренно опасные) – B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr; III класс (малоопасные) – Ba, V, W, Mn, Sr [3]. При этом многие из ТМ характеризуются и высоким уровнем технофильности: Hg, Sb, Pb, Cu, Se, Ag, As, Mo, Sn, Cr, Zn. Основным путем миграции ТМ в окружающей среде является поступление их в почвы, где они становятся доступными для растений [1, 2]. В

связи с этим почва является индикатором экологической безопасности среды. В среднем около 11% почв территории России имеют высокий уровень загрязнения тяжелыми металлами [3]. Содержание тяжелых металлов в почвах г. Томска ранее проанализировано в работах [2, 4–6].

Целью данной работы является эколого-геохимическая оценка распределения тяжелых металлов в почвах г. Томска для оптимизации процесса мониторинга и получения наиболее полной информации о состоянии объекта окружающей среды.



Отбор проб грунта г. Томска проводился в 2017 г. в середине квадратов сети (102 точки), равномерно покрывающей территорию города, методом конверта из верхних 5 см, согласно [7]. В качестве фоновой площадки был выбран полигон «Фоновый» на станции ИОА СО РАН в с. Киреевск (70 км к югу от г. Томска).

Изучение проб осуществляли в учебно-научной лаборатории международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» НИ ТПУ. Содержание Hg в пробах определяли на анализаторе ртути РА-915+ методом атомной абсорбции с помощью приставки ПИРО-915 (метод пиролиза; предел обнаружения ртути – 5 нг/г) [8]. Количественное определение тяжелых металлов (Cr, Fe, Co, Zn, Sb) осуществляли с помощью многоэлементного нейтронно-активационного анализа (ИНАА) по аттестованной методике (НСАМ ВИМС № 410-ЯФ) в аккредитованной ядерно-геохимической лаборатории на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т в НИ ТПУ (аналитики А.Ф. Судыко, Л.В. Богутская).

Исследованные почвы представлены городскими почвогрунтами неоднородного состава со множественными включениями строительного мусора, бытовых отходов. Пробы фонового участка (с. Киреевск) являются почвами I террасы р. Оби с преобладающими дерново-глеевыми, реже светло-серыми глееватыми почвами [9].

Концентрации ТМ в почвах г. Томска изменяются в широких интервалах: Fe = 0,82–9,71%; Co = 3,12–

28,5; Cr = 0,4–465,6; Zn = 27,7–5245; Sb = 0,02–18,1; Hg = 0,008–1,2 мг/кг. При этом распределение элементов по территории города носит неравномерный характер, за исключением Co (33,7%), что подтверждается данными расчета коэффициента вариации: Cr, Fe (68,1 и 40,2% – неравномерное распределение); Zn, Sb и Hg (266,2; 183,4 и 226,3% – крайне неравномерное распределение).

Среднее содержание ТМ на территории г. Томска не превышает ПДК, за исключением Zn, но значительно выше для фоновых территорий Томской области и превышает ранее полученные данные [4]. Территориально очаги повышенного содержания совпадают для Hg и Sb – очаг относится к мкр-ну Степановка и объясняется особенностями рельефа и связан с аэродинамическими особенностями вдоль р. Ушайки. Также максимальные концентрации обнаружены для Co и Fe в районе расположения предприятий стройиндустрии на северо-востоке города (ЖБК). Следует отметить снижение содержания ТМ в городских почвах по сравнению с ранее проведенными исследованиями [4], что свидетельствует о снижении их технофильности вследствие уменьшения использования в промышленном производстве как на локальном, так и на региональном уровне (таблица) [4, 9]. Данные расчетов геоэкологических характеристик свидетельствуют об обогащении почвогрунтов г. Томска по результатам расчета коэффициента обогащения (таблица)

Геоэкологические показатели содержания ТМ в почвах г. Томска

Элемент	C, мг/кг	Kк	Kc <sub>1</sub>	Kc <sub>2</sub>	Kc <sub>3</sub>	Kпдк	Kп.з.	Kп.н.п.	Ke	Kр
Cr	85,47	0,93	1,21	1,98	0,83	0,85	0,43	1,07	1,07	3,58
Fe	2,68	0,66	1,46	2,06	0,84	0,67	0,71	1,22	1,29	1,68
Co	11,6	0,68	1,26	1,78	0,81	0,23	0,14	0,08	1,12	1,65
Zn	193,89	2,59	3,44	–	–	1,94	3,88	1,23	304	0,76
Sb	1,15	1,41	1,45	3,82	0,72	0,25	–	0,11	1,28	2,25
Hg	0,056	0,85	2,32	–	1,23	0,03	5,55	0,06	2,05	2,48

*Примечание:* C – концентрация, мг/кг, Fe; Kк – кларк концентрации (по Виноградову, 2009) [5]; Kc<sub>1</sub> – коэффициент концентрации относительно фонового содержания (собственные данные, пос. Киреевск, 2017); Kc<sub>2</sub> – коэффициент концентрации относительно фонового содержания (Языков, 2006) [4]; Kc<sub>3</sub> – коэффициент концентрации относительно почв г. Томска (Жорняк, 2009; Hg – Ляпина, 2004) [4, 10]; Kпдк – коэффициент концентрации относительно предельно допустимой концентрации ртути в почвах [11]; Kп.з. – кларк концентрации относительно почв Земли [5]; Kп.н.п. – кларк концентрации относительно почв населенных пунктов [5]; Ke – кларк фактора обогащения (нормирование по Sc, собственные данные, 2017); Kр – кларк рассеивания [5]. Результаты расчета парных корреляций исследованных ТМ выявили графы ассоциаций элементов в почвах г. Томска (критическое значение коэффициента 0,5; уровень значимости 0,05): Sb – Hg – Cr и Fe – Co (положительные зависимости).

С помощью факторного анализа по методу главных компонент выявили силу факторов и их количество, оказывающих влияние на дисперсию содержания ТМ в почвах г. Томска. На распределение металлов оказывают влияние два фактора. Фактор 1 (35,98%), включающий действие любых процессов, которые способствуют увеличению концентрации Hg и Sb. Так как фактор влияет на группу ТМ, относящихся к I и II классу опасности, то его можно охарактеризовать как токсический. Фактор 2 (26,88%) оказывает влияние на накопление Fe и Co, элементов-сидерофилов по классификации Гольдшмидта. Коэффициенты факторных нагрузок характеризуются положительным знаком.

Для того чтобы объединить ТМ в группы по наивысшим значениям коэффициентов ранговой корреляции,

использовался кластерный анализ. С помощью метода Варда была построена дендрограмма корреляционной матрицы по геохимическому спектру элементов, которая разделила ТМ на две группы: Zn, Co и Fe; Cr, Sb и Hg.

Полученные результаты подтверждают достоверность факторного анализа, а также результаты расчета парных корреляций и территориальную привязку максимальных концентраций ТМ. Данный вывод свидетельствует о процессах, влияющих на концентрирование ТМ.

По рассчитанному кларку концентрации был составлен геохимический ряд ТМ, свидетельствующий об обогащении почв города: Zn<sub>2,6</sub> – Sb<sub>1,4</sub>. Также исследованные почвы обогащены ТМ по сравнению с фоном (пос. Киреевск): Zn<sub>3,4</sub> – Hg<sub>2,3</sub> – Fe<sub>1,5</sub> – Sb<sub>1,5</sub> – Co<sub>1,3</sub> – Cr<sub>1,2</sub> и ранее полученными данными [10]: Hg<sub>1,2</sub>.

Несмотря на обогащение ТМ, по многим расчетным показателям суммарный показатель загрязнения свидетельствует о низком уровне загрязнения (неопасном) согласно существующей градации:  $Z = 6,1$ . При проведении расчета суммарного показателя загрязнения с учетом уровня токсичности каждого из исследованных ТМ результат не меняется:  $Z = 9,1$ . Однако если использовать модифицированную методику на основании не среднего арифметического, а геометрического расчета [12], то уровень загрязнения повышается до высокого (опасного):  $Z = 38,5$ .

В результате проведенного исследования получены оригинальные данные по содержанию и распределению ТМ в почвах г. Томска. Средние концентрации исследованных ТМ не превышают ПДК, за исключением Zn. Расчетные показатели свидетельствуют об обогащении почв по сравнению с фоном, почвами населенных пунктов, что подтверждается расчетами фактора обогащения. Ранжирование в геохимическом ряду элементов по среднему содержанию показало, что на первый план выходят Zn, Sb и Hg. Самые сильные связи в парных корреляциях показали Hg, Cr и Sb, а также Fe и Co. Факторный анализ подтверждает преобладающую роль в накоплении ТМ антропогенного поступления в результате деятельности градообразующих предприятий, а также особенностей рельефа и атмосферного переноса.

*Исследование выполнено за счет средств государственного бюджета, тема РК 121031300154-1 ИК ИМ-КЕС СО РАН.*

#### Список литературы

- ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М.: Стандартинформ, 2008.
- Рихванов Л.П., Нразулаев С.Б., Язиков Е.Г. и др. Геохимия почв и здоровье детей Томска. Томск, 2006. С. 216.
- Джувеликян Х.А., Щеглов Д.И., Горбунова Н.С. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв: учебно-методическое пособие для вузов. Воронеж: Изд.-полигр. центр ВГУ, 2009. С. 21.
- Жорняк Л.В. Эколого-геохимическая оценка территории г. Томска по данным изучения почв: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2009.
- Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Сер. 5: География. 2015. № 2. С. 7–17.
- Рихванов Л.П., Язиков Е.Г., Сарнаев С.И. Содержание тяжелых металлов в почвах. Томск: ТГУ, 1993. С. 142.
- ГОСТ 17.4.02-84. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Гидрометеиздат, 1983.
- Гладышев В.П. Хемодинамика и мониторинг ртути в окружающей среде // Контроль и реабилитация окружающей среды. Томск: Спектр, 2000. С. 34–38.
- Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Почвы Обь-Томского междуречья // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011. № 3 (15). С. 16–37.
- Ляпина Е.Е., Филимоненко Е.А., Осипова Н.А. Динамика и особенности нахождения ртути в городских почвах // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018. СеЕвГУ, 2018. С. 749–754.
- Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06.
- Шайхутдинова А.Н. Оценка степени загрязнения агрогенных почв Кузбасса подвижными формами тяжелых металлов // Сборник материалов V Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. ТГУ, 2017. С. 286–289.

## Непрерывное экологическое образование и просвещение в работе профессионально-волонтерского проекта «Родники Томска» (2020–2022)

Назаров А.Д.

*Профессионально-волонтерский проект «Родники Томска», Россия, г. Томск*

В хронологическом порядке рассказано о мероприятиях, реализованных проектом «Родники Томска» с 2020 по 2022 г.

*Ключевые слова:* ландшафтно-родниковые зоны, университетские родники, Университетское озеро, родниковые долины, Михайловская роща, обустройство, волонтеры, экотропы, эскизы, стенды, экскурсии, средства массовой информации, экологическое просвещение.

В рамках проекта «Родники Томска» последовательно и одновременно реализуются несколько этапов и видов деятельности: научно-исследовательская, практико-обустроительная, экологическая, учебно-образовательная, просветительская, рекламная, издательская, туристско-ориентированная. Практически на 80% необходимые расходы покрываются личными средствами.

О деятельности и мероприятиях в рамках проекта в 2013–2018 гг. рассказывает статья О.А. Назаровой в данном сборнике. Итоги работы в 2019 г. освещены автором в статье «Обустройство ландшафтно-родниковых

зон г. Томска (урбанистический, социологический, туристический и образовательный аспекты)» и опубликованы в сборнике «Экология и управление природопользованием. На пути к устойчивому развитию: индикаторы устойчивого развития территорий» [1].

В 2020, ковидном, году был осуществлен качественный скачок в волонтерском обустройстве родников за счет помощи пиломатериалами томским предпринимателем Р. Кудиным: 1) вместо экотропы-лежневки вдоль исторических университетских родников (УР) за три месяца построено 700 м деревянного тротуара на

бревнах, мост через родниковую канаву, лестница к пруду. Автору статьи помогали многие волонтеры – кто несколько часов, кто несколько дней, постоянные помощники Э. Михальцова и Д. Литвинов; 2) закончено создание авторской системы туристической навигации вдоль экотропы по Университетской ландшафтно-родниковой зоне (ЛРЗ): проведен поиск и анализ информации и фотографий по интернет-ресурсам и материалам Государственного архива Томской области, разработан и установлен один двойной стенд (1,25 x 1,5 м) по истории УР, университетского водопровода, идеям обустройства родников, один стенд-схема при входе на тротуар, 19 табличек с названиями родников, два указателя; 3) автором и куратором проекта О.А. Назаровой разработаны и с помощью волонтеров установлены инфостенды у родника Божья Роса в пер. Островского, два стенда – «Ключевской родник» и «Роговская ЛРЗ», один входной стенд-схема, пять указателей в Михайловской роще (МР); 4) первой городской экскурсией лета-2020 стала экскурсия томского гида – волонтера проекта Э. Михальцовой «Томские джунгли», пролежавшая по Университетской ЛРЗ. Проведено 40 экскурсий для томичей и гостей города в возрасте от 4 до 80 лет. Экскурсия Э. Михальцовой «Томские джунгли. К истокам» по родникам Обруба получила второе место (награда – профессиональные видеоролик, буклеты, фотографии по экскурсии) на конкурсе турпродуктов субъектов малого и среднего предпринимательства Томской области; Э. Михальцова записала видеолекцию о работе на УР (по авторским материалам) для проекта «10 минут для устойчивого будущего» в рамках фестиваля «ВузЭкоФест» ТГУ, проведенного в ноябре клубом экоосознанности «Новая ЭРА», центром волонтерства UNIVOL и приняла участие в проекте о волонтерах «Я могу» томского городского информпортала Tomsk.ru (про работу на родниках были созданы статья, радиопрограмма, видео с интервью); 5) под руководством Е. Макаренко на 2-м курсе ГГФ ТГУ пишется курсовая работа Е. Шкляр с главой по УР (по авторским научным материалам и инфостендам); 6) куратором проекта О.А. Назаровой разработан и с волонтерской помощью издан тираж в 100 экземпляров первого настенного календаря «Родники Томска. К 415-летию Томска»; распространялся как подарок волонтерам, в музейных киосках, подарен в фонды историко-краеведческого отдела ТОУНБ им. А.С. Пушкина; 7) в сотрудничестве с архитектором А. Гаммершмидт создается эскиз проекта обустройства набережной Ушайки вниз от улицы Обруб, или рекреационной зоны «Эльдорадо» [2], который в апреле 2021 г. размещен для голосования на городском портале «Активный житель» [2]; опубликовано более 10 статей в СМИ, вышел новостной сюжет на ТВ-канале («Томское время») [3].

В 2021 г. исследовательская и обустроительная деятельность по проекту сосредоточилась в родниковой долине Роговской ЛРЗ Михайловской рощи (МР): 1) зимой автором построены деревянные тротуар 250 м и рабочая лестница, а летом – земляная плотина, пруд, водопадик, мост через речку Михайловку, шесть лавочек. Создана новая экотропа в составе Королёвского и около 15 небольших родников, образующих четыре ручья, собирающихся в речку Михайловку, приток реки Ушайки; 2) к ступеням в овраг к Ключевскому роднику О. Назаровой, Д. Литвиновым вкопаны стойки (помощь

«Томскводоканала») и установлены 60 м перил с перекладинами, а стенки пруда и 1/2 берегов Ключевского родника укреплены волонтером металлическими трубами; 3) 03.10.2021 в МР состоялся городской субботник в помощь проекту, в результате которого отремонтирована одна сторона площадки пруда, выполнено защитное покрытие перил лестницы, установлены пять скамеек, столик, 14 табличек с названиями родников [5, <https://admin.tomsk.ru/>]; 4) с волонтерской помощью изготовлены и установлены два пирса на УО: понтонный 3 x 25 м с выносной площадкой 6 м; пирс на металлических ножках 3 x 22 м. Оба с двойными перилами на металлических ножках; заменена одна деревянная лестница 12 м на новую на металлическом основании; на тротуаре вдоль УР установлены пять экоскамеек (помощь «Томскводоканала»); 5) проведено более 10 субботников с волонтерами; 6) на Университетской ЛРЗ проведен EcoFest с ТУСУРом – это студенческие субботники, первая за 10 лет чистка дна УО и за 30 лет – дна Политехнического пруда аквалангистами клубов «Наяда» (ТУСУР), «Афалина» (ТПУ), «Скат» (ТГУ); создана первая карта дна УО (канд. техн. н., доцентом ТУСУРа К. Бородиным); 7) впервые на трех обустроенных автором ЛРЗ (Обрубовской, Университетской, МР) три недели работала (уборка мусора) бригада городского стройотряда по заданию управления молодежной политики мэрии Томска; 8) О. Назаровой проведены ознакомительная экскурсия по Университетской и Обрубовской ЛРЗ для сотрудников мэрии (заместителя и.о. мэра К. Чубенко, начальника управления молодежной политики А. Лисицына, начальника управления культуры Д. Шостака и др.), одна экскурсия для семей томичей, одна учебная для студентов ГГФ ТГУ, две учебные для студентов ТГАСУ по МР и Университетской ЛРЗ; одна ознакомительная для сотрудников ТУСУРа; автором одна учебная для студентов-гидрогеологов ИШПР ТПУ, одна – для горожан, организована ТПУ, с записью видеоператором пресс-службы ТПУ и для соцсетей; 9) совместно с отделом водных ресурсов по Томской области Верхне-Обского БВУ Росводресурсов собраны материалы по водным объектам трех ЛРЗ (координаты, траектории водных объектов, фотографии, карты) для дальнейших работ; 10) с архитектором А. Гаммершмидт по идеям автора создан общий эскиз обустройства Университетского озера, размещен в ноябре 2021 г. на городском портале «Активный житель» [2]; 11) О.А. Назаровой разработан и выставлен инфобаннер 1,25 x 5 м «Родниковый калейдоскоп» на пересечении улиц Обруб и Загорная; 12) разработан и издан первый настольный календарь на 2021–2022 гг. «Родники Томска. К 135-летию университетского родникового водопровода»; 13) под руководством Е. Макаренко на третьем курсе ГГФ ТГУ пишется курсовая работа Е. Шкляр с главой по УР (по авторским научным материалам, инфостендам); 14) томским гидом-переводчиком Э. Михальцовой для томичей и гостей города проведено 10 экскурсий по родникам проекта; в рамках всероссийского проекта #полезнопутешествуй организован приезд волонтеров из городов России для работы на УР; с видеороликами «Сказ о томских родниках» Э. Михальцова вышла в финал фестиваля «Диво России», «Томские джунгли» – в полуфинал всероссийского конкурса АСИ «Мастера гостеприимства»; 15) опубликовано более 10 статей в СМИ [3].





Эскиз обустройства «Эльдорадо»

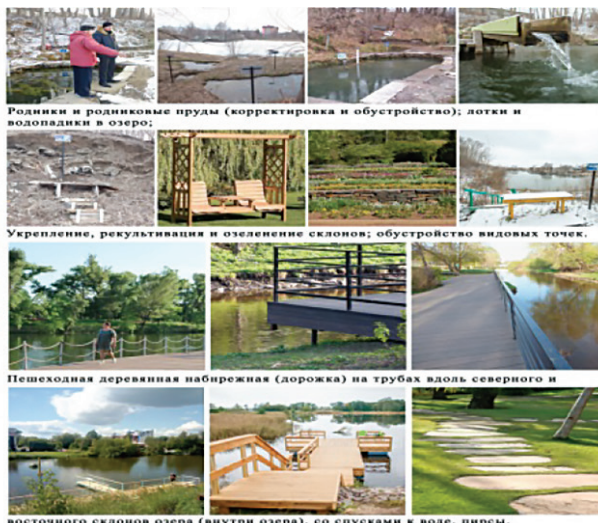
2022 год 1) ознаменован проведением 11 июня первого городского фестиваля «Родниковое озеро, или К истокам большого университета» на Университетской ЛРЗ, который посетили около 500 томичей с детьми. Это стало возможно благодаря победе в грантовом конкурсе «Газпромнефть-Востока» программы социальных инвестиций «Родные города» компании «Газпром нефть». На средства гранта на берегу УО заменена деревянная лестница (20 м) новой, на металлическом основании; построены и установлены две скамейки, 12 бетонных урн для мусора; разработан и издан комплект из 28 сувенирных открыток «Исторические университетские родники. От Ренкуля до Назарова»; снят 10-минутный видеоролик о фестивале и грантовых работах; создана страница «Родники Томска» в социальной сети «ВКонтакте» [2]; 2) проведено около 30 субботников с волонтерами-томичами, эковолонтерами КуРСОра, студентами ТУСУРа, ТПУ, СибГМУ по чистке городской несанкционированной свалки в русле ручья Флоринского и берегов УО; аквалангисты клубов ТУСУРа, ТПУ, ТГУ дважды чистили Политехнический пруд, один раз УО, отремонтировали один утиный домик на УО; в общей сложности собрано и вывезено 77 м<sup>3</sup> бытового и природного мусора, а также восемь легковых машин с мусором для переработки в «Чистый мир»; 3) в рамках авторских работ проведены ремонтные работы на созданных пирсах и тротуаре; 4) под руководством Е. Макаренко на ГГФ ТГУ защищена бакалаврская работа Е. Шкляр с главой по УР (по авторским научным материалам и инфостендам); 5) автором и студентом-архитектором ТГАСУ Р. Кукушкиным создан подробный эскиз обустройства всей экотропы вдоль исторических УР от УО до ул. А. Иванова и зарисовка обустройства склона Политехнического пруда со стороны ТЭМЗа (этот исторический Богородский косогор был природным и рекреационным украшением Томска с 1812 г.); в августе О.А. Назаровой информация по авторским идеям и эскизам обустройства УО доведена до НОЦ урбанистики и регионального развития ТГУ и декана АФ ТГАСУ В.И. Коренева в связи с инициативой ТГУ по обустройству берегов УО, с инициаторами проекта реконструкции созданной автором натурной модели обустройства; 6) начато сотрудничество с администрацией Кировского района Томска и его главой В.А. Денисович (организован вывоз мусора после субботников, впервые проведен покос травы по берегам УО, два дня работал молодежный отряд администрации); 7) 07.08.2022 информация об авторском проекте «Родники Томска» доложена и материалы проекта, эскизы обустройства трех ЛРЗ Томска переданы О.А. Назаровой лично и.о. губернатора Томской области В.В. Мазуру; 8) 11.08.2022 в

рамках обхода территорий и.о. мэра Томска М.А. Ратнера, сотрудников городской, районных администраций, ТГУ, депутатов, журналистов куратор проекта О.А. Назарова рассказала о выполненной автором работе на Университетской и Обрубовской ЛРЗ, передала материалы проекта и эскизы обустройства трех ЛРЗ Томска лично М.А. Ратнеру; 9) О.А. Назаровой проведены четыре ознакомительные экскурсии по УР для томских предпринимателей, областного депутата, сотрудников департамента экономики областной администрации и для томских пенсионеров; Э. Михальцовой – 14 экскурсий по УР, в том числе для школьников, две онлайн-экскурсии для проекта «Московское долголетие» и один онлайн по «Родниковым долинам МР» для всероссийского туристического интернет-ресурса <https://joinpro.ru>; 10) автором продолжена исследовательская и обустроительная работа в Роговской ЛРЗ МР: создано две плотинки, три пруда, один водопад, почищено русло речки Михайловки от ила на 20 м и от мусора на 30 м, создан «заячий» остров 5 x 5 м, три скамейки (уничтожены вандалами), построен тротуар 50 м, отремонтирован металлическим коробом и трубой выход Королёвского родника, с волонтерской помощью построена металлическая лестница-спуск в 30 м с двойными перилами, тремя площадками, двумя скамейками, обеспечившая доступ к родникам большинству томичей; 11) автором и студентом-архитектором ТГАСУ Р. Кукушкиным созданы три подробных эскиза обустройства родниковых долин в МР; эскизы переданы в том числе руководителю «Облкомприроды»; 12) О.А. Назаровой разработаны и выставлены два инфобаннера 1,25 x 6 м «К 190-летию юбилею П.В. Михайлова» и «К 3-й годовщине обустройства родников Михайловской рощи» на улице Обруб; совместно с неравнодушными томичами и Томским отделением «Опоры России» установлен стенд 1,25 x 2,5 м «К юбилею П.В. Михайлова» в МР; 13) в августе впервые проведено исследование рекреационной нагрузки на родниках МР и УО (в разные дни недели в течение 5–6 часов днем и вечером): ежедневно от 60 до 300 посетителей, больше половины – семьи с детьми, в определенные часы – большинство подростки и студенты; 14) замечено, что УР, УО, родники МР регулярно выбираются для проведения фотосессий, берега речки Михайловки в Роговской ЛРЗ МР вдохновляют художников и их учеников; томичка работала и два месяца проводила квесты для детей и взрослых по МР и ее родниковым долинам; 15) летом экскурсии для томичей от ТГУ по Университетской роще дополнялись прогулками по авторской экотропе и УР; 16) начато сотрудничество с администрацией Октябрьского района – проведено три субботника с бригадами школьников и трудных подростков по очистке от мусора Обрубовской ЛРЗ; 17) совместно с томскими фотографами-волонтерами создана первая выставка фотографий «Родниковый калейдоскоп» (два месяца работы в Томском областном художественном музее, полтора месяца – в ДК Академгородка, два месяца в холле областной администрации); 18) опубликовано более 20 статей в университетских, городских и федеральных СМИ, вышло четыре сюжета на ТВ («Томское время», «Вести России») и один сюжет на всероссийском интернет-канале «Татарстан. Новое время»; за 2019–2022 гг. на томском радио «Благовест» записано 16 программ о работе профессионально-волонтерско-



го проекта «Родники Томска», об истории УР; 19) в результате строительства ТДСК многоквартирного дома в Вузовском переулке в 2021–2022 гг. часть исторических УР, питавших УО, оказались отрезаны от него и сброшены в ливневую канализацию. Намечается строительство и на участке бывшего транспортного цеха ТЭМЗ (пересечение ул. Буткевской и Московского тракта), по которому также протекают исторические УР, питающие УО. Само строительство влияет на со-

стояние водоносных грунтов. Нужен анализ сложившейся ситуации и мониторинг состояния озера, так как встал вопрос гидродинамической модели жизни УО и его жизни в будущем. Первым шагом стало сотрудничество автора, клуба аквалангистов «Наяда» ТУСУРа и лаборатории «Чистая вода» ИШПР ТПУ – в сентябре взяты на анализ пробы воды из четырех родников и озера, а также три пробы донных отложений озера.



Эскиз обустройства Университетского озера

Таким образом, в трех ЛРЗ Томска автором созданы натурные (т.е. не на бумаге, а готовые к использованию, действующие), гидрогеологические, эскизно-проектные модели будущих систем, пригодные для использования в качестве базовых. Раньше эти зоны были переувлажнены, замусорены и потому труднодоступны, а теперь можно спокойно пройти и в туфлях. 10-летнее (совместно с обустройством) освоение, эксплуатация томичами, экскурсоводами, различными образовательными и спортивными организациями эскизных родниковых моделей показали их оптимальность и повышенную рекреационную, экологическую, образовательную, просветительскую и туристическую привлекательность, выветив одновременно проблему вандализма и охраны, необходимости повышения цивилизованности и архитектурной эстетичности, т.е. обустройства. Стали возможны и наступила очередь ландшафтного и архитектурного осмысления наземного облика будущих родниковых аквапарков и воплощение проектов в металле, бетоне и в зеленом оформлении (под контролем и консультациях гидрогеолога, поскольку, например, пруды Озеро-Университетского аквапарка углублять нельзя, но целесообразно расширение и углубление Политехнического пруда, прудов возле других родников Ботсадовского аквапарка).

#### Список литературы

1. Назаров А.Д. Родники г. Томска – распространение, состав, возможности использования и аквапаркового обустройства (краткие сведения по исторической части города) // Известия ТПУ. 2002. Т. 305, вып. 8. Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений. С. 236–256.
2. Назаров А.Д., Вертман Е.Г. Изучение гидродинамического и гидрогеохимического режима родников г. Томска. 2004. 201 с. URL: <https://green.tsu.ru/upload/file/biblioteka/rodniki.pdf>.
3. Назаров А.Д. Обустройство ландшафтно-родниковых зон г. Томска (урбанистический, социологический, туристический и образовательный аспекты) // Экология и управление природопользованием: сб. науч. трудов Третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 19.11. 2019. Вып. 3. Томск: Литературное бюро, 2020. С. 47–50. URL: <http://kafedra1.green.tsu.ru>.
4. Страница профессионально-волонтерского проекта «Родники Томска». URL: <https://vk.com/public211434211>; <https://act.tomsk.life/initiative>.
5. URL: <https://obzor.city>, <https://vtomske.ru>, <https://www.tomsk.ru>, <https://www.riatomsk.ru>, <http://www.krasnoeznamya.tomsk.ru>, [www.almamater.tsu.ru](http://www.almamater.tsu.ru), <https://tusun.ru/novosti-i-meropriyatiya/novosti>, <https://tsuab.ru/news>, <https://www.tvtomsk.ru>, <http://radio-blagovest.ru>, <https://admin.tomsk.ru/db3/docs/2021100715>.

## Непрерывное экологическое образование и просвещение в работе профессионально-волонтерского проекта «Родники Томска» (2013–2018)

Назарова О.А.

*Профессионально-волонтерский проект «Родники Томска», Россия, г. Томск*

В статье кратко представлен уникальный опыт экологического просвещения в масштабах города силами индивидуального профессионального проекта «серебряного» волонтера с 2013 по 2018 г.

*Ключевые слова:* ландшафтно-родниковые зоны, университетские родники, Университетское озеро, обустройство, волонтеры, экотропы, эскизы, стенды, экскурсии, СМИ, экологическое просвещение.

В рамках проекта последовательно и одновременно реализуются несколько этапов и видов деятельности: научно-исследовательская, практико-обустроительная, экологическая, учебно-образовательная, просветительская, рекламная, издательская, туристско-ориентированная.

Научное, гидрогеологическое и экологическое просвещение томичей по теме родников Томска началось в год 400-летия города (2004 г.) с созданием отчета «Изучение гидродинамического и гидрогеохимического режима родников г. Томска» [1], схематической карты ландшафтно-родниковых зон (ЛРЗ) и родников Томска, обустройством родников Божья Роса и Воскресенского и рядом публикаций в томских СМИ [2].

До этого времени с 1972 г. родники изучались в рамках учебного процесса и научной работы в Томском политехническом институте на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии геолого-разведочного факультета (ныне – Инженерная школа природных ресурсов) доцентом ТПИ гидрогеологом А.Д. Назаровым, его студентами и коллегами. В частности, университетские родники были (и до сих пор являются) одним из обязательных объектов исследований при проведении учебных геологических, гидрогеологических, экологических, гидрологических и других студенческих практик и систематического учебно-научного геомониторинга, регулярно пишутся курсовые работы, дипломы, магистерские диссертации. И в целом к 2002 г. в большей или меньшей степени была выявлена и изучена значительная часть родниковых полей города, о чем свидетельствует статья А.Д. Назарова в «Известиях ТПУ» «Родники г. Томска – распространение, состав, возможности использования и аквапаркового обустройства (краткие сведения по исторической части города)» [3].

В 2013 г. работа продолжилась в форме профессионально-волонтерского проекта «Родники Томска» доцента ТПУ, гидрогеолога, отличника разведки недр А.Д. Назарова поиском и обустройством родников по восточному берегу очищенного (2011 г.) Университетского озера (УО). Университетские родники (УР) еще в 2002 г. были выделены А.Д. Назаровым в первую, самую ценную в городе ландшафтно-родниковую зону – Университетскую, которую ему хотелось видеть визитной карточкой Томска. Термин «ландшафтно-родниковая зона» был предложен А.Д. Назаровым, который дал следующее его определение: «Ландшафтно-родниковая зона – зона концентрированного выхода подземных вод в виде родников, формирующих специфический гидрофильный ландшафт с характерным сочетанием водных ключей, ручьев и прудов (озер), рельефа, почв, растительности и

проявлением таких экзогенных геологических процессов, как суффозия и обрушение (или оползень) склонов, оврагообразование и микроселевые потоки, переувлажнение и заболачивание земель, подтопление, мерзлотное пучение и т.п. Следовательно, ландшафтно-родниковые зоны могут рассматриваться в качестве самостоятельных юридических, хозяйственных и гносеологических природных и природно-техногенных экологических и культурных объектов изучения, рационального использования, обустройства и охраны» [1, с. 32].

Выбранный для экологического просвещения томичей объект – родники – далеко не очевиден: часто это просто переувлажненная, заросшая, замусоренная местность; людям нужна ясная картина водных источников и доступ к ним. Фактически сначала нужно было создать объект просвещения – эта исследовательская и практическая деятельность осуществляется круглогодично в течение 10 лет, являясь основой для экологического просвещения и остальных видов деятельности и мероприятий.



К лету 2015 г. А.Д. Назаровым был выполнен первый, геологический, этап работ: поиски и предварительный геомониторинг родников. Кроме известных родников была выявлена серия неизвестных, составив в общей сложности 30. Родники выходят на четырех высотных уровнях. Режим родников разнообразен: одни более или менее стабильны по дебитам и солевому составу, другие же заметно реагируют на метеосостояние. Суммарный родниковый сток зоны достигает 150 м<sup>3</sup>/сут.



Названия родников Университетский, Святой Анны, Дионисия и Алексия взяты со слов старожилов; названия остальных даны по праву первенства в честь видных ученых СибБС, факультета. Второй этап включал в себя эмпирическую модельную апробацию родников и родникового стока, выбор типа каптажа и схем обустройства, выявление проблем при их освоении. Каптажем для совокупности небольших родников был выбран пруд. Работа выполнялась вручную и из подручного материала.



Пруд Дионисия на берегу Университетского озера. Ноябрь 2015 г.

Выкопано пять прудов общим объемом 50 м<sup>3</sup>, два пруда дополнены системами лотков (3 м, 8 шт.), по которым родниковая вода течет в озеро, засыпан овраг и выложена ложбина стока вблизи родников Дионисия, Алексия и Святой Анны в объеме 60 м<sup>3</sup> грунта, уложено более 100 крупных каменных блоков и 14 шт. 2,5-метровых цементных плит, построены две деревянные лестницы 35 м длиной, один пирс, четыре обзорные площадки под названиями гнезд сибирских птиц (Ласточкино, Глухаря, Сапсана, Кукушки), более 10 скамеек, создана авторская экотропа.

Маршрут экотропы пролегает дальше восточного берега озера – по лежневке вдоль исторических семи УР вплоть до спасенного в 1989–1996 гг. «парящего» Политехнического пруда (засыпан овраг в его дамбе в объеме 39 м<sup>3</sup> грунта) и Университетского родника с инфраструктурой: каскады водопадиков на выходе родника из-под земли и после пруда (13 лотков), павильон, мостик, пять лавочек, выносная площадка над прудом. Обустройство регулярно подвергалось вандализму, частично восстанавливалось силами автора и подручными материалами, а в сентябре 2015 г. столярный цех ТГУ сделал и подарил 20 лотков и доски для восстановления перил на лестницах. В декабре 2015 г. пруды Философ, Дионисий и Святой Анны на озере были реконструированы по проектам ООО «Томскводопроект», установлены три информационных стенда по авторским материалам. В томских СМИ, соцсетях и СМИ ТГУ опубликовано более пяти статей и постов [4–8]; «1-е экскурсионное бюро» летом 2014–2015 гг. проводило экскурсии по родникам Томска.



Каскад лотков из пруда Св. Анны на берегу Университетского озера. Ноябрь 2015 г.

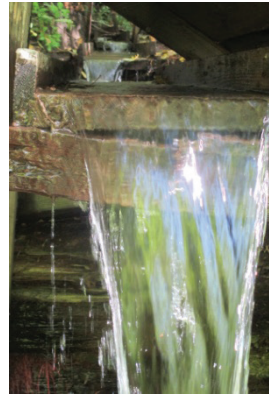




Павильон Университетского родника и мостик. А.Д. Назаров. Сентябрь 2014 г.



Павильон. Таблички. Два водопада. Июнь 2015 г.



Просматривается каскад из пяти лотков для родника



На лежневке экотропы. Август 2015 г.



Выносная площадка на Политехническом пруду. Ноябрь 2016 г.



Последствия регулярного вандализма: вырваны все лотки, сорваны таблички, разрушен мостик. Август 2015 г.



Ремонт поручней лестницы на Университетском озере. Ноябрь 2015 г.

Летом 2016 г. авторами были разработаны и установлены новые три стенда, включающие информацию по истории обустройства родников, гидрогеологическим терминам, данные анализов, географические сведения по родникам России, стихи, загадки, поговорки о воде для читателей – детей и взрослых, а также четвертый стенд, посвященный истории и обустройству УО (1,2 x 2 м). Информационные стенды – важная форма образовательной, просветительской деятельности проекта. Исследовательская и обустроительная деятель-

ность проекта продолжилась в новой зоне – Садовой ЛР мезозоне Университетской макрзоны, на пересечении проспектов Ленина и Кирова: найдены семь выходов родников и каптированы прудами, выкопано 10 прудов (по 40 см глубины) в переувлажненной ложбине стока, созданы тропинки, мостики с перилами. Восстановленный автором первичный природный вариант уголка СибБС, предложенный натурный макет использования территории не нашел отклика у руководства и был засыпан на две трети.

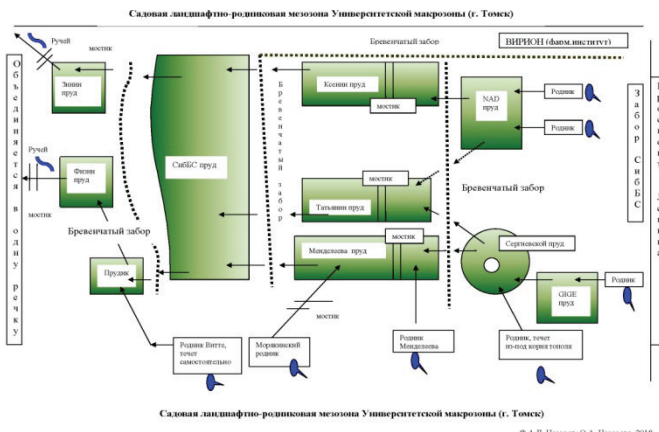
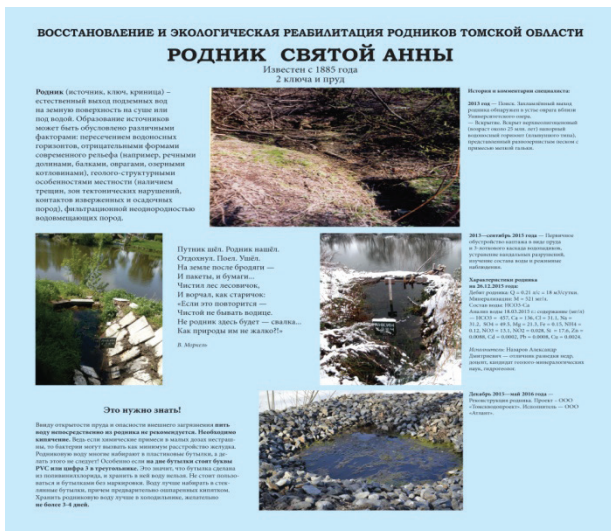


Схема Садовой ЛР мезозоны Университетской макрзоны



Садовая ЛР мезозона. Август 2016 г.





Пример структуры и содержания информационных стендов проекта «Родники Томска»



Стенд «Озеро Университетское». Первоначальное место установки. Арка от Univol ТГУ. Август 2016 г.

В 2015–2017 гг. состоялось сотрудничество проекта «Родники Томска» с волонтерским центром ТГУ UNIVOL: летом 2015 г. проведены два субботника; летом 2016–2017 гг. организованы два летних международных эколагеря, в ходе которых состоялись несколько субботников по уборке мусора и установлено три лавочки на металлической основе. Опубликовано более шести статей в федеральных, городских СМИ и соцсетях ТГУ [5–9].

В 2017–2018 гг. продолжалось авторское обустройство и восстановление (после вандалов) 1) восточного берега УО: построено еще две деревянные лестницы 35 м длиной, две обзорные площадки (Ястребиное и Утиное гнезда), один деревянный пирс 3 x 21 м, три лавочки; 2) инфраструктуры Университетского родника; 3) чистка оврага ручья родника Ботанического и создание каптажа — земляной плотины 2 м высотой, пруда и водопада через лоток; 4) чистка оврага ручья родника Флоринский и создание пруда; 5) установили два двойных стенда на берегу УО: схематическая карта ЛРЗ и родников Томска, а также по тематике гидрогеологии (в целях профориентации студентов); 6) после обращения автора в Музей истории Томска музеем создана экспозиция «Родники Томска» из четырех стендов, которую и сейчас можно увидеть в Спасской башне на Воскресенской горе. Опубликовано статьи в СМИ области и ТГУ [10, 11].

Итоги работы в 2019 г. освещены в статье А.Д. Назарова «Обустройство ландшафтно-родниковых зон г. Томска (урбанистический, социологический, туристический и образовательный аспекты)» [12].

#### Список литературы

1. Назаров А.Д., Вертман Е.Г. Изучение гидродинамического и гидрогеохимического режима родников г. Томска. 2004. 201 с. URL: <https://green.tsu.ru/upload/file/biblioteka/rodniki.pdf>.
2. Бородина И. Живая вода. Станет ли Томск городом родников? 18.06.2010. URL: <https://gorgaz.westsib.ru/2010/06/zhivaya-voda/>.

3. Назаров А.Д. Родники г. Томска — распространение, состав, возможности использования и аквапаркового обустройства (краткие сведения по исторической части города) // Известия ТГУ. 2002. Т. 305, вып. 8. Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений. С. 236–256.

4. Порозова Т. Родниковых дел мастер. 13.10.2015. URL: <http://news.vtomske.ru/details/113408.html>.

5. Родникам — новую жизнь. 21.09.2015. URL: [http://www.tsu.ru/news/rodnikam\\_novuyu\\_zhizn/](http://www.tsu.ru/news/rodnikam_novuyu_zhizn/); <https://tomsk.bezformata.com/listnews/rodnikam-novuyu-zhizn/38013754/>; <http://vk.com/univoltsu>.

6. Томские волонтеры восстановят родники Университетской рощи и Ботсада. 21.08.2015. РИА Томск. URL: <https://www.riatomsk.ru/article/20150820/tomskie-volontery-vosstanovyat-rodniki-universitetskoj-roschi-i-botsada/>.

7. Каракорскова Н. ТГУ планирует восстановить родники в Ботсаду и Университетской роще. 21.08.2015. URL: <https://news.vtomske.ru/news/110724-tgu-planiruet-vosstanovit-rodniki-v-botsadu-i-universitetskoj-roshe>.

8. Томские родники помогут очистить иностранные волонтеры. 28.06.2016. URL: <https://tomsk.bezformata.com/listnews/tomskie-rodniki-pomogut-ochistit/48133946/>.

9. Томские студенты-волонтеры благоустроили родники на Университетском озере. 15.07.2016. URL: <https://www.asi.org.ru/news/2016/07/15/tomskie-studenty-volontery-blagoustroili-rodniki-na-universitetskom-ozere/>.

10. Веснина Т.И. Один в поле воин. Александр Назаров самостоятельно обустроивает родники Томска // Красное знамя. Выходной. 02.09.2017. URL: <http://www.krasnoeznamya.tomsk.ru>.

11. Восстановление и экологическая реабилитация родников ТГУ. 13.09.2018. URL: <http://univol.tsu.ru/news/1150/>.

12. Назаров А.Д. Обустройство ландшафтно-родниковых зон г. Томска (урбанистический, социологический, туристический и образовательный аспекты) // Экология и управление природопользованием. На пути к устойчивому развитию: индикаторы устойчивого развития территорий: сб. науч. трудов Третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Томск, 19 ноября 2019 г.; под ред. А.М. Адама. Вып. 3. Томск: Литературное бюро, 2020. С. 47–50. URL: <http://kafedra1.green.tsu.ru>.

# Запасы углерода в пихтовых лесах, поврежденных уссурийским полиграфом

Никифоров А.Н.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия, Томск

Бисирова Э.М.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия, Томск; Всероссийский центр карантина растений, Томский филиал, Томск, Россия

Чернова Н.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия, Томск

В статье приводится анализ состояния пихтовых насаждений в очагах распространения уссурийского полиграфа и рассматривается его роль в изменении углеродного баланса биогеоценозов. Обследования территории проводились методом закладки и детального изучения пробных площадей. Покомпонентный анализ системы «лес – напочвенный покров – почва» позволил сформировать представления о вкладе каждого из компонентов в бюджет углерода. В результате проведенных обследований рассчитан пул долгосрочного депонирования углерода в отдельных компонентах биогеоценоза и его потенциальная эмиссия в результате процессов деструкции и минерализации органического вещества, а также при почвенном дыхании.

**Ключевые слова:** запас углерода, пихтовый лес, уссурийский полиграф, зоогенная сукцессия, состояние лесных экосистем, почва.

Важное место в формировании потоков углерода на планете занимают лесные экосистемы, выступающие активными накопителями органического углерода и отличающиеся поликомпонентностью [1].

Вспышки массового размножения насекомых-дендрофагов являются одним из основных факторов ослабления и деградации древостоев. Особенно опасны в этом отношении инвазионные виды. Экологические последствия появления агрессивных чужеродных видов насекомых-вредителей в лесных экосистемах проявляются в первую очередь в изменении жизненного состояния древесного яруса, его состава и структуры, а затем и в изменении подчиненных ярусов, в частности напочвенного покрова, а также биологического разнообразия, светового и гидротермического режимов, что влияет на скорость сукцессий. Все это в совокупности оказывает воздействие на углеродный баланс лесов.

Целью нашей работы была оценка запасов углерода в основных компонентах (древостой – напочвенный покров – почва) лесных экосистем, в разной степени поврежденных уссурийским полиграфом.

В качестве объектов исследования были выбраны коренные пихтовые леса Ларинского ландшафтного заказника (Томская область) с особым режимом пользования (ограничение рубок). Постоянные пробные площади (ППП) заложены в насаждениях, отражающих разные стадии трансформации лесных экосистем под влиянием инвайдера и отличающихся таксационными показателями (табл. 1) и жизненным состоянием древостоев. На каждой ППП проведена оценка жизненного состояния пихты сибирской (*Abies sibirica* L.) по шестибалльной шкале, разработанной с учетом взаимоотношения инвайдера и кормовой породы [2].

Таблица 1

**Исходная таксационная характеристика древостоев пихты сибирской (до воздействия уссурийского полиграфа) на пробных площадях в Ларинском заказнике**

Качественное состояние древостоев пихты (номер ППП)	Состав древостоя	Тип леса	Возрастное поколение	<i>D</i> , см	<i>H</i> , м	<i>A</i> , лет	Полнота
Сильно ослабленный (2–12)	3К6П1Е	мт		18,6	17,6	57	0,9
Отмирающий (4–12)	6П1П2К1Е+Ос	рт	I	30,2	26,5	97	1,0
			II	12,7	13,3	47	
Погибший (1–12)	8П1К1Е+С	кр		28,6	24,1	94	1,1

Примечание. П – пихта сибирская, Е – ель сибирская, К – кедр сибирский, С – сосна обыкновенная, Ос – осина; *D* – средний диаметр, *H* – средняя высота, *A* – средний возраст; типы леса: кр – крапивный, мт – мелкотравный, рт – разнотравный.

В нашей работе дана оценка преимущественно тех статей углеродного баланса, которые связаны с его депонированием, а в качестве основных компонентов лесных экосистем выбраны древесный ярус, крупные древесные остатки (КДО), включающие сухостой и валеж, травяной ярус, почва (подстилка как верхняя органо-ак-

кумулятивная толща и минеральная часть до полуметра как гумусо-аккумулятивная).

Оценка запасов углерода в древесном ярусе производилась с помощью коэффициентов конверсии, рассчитанных для основных лесообразующих пород [3, 4]. Коэффициенты конверсии для КДО по каждой из лесо-

образующих пород не разработаны, в связи с чем мы использовали ориентировочные коэффициенты, рассчитанные через регрессионный анализ с учетом их состояния (сухостой и валеж).

Оценка запасов углерода в травяном покрове, подстилке и почве проводилась по методике мокрого озонирования органического вещества [5–7] и последующего пересчета содержания углерода в его запасы. Пересчет запасов фитомассы на массу углерода осуществляли дифференцированно по видам. Запасы углерода в подстилке и почве оценивались с учетом мощности горизонтов и их объемных весов.

На каждой ППП с 2012 по 2021 г. проводился ежегодный мониторинг состояния древостоев и напочвенного покрова, в статье использованы данные мониторинга за 2021 г. При закладке ППП в 2012 г. установлен разный уровень деградации пихтового леса (от слабой до полной), в ходе мониторинга характер погодичной динамики состояния древостоев также был не одинаков и изменялся неравномерно. В целом для всех исследованных древостоев отмечалось снижение доли здоровых и жизнеспособных деревьев при увеличении доли усыхающих и сухостойных, а также накоплении валежа [8].

Наихудшее состояние было выявлено в погибшем древостое (ППП 1–12), где на момент первичного обследования было зафиксировано 99,8% общего отпада (совокупность усыхающих и сухостойных деревьев) пихты с абсолютным преобладанием старого сухостоя. В последующие годы наблюдалось постепенное, но значительное увеличение доли буреломных и ветровальных деревьев (до 56% к 2021 г.).

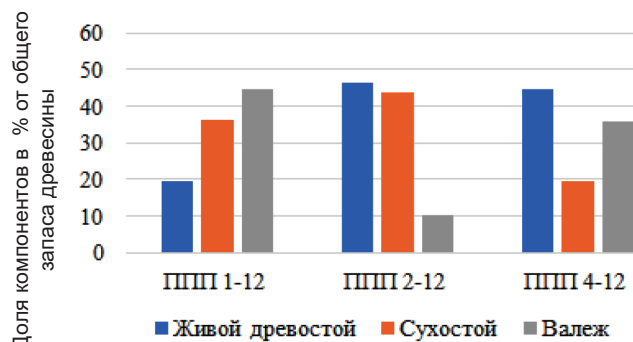
В разновозрастном отмирающем древостое (ППП 4–12) также наблюдалась вспышка массового размножения уссурийского полиграфа с максимальным значением текущего отпада (совокупность отмирающих деревьев и свежего сухостоя) в 2012–2014 гг., и к 2021 г. жизнеспособных деревьев пихты обоих возрастных поколений в совокупности насчитывалось 28,5% при доле валежа в 48,7%.

Самый молодой (ППП 2–12) древостой пихты (табл. 1) сильно ослаблен, в 2012 г. насчитывалось 18% сухостойных деревьев пихты, а к 2021 г. их доля возросла до 57,1%, в том числе 29,7% составлял валеж.

Доля сопутствующих пород на ППП (кедр, ель, сосна, осина) колеблется от 2 до 4 единиц (табл. 1) и в условиях высоких темпов деградации пихтового элемента леса играет стабилизирующую роль, в том числе для напочвенного покрова, способствуя сохранению небольших мелкотравных мозаик. Однако за период наблюдений также отмечалась частичная гибель сопутствующих пород.

Вклад КДО в общие запасы древесины на разных площадках изменяется от 53,8% в сильно ослабленном полиграфе древостое на ППП 2–12 до 80,7% – в погиб-

шем древостое ППП 1–12 (рисунок). Запас древесины живых деревьев изменяется с 46,2 до 19,3% соответственно. Среди живых деревьев основной запас вносят кедр, сосна и в небольшом количестве тонкомерная пихта, а наибольший запас углерода в живой древесине отмечен в отмирающем древостое ППП 4–12, где в структуре древостоя преобладают кедр и ель.



Соотношение запасов живой древесины, валежной и сухостой в пихтарниках, поврежденных уссурийским полиграфом

Деградация древостоев под влиянием полиграфа (снижение сомкнутости крон материнского полога пихтовых древостоев или их распад) приводит к перестройке подчиненных ярусов растительных сообществ, в первую очередь травяного покрова.

До начала инвазии на территории Ларинского ландшафтного заказника были преимущественно мелкотравные и мелкотравно-зеленомошные пихтовые леса. К настоящему времени рыхлый травяной покров с абсолютным господством кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella* L.) сохранился фрагментарно, только в сильно ослабленных пихтовых древостоях (ППП 2–12). Но и здесь мелкотравные синузиды с кислицей уже перемежаются с разнотравными, образуя двухъярусный травяной покров со снытью и звездчаткой, приуроченными к участкам с поврежденным древостоем. В мелкотравной синузиде (табл. 2) отмечается минимальный запас углерода ( $0,05 \text{ т га}^{-1}$ ), в то время как в разнотравной он возрастает в пять раз, составляя  $0,25 \text{ т га}^{-1}$ . В насаждениях с отмирающим и погибшим древостоем (ППП 4–12 и 1–12) преобладает крапивная синузид, а запас углерода в них варьирует от  $0,73$  до  $0,87 \text{ т га}^{-1}$ , что превышает запасы углерода в фоновой мелкотравной синузиде примерно в 15 раз.

В подстилочных горизонтах исследованных лесов сосредоточены огромные запасы органического вещества. Особенностью трансформации верхних органических горизонтов почв исследованных ППП является последовательное увеличение мощности и запасов подстилки от фоновой, ненарушенной лесной экосистемы к стадии погибшего древостоя.

Таблица 2

Запасы углерода в исследованных компонентах лесов,  $\text{т га}^{-1}$

Степень трансформации (номер ППП)	ДЯ	КДО	ТЯ	ПС	П
Отмирающий древостой (4–12)	107,80	83,70	0,73	45,60	59,20
Сильно ослабленный древостой (2–12)	89,50	81,00	0,15	76,90	45,70
Погибший древостой (1–12)	37,30	103,80	0,87	111,30	45,90

Примечание. ДЯ – древесный ярус; КДО – крупные древесные остатки; ТЯ – травяной ярус; ПС – подстилка; П – почва.



Мощность подстилки в данном случае может варьировать в широком диапазоне, достигая 10 см и более.

Наибольший запас углерода в подстилке насаждений с погибшим древостоем (ППП 1–12) связан как с привноса на поверхность почв грубого органического вещества, связанного с деградацией древостоя, так и с увеличением запасов фитомассы при ее выходе из-под полога леса, что обусловлено трансформацией напочвенного покрова.

Запасы углерода в минеральных горизонтах почв исследуемых участков не имеют существенных различий (табл. 2) и не указывают прямо на процессы трансформации насаждений. Такие значения могут быть связаны с сезонным характером аккумуляции гумусовых веществ, а также с формированием лабильных фракций гумуса, активно мигрирующих за пределы почвенного профиля с почвенным раствором. Несколько больший запас углерода в минеральных горизонтах насаждений с отмирающим древостоем (ППП 4–12) при меньшем запасе углерода в подстилке может быть связан с увеличением скорости разложения мортмассы.

Суммарный пул углерода на каждом из участков пихтового леса, подвергшегося зоогенной трансформации инвайдером, характеризуется близкими величинами: отмирающий древостой (ППП 4–12) – 294,0 тС га<sup>-1</sup>, сильно ослабленный древостой (ППП 2–12) – 293,3 тС га<sup>-1</sup>, погибший древостой (ППП 1–12) – 299,2 тС га<sup>-1</sup>, в то время как на долю стока углерода в живой древесине в этом же ряду приходится 37, 31 и 13% соответственно.

Таким образом, совокупные запасы углерода в основных компонентах лесных экосистем на разных стадиях повреждения уссурийским полиграфом не имеют существенных отличий. Наиболее заметны изменения в отдельных компонентах биогеоценозов. Изменение структуры древостоя и его жизненного состояния приводит к увеличению запасов углерода в КДО, а затем и в

подстилке. Вместе с тем происходит частичная компенсация и депонирование углерода вследствие увеличения запасов фитомассы.

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

#### Список литературы

1. Лукина Н.В., Исаев А.С., Крышень А.М. и др. Приоритетные направления развития лесной науки как основы устройства управления лесами // Лесоведение. 2015. № 4. С. 243–254.
2. Технологии мониторинга пихтовых лесов в зоне инвазии уссурийского полиграфа в Сибири / С.А. Кривец, Э.М. Бисирова, Е.С. Волкова и др. Томск: УМИУМ, 2018. 74 с.
3. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Четных О.В. Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу основных лесообразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. 2003. № 1 (32). С. 119–127.
4. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-обменным коэффициентам // Лесоведение. 1998. № 3. С. 84–93.
5. Кононова М.М. Органическое вещество почв. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. 316 с.
6. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1980. 222 с.
7. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
8. Бисирова Э.М., Кривец С.А. Динамика состояния древостоев пихты сибирской, поврежденных уссурийским полиграфом *Polygraphus proximus* Blandf. в Томской области // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 44. С. 118–140. DOI 10.17223/19988591/44/7

## Оценка эффективности реализации дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы естественно-научной направленности «В союзе с природой»

**Никифорова Н.Н.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Лисина Н.Г.**

*Областной центр дополнительного образования, Россия, г. Томск*

**Лукьянова М.Г.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

В статье рассмотрен вопрос оценки эффективности дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы естественно-научной направленности «В союзе с природой».

**Ключевые слова:** непрерывное экологическое образование, экологическая образовательная программа, дошкольное экологическое воспитание, ОГБОУДО «Областной центр дополнительного образования».

Актуальность проблемы определения подходов оценки эффективности реализации экологических образовательных программ в системе дополнительного образования детей обусловлена необходимостью по-

вышения его качества в условиях модернизации современной системы российского образования. Оценка эффективности образовательной программы является важным этапом процесса обучения детей и способству-



ет выяснению положительных сторон и недостатков программы.

Анализируя работы по данной тематике, можно заметить, что вопрос оценки эффективности сложен и неоднозначен и что он тесно связан с такими понятиями, как «результативность образовательного процесса» и «результативность педагогической деятельности». Стоит четко понимать различия в формулировках понятий «эффективность» и «результативность». Результативность отражает степень достижения запланированного результата, т.е. насколько поставленные цели были достигнуты по окончании работы по образовательной программе. Эффективность же показывает целесообразность самой образовательной программы.

На данный момент не существует какого-либо общего, заранее прописанного подхода к оценке эффективности образовательных программ, что создает дополнительные трудности.

Вопрос оценки эффективности реализации экологической образовательной программы в системе дополнительного образования детей рассматривается на примере дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы «В союзе с природой». Программа реализуется на базе Областного центра дополнительного образования Томской области и является стартовым уровнем программы естественно-научной направленности. На данный момент по программе «В союзе с природой» обучаются две учебные группы по 15 человек и целью программы является формирование экологической культуры и навыков исследовательской деятельности у детей дошкольного возраста.

Программа рассчитана на год и предназначена для детей в возрасте 5–7 лет. Основной упор в программе делается на наблюдение, эксперимент, игры и творческую деятельность. Именно такой подход дает ребенку возможность самостоятельно обнаруживать связи и закономерности в мире природы. Теоретические занятия осуществляются главным образом как обобщающие лекции. На них дети узнают новую информацию, которая далее будет закрепляться в ходе практических занятий. Таким образом, программа включает в себя теоретическую и практическую подготовки дошкольника в рамках экологического образования.

Методом оценки эффективности программы «В союзе с природой» выбрана балльно-рейтинговая система, основанная на регулярном контроле и оценке образовательной деятельности каждого обучающегося. Она предполагает выставление баллов за определенные успехи ребенка в процессе обучения. Эффективность определяется тем, насколько ребенок освоил саму программу, участием в профильных мероприятиях муниципального, регионального, всероссийского и международного уровней и получением призового места в данных мероприятиях.

Уровень усвоения материала определяется с помощью индивидуальных творческих заданий, бесед, викторин и игр. Обучающиеся выполняют задания по буклету «Плоды деревьев и кустарников» и практические

задания по таким тематикам, как «Времена года» и «Как животные готовятся к зиме». На занятиях дети изготавливают сюжетные поделки из подручных материалов (например, из сухих листьев и плодов), создают рисунки или листовки, соответствующие теме, проведенной ранее беседы, готовят совместно с родителями творческие проекты по теме «Почва как среда обитания» и представляют их уже на занятии. Беседы по основным тематикам программы: «Времена года. Фенологические изменения в природе», «Разнообразие мира растений и животных», «Биотические связи», «Первоцветы», «Человек и природа» – ведутся как в классе, так на занятиях в виде экскурсий.

Подведение итогов программы по балльно-рейтинговой системе оценивания проходит в конце учебного года и служит стимулом для дальнейшего повышения качества и результативности деятельности педагогов и обучающихся. Получение результатов рейтинговой оценки позволит каждому педагогу объективно оценить свою работу, определить узкие места и недоработки по каким-либо направлениям деятельности и с учетом этого правильно спланировать работу на следующий период.

Балльно-рейтинговая система позволяет рассмотреть и оценить все основные показатели, отражающие достижения каждого ребенка, обучающегося по программе, что является преимуществом данной системы. К основным показателям относятся теоретические знания и владение специальной терминологией, а также практические и творческие умения, предусмотренные программой.

В заключение следует заметить, что при оценке эффективности образовательных программ большой трудностью является отсутствие четких критериев определения эффективности и недостаток определенных схем действий, которые дадут полную картинку эффективности программы.

#### Список литературы

1. Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа естественно-научной направленности «В союзе с природой» / Н.Г. Лисина, Е.В. Ширшина, Н.Н. Никифорова. Томск, 2022. 36 с.
2. Панаева С.Ю. Мониторинг реализации образовательной программы образовательного учреждения: комплекс критериев и показателей качества образования. URL: <https://urok.1sept.ru/articles/515622>.
3. Современные подходы к определению критериев эффективности реализации образовательных программ. URL: [https://studopedia.ru/9\\_163685\\_sovremennie-podhodi-k-opredeleniyu-kriteriev-effektivnosti-realizatsii-obrazovatelnih-programm.html](https://studopedia.ru/9_163685_sovremennie-podhodi-k-opredeleniyu-kriteriev-effektivnosti-realizatsii-obrazovatelnih-programm.html).
4. Оценка эффективности реализации программ дополнительного образования детей: компетентностный подход. Методические рекомендации Н.Ф. Радионовой и к.п.н. М.Р. Катуновой. СПб: Изд-во СПбГДТУ, 2005 64 с.
5. Гусева А.И., Весна Е.Б., Правник Д.Ю. Оценка результативности и эффективности сетевых образовательных программ // Научное обозрение. Педагогические науки. 2014. № 1. С. 72–73.

## Результаты применения международной базы GBIF для оценки биоразнообразия на примере Московского региона

Новиков А.С.

Институт географии РАН, Россия, г. Москва

Разнообразие живых организмов с древних времен является предметом многих научных изысканий. Это направление находится в тесном единстве со многими направлениями исследований: биологическими, географическими, социальными и техническими. Задачи биоразнообразия сводятся к изучению существующего на Земле многообразия живых организмов, их роли в природе и практической деятельности человека; формированию знаний в области сохранения биологического разнообразия с учетом основных стратегий его восстановления. Зачастую оценка биоразнообразия входит в задачи выполнения природоохранных программ и проектов.

В данной статье рассматривается возможность применения международной базы GBIF для оценки биоразнообразия.

*Ключевые слова:* биоразнообразие, GBIF, Московская область, индикаторные виды.

Потребность в открытой информации все более осознается мировым научным сообществом. Информация из открытых источников позволяет существенно повысить качество исследований за счет формирования метаданных на обширных географических пространствах [1]. Полевые методы работы не всегда позволяют целиком охватить регион исследования, в результате собранных в ходе полевых исследований данных не всегда хватает для репрезентативной выборки. Одним из таких ресурсов, позволяющих оптимизировать получение новых данных, является глобальная информационная система по биоразнообразию – Global Biodiversity Information Facility (GBIF).

Главная цель ресурса GBIF – сбор научной информации о мировом биоразнообразии и распространение ее через Интернет. Сайт позволяет обеспечить открытый доступ к данным о распространении видов живых организмов на Земле. Среди активных стран-участниц стоит особо отметить государства Северной и Южной Америки, а также Европы. В России большинство ресурсов, посвященных биоразнообразию, до настоящего времени остаются закрытыми [2]. GBIF была создана в 2001 г. на основе межправительственных соглашений как научная инфраструктура, обобщающая данные биологических коллекций. Данные, опубликованные через базу GBIF, доступны для просмотра и скачивания любому зарегистрированному пользователю.

Цель работы – изучение ботанико-географических особенностей организации лесного покрова на основе базы GBIF на примере Московского региона. Задачи: 1) выявление возможностей представленной в базе информации о распределении видов растений; 2) картографирование пространственного распределения индикаторных видов.

Обработка информации проводилась в программах Excel, GBIF и QGIS.

Московская область имеет достаточно разнообразный рельеф, приуроченный к семи физико-географическим провинциям, с высотами от 120 до 310 м. Большую часть территории занимают хвойно-широколиственные леса, которые на юге переходят в широколиственные, и совсем на юге области зона лесов сменяется лесостепной [3]. Выбор региона исследований определялся его хорошей изученностью.

Лесной покров Московского региона сильно трансформирован. Поскольку для Московской области ха-

рактерно сосредоточение населения и различных производств, территория издавна испытывала на себе влияние антропогенных воздействий. Влияние на коренные массивы оказало традиционное природопользование. В частности, подсечно-огневое и переложное земледелие [4]. Масштабные исторические события, например Великая Отечественная война, не могли не найти свое отражение в пространственной организации растительного покрова. К современным видам антропогенного вмешательства в Московской области, негативно влияющим на растительность, относят коттеджное строительство, дорожную инфраструктуру, рекреацию. Следовательно, растительность Московской области нуждается в особой охране, мониторинге и инвентаризации. Лесоводство в Московской области началось еще в начале XIX в., но наибольшее развитие получило во второй половине XX в., что было вызвано необходимостью решать проблему нехватки древесины после войны. В 1940-х гг. наибольшее распространение получили сосновые насаждения, но начиная с 1960-х произошел переход к еловым насаждениям, которые были более устойчивы к различным болезням и вредителям [4].

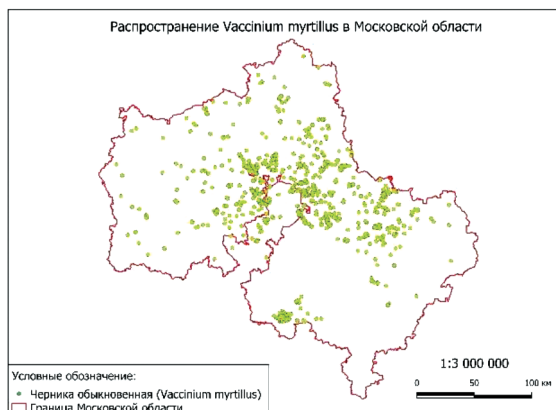
Для оценки ботанико-географических особенностей территории нами были выделены индикаторные виды, реагирующие на изменения окружающих условий вследствие трансформации зональных типов лесных сообществ. К таким видам мы отнесли *Pleurozium schreberi*, *Vaccinium myrtillus*, *Hylocomium splendens*, *Frangula alnus* (B2), *Orthilia secunda*, *Luzula pilosa* (бореальная группа) и *Galeobdolon luteum*, *Aegopodium podagraria*, *Carex pilosa*, *Ranunculus cassubicus*, *Corylus avellana* (B2), *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea* (неморальная группа).

Индикаторная значимость выделенных видов оценена по методу *IndVal* (Dufrene, Legendre, 1997), виды со значением *IndVal* > 20% рассматривали как дифференцирующие [5].

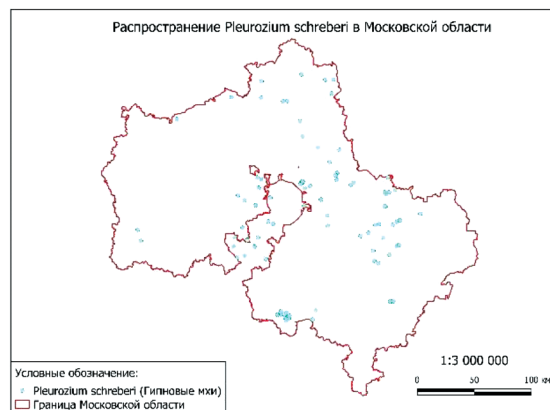
При помощи базы GBIF были получены данные пространственного размещения некоторых видов растений бореальных и неморальной группы (рисунок).

Исходя из составленных карт, можно сделать следующие выводы:

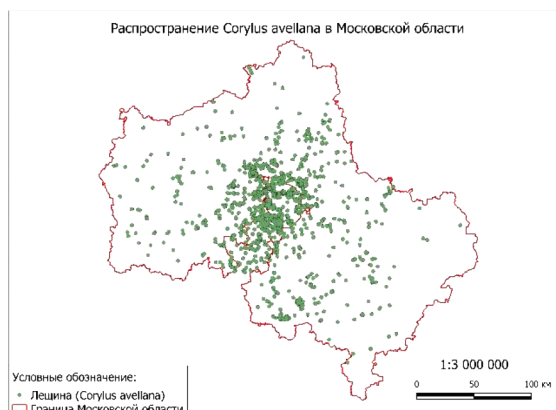
1. *Vaccinium myrtillus* обнаружен преимущественно на севере и северо-востоке области, поскольку данный вид произрастает в таких типах леса, как ельник черничник, сосняк черничник, березняк черничник, которые наиболее распространены в подзоне южной тайги [6].



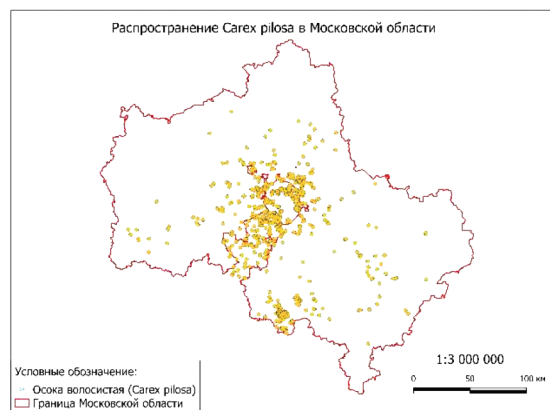
а



б



в



г

Распространение отдельных индикаторных видов на территории Московского региона: а – *Vaccinium myrtillus*; б – *Pleurozium schreberi*; в – *Corylus avellana*; г – *Carex pilosa*

2. *Pleurozium schreberi* получил распространение в восточной и северо-восточной части области.

3. *Corylus avellana* также обнаружена по всей изучаемой территории, но наибольшая доля всех находок приходится на окрестности г. Москвы.

4. *Carex pilosa* распространена практически по всей области, однако наибольшая концентрация наблюдается вблизи г. Москвы.

*Vaccinium myrtillus*, *Pleurozium schreberi* приурочены к Клинско-Дмитровской и Мещёрской физико-географической провинции. *Corylus avellana*, *Carex pilosa* обнаружены в пределах Москворецко-Окской и Мещёрской физико-географической провинции. В целом мы видим, что пространственное распределение бореальных (*Vaccinium myrtillus*, *Pleurozium schreberi*) и неморальных видов (*Corylus avellana*, *Carex pilosa*) отражает закономерности распределения зональных типов сообществ.

Стоит отметить, что составление картографических моделей основных эдификаторов лесных видов уже было проведено ранее [7]. По материалам полевых исследований с использованием спутниковых данных (Landsat) составлена карта характерного представителя кустарничкового яруса – черники обыкновенной. По этой карте отчетливо прослеживается ее приуроченность к более бореальному типу лесов, произрастающих на Клинско-Дмитровской гряде и Верхневолжской низменности. В этих физико-географических провинциях показатели обилия достигают 70%. В южных, юго-восточных частях области черника получила распространение

локально: во влажных условиях и в ельниках, которые в данной части территории являются искусственно высаженными. В целом показатели распространения в этих районах низкие и составляют менее 7%. Сравнивая нашу карту (рисунок) можно отметить, что обилие черники обыкновенной на Клинско-Дмитровской гряде невелико. Эти и иные несовпадения объясняются недостаточной представительностью данных, полученных из базы GBIF.

Таким образом, база GBIF имеет широкие возможности для проведения исследований, связанных с био-разнообразием флоры и фауны на значительных географических пространствах. Однако стоит отметить их определенную субъективность, так как основные находки приурочены к населенным пунктам, поэтому данный ресурс следует отнести к вспомогательным инструментам, который позволит дополнять проведенные полевые исследования.

\*Работа выполнена по теме Госзадания ИГ РАН № 0148-2019-0007 в части изучения состава лесных сообществ и гранта РФФИ № 18-17-00129 в части пространственного анализа разнообразия лесов.

#### Список литературы

1. Penev L., Mietchen D., Chavan V., Hagedorn G., Smith V., Shotton D., Tuama É.Ó., Senderov V., Georgiev T., Stoev P., Groom Q., Remsen D., Edmunds S. Strategies and guidelines for scholarly publishing of biodiversity data // Research Ideas and Outcomes. 2017. Vol. 3. P. e12431. <https://doi.org/10.3897/rio.3.e12431>

2. Иванова Н.В., Шашков М.П. Перспективы создания открытого всероссийского информационного ресурса по биоразнообразию на основе международного стандарта GBIF // Математическая биология и биоинформатика, 2014. Т. 9, вып. 2. С. 396–405. doi: 10.17537/2014.9.396

3. Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Калинина В.Р., Мамай И.И., Низовцев В.А., Цесельчук Ю.Н. Ландшафты МО и их современное состояние. Смоленск: СГУ, 1997. 296 с.

4. Chernenkova T., Kotlov I., Belyaeva N., Suslova E., Morozova O., Pesterova O., Arkhipova M., Role of Silviculture in the Formation of Norway Spruce Forests along the Southern Edge of Their Range in the Central Russian Plain // Forests. 2020. Vol. 11 (7). P. 778.

5. Dufrene M., Legendre P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach // Ecological Monographs. 1997. Vol. 67. P. 345–366.

6. Шабарова С.И. Ценоотические особенности черники и ее роль в повышении устойчивости сосняков Полесья УССР // Дикорастущие ягодные растения СССР: тезисы докладов на Всесоюзном совещании. Изучение, заготовка и охрана лесных дикорастущих ягодников. Петрозаводск, 1980. С. 155–156.

7. Черненькова Т.В., Пузаченко М.Ю., Беляева Н.Г., Морозова О.В. Оценка состава и структуры лесного покрова Московской области по наземным и дистанционным данным // Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 4. С. 112–124.

## Актуальные направления по обращению с отходами производства и потребления на объекте ОНВ первой категории ООО «Томскнефтехим»

Орлов А.Д.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Яблочкина Н.Л.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

В статье приводится характеристика основных видов отходов, образуемых на ООО «Томскнефтехим», их принадлежность к определенным классам опасности; выявлены тенденции изменения количества отходов разных классов опасности в результате технического перевооружения производства.

*Ключевые слова:* полимеры, отходы, классы опасности, утилизация, обезвреживание, захоронение.

ООО «Томскнефтехим» является дочерним предприятием холдинга «СИБУР». Предприятие основано на базе различных томских предприятий, таких как ЗАО «Метанол», ОАО «Бензол» и других, среди которых наиболее крупным по производству является Томский нефтехимический завод. В организации работает порядка 1 500 человек. «Томскнефтехим» является одним из крупнейших производителей полимеров, а также различных фракционных ароматических углеводородов [1].

На территории предприятия, которая занимает 3,7 км<sup>2</sup>, образуется 76 видов отходов с I по V класс опасности [2]. Основными источниками образования отходов являются цеха по производству этилена, пропилена и их полимеров. На территории находится отходоаккумулятор, который занимает площадь 0,1 км<sup>2</sup>.

По данным 2020 г., на предприятии образовалось 4 627 тонн отходов [2], среди которых отходы III класса опасности составляют практически половину всех образующихся отходов. Это связано с тем, что к отходам

данного класса относятся различные синтетические и индустриальные масла, которые нуждаются в постоянной замене, и шламы от зачистки резервуаров. Также за 2020 г. отходы производства составляют большую часть от общей массы по сравнению с отходами потребления, что отражает специфику данной отрасли.

Предприятие сотрудничает со множеством организаций, которым транспортируются все образующиеся отходы для осуществления необходимых видов деятельности. Для отходов «Томскнефтехима» актуальны следующие виды обращения: утилизация, обезвреживание и захоронение. За 2020 г. утилизировано более 70% от общей массы всех образующихся отходов.

Снижение общей массы образующихся отходов, в том числе I и II класса опасности, связано с внедрением наилучших доступных технологий (рис. 1 и 2). Осуществлен переход от использования ртутных и ртутно-кварцевых ламп к светодиодным, которые относятся к IV классу опасности.

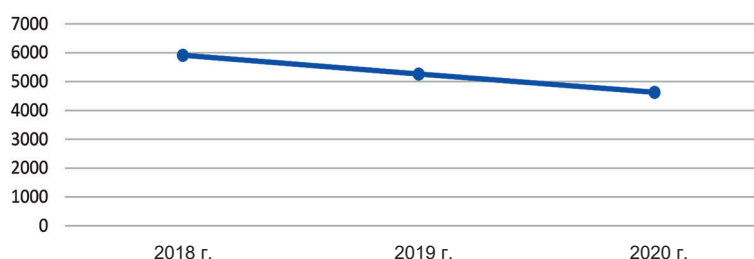


Рис. 1. Общая масса образующихся отходов в год, т



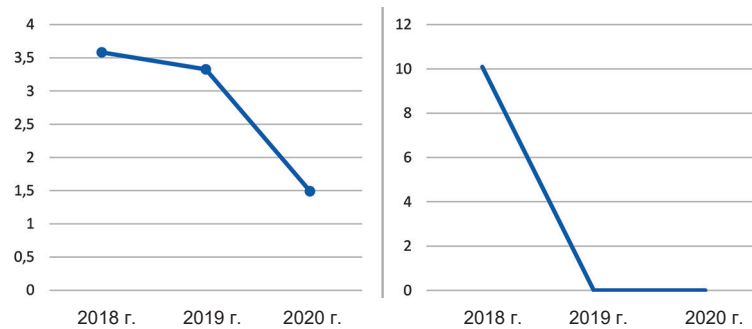


Рис. 2. Общая масса образующихся отходов I и II класса опасности в год, т

Предприятие отказалось от использования собственного автотранспорта и перешло к аренде необходимой техники, что привело к значительному снижению образования отходов II класса опасности – отработанных кислотно-свинцовых аккумуляторов. Увеличение общей массы отходов III класса опасности связано с изменением технологии откачки шламов из резервуаров, а именно обводнение отхода для удобного извлечения его из емкостей и трубопроводов.

Предприятие поставило перед собой цель достигнуть показатель до 85% утилизируемых отходов от общей мас-

сы. Также предприятие разрабатывает план, согласно которому будут решены наиболее важные проблемы в области обращения с отходами, а именно обработка отходов с целью более безопасного транспортирования и утилизации отходов (например, снижение влажности и т.п.).

#### Список литературы

1. Официальный сайт ООО «Томскнефтехим». URL: <https://www.sibur.ru/TomskNeftehim/>.
2. Данные учета в области обращения с отходами ООО «Томскнефтехим» за 2020 г.

## Оптимизация системы управления в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами на примере муниципальных образований Томского района Томской области

**Поздняков В.Л.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Адам А.М.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Ковалев П.П.**

*Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, Россия, г. Томск*

В статье приводится нормативно-эколого-экономический анализ системы по обращению с твердыми коммунальными отходами, идентификация проблем действующей системы и разработка предложений для улучшения эффективности ее функционирования.

*Ключевые слова:* твердые коммунальные отходы, норматив накопления, морфологический состав, территориальная схема.

В настоящее время на территории Томской области эффективность функционирования системы по обращению с твердыми коммунальными отходами не достигает высокого уровня. Основным документом стратегического планирования для достижения комплексного обращения с твердыми коммунальными отходами является территориальная схема, утвержденная приказом Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области от 15.04.2021 № 67 «Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, Томской области». Территориальная схема предусматривает комплексную обработку и утилизацию отходов,

что обеспечивает минимальный объем их захоронения, применение методов экономического регулирования деятельности в области обращения с отходами, направленных на уменьшение количества образующихся отходов и вовлечение их в хозяйственных оборот.

Оптимизация началась введением в действие Федерального закона от 29.12.2014 № 458, который направлен на установление правовых основ создания эффективной системы обращения с отходами. Изменения, внесенные Федеральным законом от 31.12.2017 № 503, повсеместно внесли уточнения в Федеральный закон от 24.06.1998 № 89 «Об отходах производства и потребления». Закон предполагает разграничение полномочий в

сфере обращения с твердыми коммунальными отходами, органы местного самоуправления создают и содержат места накопления твердых коммунальных отходов. Исполнительные органы власти организуют систему в целом, региональный оператор исполняет те требования, которые ему предъявляет территориальная схема обращения с твердыми коммунальными отходами, так как они в соответствии со ст. 24.6 № 89 ФЗ обязаны ее соблюдать.

Однако эффективность реализации достижения осложняет Постановление главы администрации (губернатора) Томской области от 16.06.1999 № 227 «Порядок обустройства санкционированных объектов размещения твердых бытовых отходов». Согласно постановлению, припоселковые места размещения отходов (свалки) разрешалось обустроить с минимальными природоохранными требованиями. В последующем прокуратурой данное постановление признано недействительным. Автоматически данные места размещения отходов перешли в ряд несанкционированных. А средств местного бюджета для быстрой полномасштабной ликвидации несанкционированных мест размещения недостаточно. К тому же появляются новые места несанкционированного размещения отходов. Таким образом, по состоянию на 2021 г. на территории Томского района площадь несанкционированных мест размещения отходов составляет 29 904 м<sup>2</sup> объемом примерно 77 776 м<sup>3</sup> и общей массой 10 259,43 т (с учетом крупногабаритных отходов и плотностью твердых коммунальных отходов 131,91). По методике от 08.07.2010 № 238 (формула 1), утвержденной приказом Минприроды России, произведен расчет размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, в стоимостной форме от «несанкционированных мест размещения отходов», и он составил 41 653 тыс. рублей.

Утвержденный норматив накопления твердых коммунальных отходов рассчитан, утвержден и составляет 1,56 м<sup>3</sup> для Томского района в целом, что не соответствует действительности. Норматив накопления должен быть рассчитан и утвержден для каждого сельского поселения отдельно. Расчет нормативов проведен согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 4 апреля 2016 г. № 269 «Об определении нормативов накопления твердых коммунальных отходов» [1]. В соответствии с произведенными расчетами годовой норматив накопления твердых коммунальных отходов в Спасском сельском поселении на одного проживающего в индивидуальном жилом доме составляет 1,66 м<sup>3</sup>, в Зоркальцевском сельском поселении – 2,87 м<sup>3</sup>, в Малиновском сельском поселении – 2,45 м<sup>3</sup>, в Богашевском сельском поселении – 2,28 м<sup>3</sup>, в Заречном сельском поселении – 2,40 м<sup>3</sup>, что не соответствует нормативам накопления твердых коммунальных отходов, указанным в Территориальной схеме.

Определение морфологического состава твердых коммунальных отходов позволит повысить эколого-экономический механизм в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами. С целью изучения компонентного состава твердых коммунальных отходов, а также определения класса опасности твердых коммунальных отходов в Томском районе произведен отбор проб отходов. Морфологический состав твердых коммунальных отходов определен в аккредитованной лаборатории

филиала «ЦПАТИ по Томской области» ФГБУ «ЦПАТИ по СФО», а также гравиметрическим методом согласно ПНД Ф 16.3.55-08 автором работы. В результате анализа установлено, что твердые коммунальные отходы в сельских поселениях имеют следующий состав: полимерный материал (40%), бумага, картон (10%), стекло (7%), текстиль (12%), металл (11%), органические вещества (6%), древесина (3%), кожа и резина (3%), строительные отходы и пр. материал (8%). Отличительной чертой, стоит отметить, является наличие в составе твердых коммунальных отходов сельских поселений органических остатков. Это преобладающим образом сгнившие овощи: картофель, капуста, свекла.

В ходе работы с несанкционированных мест размещения твердых коммунальных отходов были отобраны пробы отходов и исследованы методом биотестирования на отнесение отходов к конкретному классу опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду. Выявлено, что исследованная проба твердых коммунальных отходов относится к отходу IV класса опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду. При расчете извлекаемых полезных компонентов при селективном сборе и сборе в один контейнер и последующей сортировке на пункте накопления путем расчета процента отбора вторичного сырья установлено, что селективный сбор увеличивает процент полезных извлекаемых компонентов в 2 раза. Процент отбора вторичного сырья в таком случае составит 22,3% [2]. Процент отбора вторичного сырья определяется как отношение суммарной массы компонентов твердых коммунальных отходов, представляющих ценность как вторичное сырье, к общей массе отходов.

Результаты биотестирования компонентов твердых коммунальных отходов, таких как резина и стекло, показали, что острого токсикологического воздействия не наблюдается. Для того чтобы присвоить твердым коммунальным отходам V класс опасности, нужно внедрить селективный сбор [3]. Чтобы организовать селективный сбор, также потребуется установить отдельный контейнер для органических остатков. В лучшем случае установить несколько контейнеров на контейнерной площадке для компонентов твердых коммунальных отходов, которые можно подвергнуть переработке. Это позволит снизить административные барьеры в области обращения с твердыми коммунальными отходами. Отходы V класса опасности не подлежат лицензированию, не требуют наличия паспортизации и сертификатов сотрудников в области обращения с твердыми коммунальными отходами.

В ходе исследования установлено, что в результате экономического регулирования природоохранной деятельности в бюджеты всех уровней поступают денежные средства, такие как плата за негативное воздействие на окружающую среду (30% от общего поступления в бюджет), поступления от взыскания штрафных санкций и ущербов (45%), связанные с отходами производства и потребления, которые не имеют целевого назначения. В 2021 г. было начислено платы за негативное воздействие на окружающую среду 83,7 млн рублей, при этом 25,1 млн рублей за размещение отходов, Управлением Росприроднадзора по Томской области взыскано штрафов на сумму 13 млн рублей, предъявлено исков на возмещение ущербов на 28 млн рублей. Создание

муниципальных экологических фондов позволит исправить проблемы. Доля поступления финансовых средств будет направлена на ликвидацию многолетних стихийных свалок, несанкционированных мест размещения и на улучшение системы в области обращения с твердыми коммунальными отходами в целом.

#### Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 04.04.2016 № 269 «Об определении нормативов накопления твердых коммунальных отходов» (вместе с Правилами опре-

деления нормативов накопления твердых коммунальных отходов).

2. Манохин В.Я., Манохин М.В., Иванова И.А. Пути решения проблемы обращения с ТБО // Актуальные вопросы по экологии: сб. тр. участников VIII Межрегиональной научно-практической конференции (Воронеж, 2–4 июля 2012 г.). Воронеж, 2012. С. 191–194.

3. Ильиных Г.В. Процент отбора вторичного сырья при сортировке твердых бытовых отходов: расчетный и фактический // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2014. № 4. С. 115–125.

## Опыт непрерывного экологического образования в рамках получения специальности «Торфяные ресурсы и торфопользование» в ТГПУ

**Порохина Е.В.**

*Томский государственный педагогический университет, Россия, г. Томск*

**Инишева Л.И.**

*Томский государственный педагогический университет, Россия, г. Томск*

В работе приводится опыт по организации непрерывного экологического образования студентов ТГПУ в рамках получения специальности «торфяные ресурсы и торфопользование», экологического просвещения разных слоев населения.

*Ключевые слова:* экологическое образование, просвещение, музей торфа.

В настоящее время в обществе все более остро проявляется потребность в экологически ориентированном образовании, в центре которого – воспитание подрастающего поколения, которое обладает экологической культурой взаимоотношений с окружающим миром.

На долю Сибири приходится около 57% территории и 16,3% населения России. Данная территория является уникальной в связи с преобладанием крупных торфяно-болотных систем, которые сформировались в результате слияния значительного числа болотных массивов. И Сибирь по праву можно назвать мировой столицей болот. В связи с этим сибиряки и поступающие в сибирские вузы абитуриенты должны быть ознакомлены с экологическими особенностями территории Сибири. На базе Томского государственного педагогического университета (ТГПУ) была открыта специализация «торфяные ресурсы и торфопользование». Кроме того, были разработаны ФГОСы по направлению подготовки «Торфведение» (квалификация (степень) «бакалавр» и квалификация (степень) «магистр»). Эта работа велась совместно с Тверским техническим университетом (ранее – Институтом торфа). В результате было опубликовано 14 учебных пособий и учебник с грифом «Для классического университетского образования». Целью совместной работы являлось создание индивидуальной системы подготовки кадров, обладающих фундаментальными знаниями в области охраны торфяных болот, физикохимии и биологии торфа, технологий добычи и глубокой переработки торфа, а также рационального природопользования на торфяных болотах в условиях Сибири.

С целью расширения образования по специализации и экологического просвещения населения в ТГПУ

13 сентября 2010 г. был организован Музей торфа. Первыми посетителями музея были замгубернатора области В.И. Зинченко, начальник департамента природных ресурсов и окружающей среды А.М. Адам, ректор и проректоры ТГПУ, гости из Польши, Украины, Беларуси и городов России (Москвы, Екатеринбург, Тюмени, Твери, Новосибирска, Барнаула, Красноярска, Горно-Алтайска), которые приехали на очередную школу «Болота и биосфера».

С 2002 г. на базе лаборатории агроэкологии и Музея торфа ТГПУ регулярно проводилась школа молодых ученых «Болота и биосфера» с выездом на полевые стационары, в организации и работе которой принимали активное участие сотрудники лаборатории агроэкологии, студенты и преподаватели ТГПУ [1]. В 2018 г. была проведена 10-я школа «Болота и биосфера» на базе Тверского технического университета.

Силами сотрудников лаборатории агроэкологии, педагогов и студентов биолого-химического факультета ТГПУ оформлены интересные экспозиции в Музее торфа, подготовлены и проводятся экскурсии для посетителей разных возрастов: «Васюганское болото – самое большое болото в мире», «Мифы о болотах», «Биосферная роль болот», «Западная Сибирь – болотная столица мира», «В гостях у царевны-лягушки» и др. Посетители музея – дети дошкольных учреждений, обучающиеся школ, колледжей, вузов, сотрудники различных организаций, люди старшего поколения, а также гости города. Рассказ о музее представлен также в режиме online: <http://torfmuseum.tilda.ws/>, разработаны онлайн-экскурсии по музею, например «Торфяные богатства» ([http://torfmuseum.tilda.ws/peat\\_resources](http://torfmuseum.tilda.ws/peat_resources)), и др. На примере Музея торфа ТГПУ осуществляется система непрерыв-

ного образования личности, начиная от детей дошкольных образовательных учреждений и начальной школы и заканчивая дипломированными специалистами. За 10 лет музей посетили более 2 тыс. человек [2].

Таким образом, в настоящее время Музей торфа ТГПУ является частью индивидуальной системы подготовки кадров, владеющих знаниями в области охраны торфяных болот и рационального природопользования на торфяных болотах в условиях Сибири.

#### Список литературы

1. Inisheva L.I., Szajdak L. Sixth Scientific School for young scientists «Bogs and Biosphere» // Peatlands international. 2008. Vol. 2. P. 30–34.
2. Инишева Л.И., Порохина Е.В. Экспозиция в Музее торфа Томского государственного педагогического университета, посвященная профессору Г.Н. Блинкову // Жизнь Земли. 2022. Т. 44, № 3. С. 364–369. DOI: 10.29003/m3050.0514-7468.2022\_44\_3/364-369

## Мониторинг состояния водных объектов Соловецких островов по гидрохимическим показателям

**Рябова Э.Г.**

*Московский педагогический государственный университет, Россия, г. Москва*

**Рябова О.А.**

*Московский педагогический государственный университет, Россия, г. Москва*

**Юров А.В.**

*Российский государственный социальный университет, Россия, г. Москва*

**Новиков А.С.**

*Институт географии РАН, Россия, г. Москва*

В данной статье рассматривается мониторинг водных объектов островов Соловецкого архипелага по гидрохимическим показателям. Определены температурный режим, pH, общая минерализация, содержание кислорода и катионно-анионный состав водоемов. Выявлено негативное влияние полигона твердых бытовых отходов на водные объекты Большого Соловецкого острова.

*Ключевые слова:* Соловецкие острова, озера, гидрохимические показатели, полигон твердых бытовых отходов.

Отличительной чертой островов Соловецкого архипелага, в первую очередь исследуемого Большого Соловецкого острова, является высокий уровень озерности – порядка 11% от общей площади острова при полном отсутствии рек [1]. Поэтому проточность может быть обеспечена только стоком в Белое море либо искусственными каналами, соединяющими ряд озер в единую озерно-канальную систему.

Помимо экосистемных функций, озера Большого Соловецкого острова выполняют ряд ключевых задач по обеспечению хозяйственной деятельности человека, включая транспортную, питьевую, хозяйственно-бытовую, рекреационную и другие функции. В то же время озера часто используются в качестве приемников стоков различного происхождения и содержания, что приводит к их загрязнению, деградации естественных водных экосистем и в итоге опасности для здоровья человека. По данным С.А. Игловского [2], за последние 10 лет хозяйственное использование воды на территории Большого Соловецкого острова выросло в 3 раза и составило 0,3 млн м<sup>3</sup> свежей воды. При этом система очистки сточных вод на острове отсутствует и сточные воды коммунального хозяйства поселка сбрасываются в Белое море. Согласно работе С.А. Игловского [2], объем сточных вод составляет 0,2 млн м<sup>3</sup> в год, что в 2 раза превышает показатели конца XX в.

Таким образом, мониторинг состояния озер Большого Соловецкого острова, в том числе по химическим показателям, является актуальной задачей, направленной

на своевременное выявление неблагоприятных эффектов, снижающих качество и безопасность питьевой воды.

Целью данной работы является мониторинг состояния поверхностных водных объектов (озер) Большого Соловецкого острова по гидрохимическим показателям. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- анализ литературных данных, направленный на выявление приоритетных объектов исследования;
- полевые исследования водных объектов при помощи инструментальных методов и экспресс-тестов;
- лабораторные методы анализа отобранных проб воды с последующим сравнением с нормативными показателями.

По литературным данным [3] были определены объекты исследования, включающие в себя водные объекты, расположенные в разных частях Большого Соловецкого острова, а также ряд озер, используемых для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд (оз. Питьевое, оз. Средний Перт, оз. Святое). При этом, как отмечают Н.А. Низовцев и др. [1], наибольшему антропогенному воздействию также подвержены озера, главным образом расположенные в пределах пос. Соловецкое. Это в том числе озеро Святое, на берегу которого расположен монастырь, а также озера, расположенные возле Ботанического сада (оз. Нижний Перт), куда могут поступать загрязненные удобрениями поверхностные воды с близлежащих огородов.



Еще одним фактором антропогенного воздействия на Большом Соловецком острове является полигон твердых бытовых отходов (ТБО). По данным спутнико-

вых снимков было установлено, что в период с 2017 по 2020 г. возле границы полигона появился водный объект (рис. 1).



Рис. 1. Полигон ТБО на Большом Соловецком острове. Справа выделен водный объект, расположенный рядом с полигоном

Данная ситуация может быть связана с нарушениями требований к размещению полигонов ТБО, например при залегании грунтовых вод на глубине менее 2 метров или на заболоченной местности [4]. Отметим, что рядом с полигоном ТБО на Большом Соловецком острове действительно расположено верховое болото. С учетом того что рядом с полигоном бытовых отходов расположено несколько естественных озер, встает вопрос о необходимости проведения постоянного мониторинга за состоя-

нием данных водных объектов ввиду их потенциального загрязнения отходящим фильтратом полигона ТБО.

Исходя из всего вышеизложенного, для полевых исследований в 2021 г. были выбраны 11 озер (9 – на Большом Соловецком острове и по одному на островах Большая Муксалма и Анзер). В 2022 г. перечень исследуемых водных объектов расширился до 21 озера, однако было исключено озеро на о. Анзер. Точки отбора проб представлены на рис. 2.

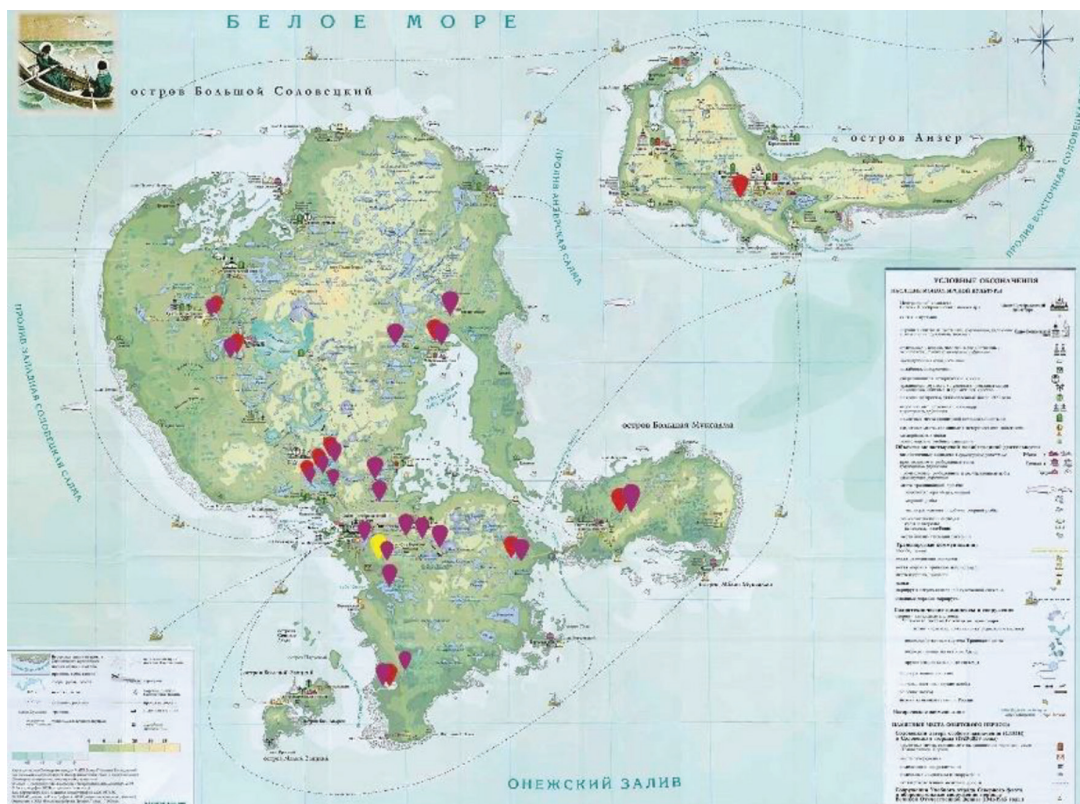


Рис. 2. Точки отбора проб воды на островах Соловецкого архипелага. Красными пунсонами отмечены точки отбора в 2021 г., фиолетовыми – в 2022 г. Желтым пунсоном обозначен водный объект возле полигона ТБО

Полевые исследования в 2021 и 2022 гг. проводились с 1 по 10 августа. Анализ воды на pH, минерализацию и содержание кислорода, а также исследования температуры воды производились инструментальными методами непосредственно на месте. Параллельно осуществлялся отбор проб воды в чистую пластиковую тару с плотно закрывающейся крышкой объемом 0,5 л, предварительно несколько раз промытую исследуемой водой. Забор воды производился из приповерхностного слоя (глубина 0–20 см). Отобранные пробы анализировались титриметрическим способом в полевых условиях в течение 2–4 часов после отбора. В дальнейшем пробы воды хранились в холодильнике с целью последующего лабораторного анализа.

Исследование озерной воды на органолептические свойства показало наличие в пробах слабого земляного запаха, за исключением пробы, отобранной в водном объекте рядом с полигоном ТБО. Для данной пробы был характерен сильный запах, вероятно связанный с разложением органики и влиянием фильтра. Также большая часть проб имела незначительную желтоватую окраску, что может быть связано с присутствием в воде ионов железа и процессами заболачивания.

Анализ проб на водородный показатель установил, что значение pH находится в пределах 6,39–6,9, т.е. характеризуются слабокислыми и близкими к нейтральному значениями pH, что является нормой для водоемов естественного происхождения и соответствует действующим нормативам СанПиН 1.2.3685-21, предъявляемым к водам питьевого, хозяйственно-бытового и

рекреационного назначения [5]. Исключение составляет водный объект рядом с полигоном ТБО – значение pH в нем составило 8,0–8,17, однако эти показатели также находятся в пределах нормативов СанПиН.

Температурный режим озер в 2022 г. колебался от 18,4 до 23,9 °С, в целом соответствуя данным [2, о том, что в летний период времени (июль – август) происходит прогрев поверхностных слоев озерной воды до 18–21 °С.

Анализ уровня минерализации озер, проведенный при помощи TDS-метра, показал значения 18–56 мг/л, что позволяет отнести данные озера к категории ультрапресных (<100 мг/л) и в целом соответствует данным более ранних исследований [1, 3]. Средние значения общей жесткости для естественных водоемов Соловецкого архипелага, определяемые экспресс-тестами, находятся на уровне 1,0–1,1 мг-экв./л. Исключением является водный объект возле полигона ТБО, в котором показатели минерализации достигают 432,5 мг/л при значениях общей жесткости свыше 5,7 мг-экв./л, что опять же может объясняться более высоким содержанием отходящего фильтра. В целом нормативные показатели жесткости по нормативам СанПиН [4] не должны превышать 7,0 мг-экв./л при уровне общей минерализации 1000 (1 500) мг/л.

Содержание кислорода в воде измерялось при помощи оксиметра непосредственно во время полевого выхода, а также для ряда озер титриметрически в течение двух часов после отбора проб, что, конечно, несколько снижает точность исследований. Данные анализа на содержание кислорода представлены на рис. 3.

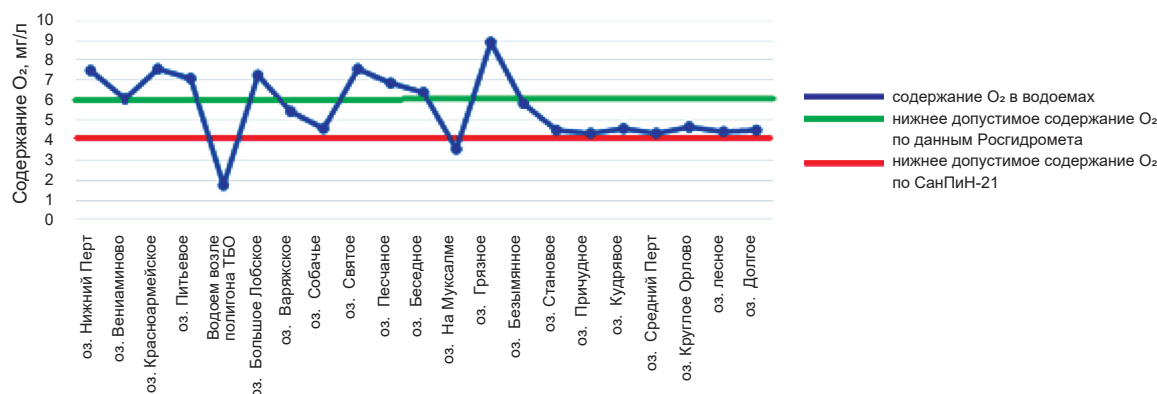


Рис. 3. Содержание кислорода в водных объектах Соловецкого архипелага в 2022 г. в сравнении с нормативами

Следует отметить, что нормативные показатели по содержанию кислорода для водных объектов в настоящее время различаются. Так, в ежегодниках «Качество поверхностных вод Российской Федерации» [6], издаваемых Росгидрометом, указан предел растворенного кислорода не ниже 6,0 мг/л, в то время как действующий СанПиН 1.2.3685-21 [5] устанавливает нормативы содержания кислорода не ниже 4,0 мг/л для поверхностных водоисточников, используемых для питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования.

Таким образом, если исходить из данных СанПиН 1.2.3685-21, то большая часть водоемов, за исключением озера на острове Большая Муксалма и водного объекта рядом с полигоном ТБО, удовлетворяют нормати-

вам. На озере острова Б. Муксалма предположительно это может быть связано с естественными процессами заболачивания. Однако при анализе кислорода с учетом нормативов Росгидромета многие водные объекты характеризуются пониженным содержанием растворенного кислорода в воде.

Также в 2021 г. отобранные пробы воды анализировались в лаборатории на содержание массовых концентраций анионов и катионов с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель-103РТ». Анализ проводился по аккредитованным методикам ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000 (катионы) и ПНД Ф 14.1:2:4.157-99 (анионы). Результаты исследований представлены в таблице.

Катионно-анионный состав воды в водных объектах Соловецкого архипелага

Номер образца*	Катионы, мг/л								Анионы, мг/л					
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
1	0,28	1,29	9,60	0,0013	2,56	0,0056	0,0127	2,54	23,4	0,43	5,16	51,7	0,092	0,54
2	1,24	14,02	123,58	0,025	<b>72</b>	6,571	<b>1,112</b>	<b>196,24</b>	269,3	<b>5,1</b>	<b>48,17</b>	<b>711,32</b>	1,11	<b>9,2</b>
3	0,33	1,32	10,01	0,0017	3,11	0,0059	0,032	3,18	25,3	0,68	4,13	41,8	0,05	0,71
4	0,25	1,17	21,34	0,002	2,06	0,0078	0,0441	2,46	37,8	0,39	4,25	39,1	0,072	0,58
5	0,28	1,85	15,78	0,001	2,14	0,0051	0,0716	1,98	24,6	0,65	4,65	51,1	0,082	0,69
6	0,32	2,75	8,06	0,0024	2,65	0,0049	0,0145	2,34	25,9	0,29	5,11	48,1	0,085	0,61
7	0,38	1,45	24,35	0,0016	4,23	0,0069	0,0541	2,27	36,4	0,76	2,88	54,3	0,069	0,66
8	0,27	2,58	12,37	0,0012	1,99	0,0043	0,0567	2,87	29,9	0,52	5,65	37,4	0,087	0,53
9	0,29	3,02	8,56	0,0024	3,01	0,0091	0,0288	3,49	41,4	0,34	3,15	45,1	0,09	0,7
ПДК	1,5 мг/л	20 мг/л	200 мг/л	0,03 мг/л	40 мг/л	7,0 мг/л	0,7 мг/л	180 мг/л	350 мг/л	3,0 мг/л	45 мг/л	500 мг/л	1,5 мг/л	3,5 мг/л

\* 1 – оз. Нижний Перт; 2 – водоем возле полигона ТБО; 3 – оз. Грязное; 4 – оз. Беседное; 5 – оз. на острове Большая Муксалма; 6 – оз. Причудное; 7 – оз. Банное; 8 – оз. Долгое; 9 – оз. Лесное.

Как видно из данных таблицы, все естественные водоемы Большого Соловецкого острова и острова Большая Муксалма характеризуются катионно-анионным составом, не выходящим за границы предельно допустимых концентраций. Исключение составляет только водный объект, расположенный возле полигона ТБО. В его водах обнаружено превышение допустимых концентраций по катионам магния (1,8 ПДК), бария (1,6 ПДК), а также незначительные превышения по кальцию (1,09 ПДК). Среди анионов отмечаются превышения по нитритам (1,7 ПДК), сульфатам (1,4 ПДК) и фосфатам (2,6 ПДК), а также незначительное превышение по нитратам (1,07 ПДК). Данные превышения также связаны с влиянием отходящего с полигона фильтрата.

По литературным данным были выбраны приоритетные объекты исследования, анализ воды в которых проводился как непосредственно на месте инструментальными методами и экспресс-тестами, а также в лабораторных условиях. По итогам проведенных исследований было выявлено, что гидрохимические показатели естественных водоемов не превышают установленных пределов (за исключением содержания растворенного кислорода, что связано с наличием двух разных действующих нормативов). Единственным водным объектом, анализ которого выявил значительные отклонения от допустимых нормативов, является водоем возле полигона ТБО, что связано с загрязняющим действием отходящего фильтрата. Ввиду потенциальной опасности полигона ТБО как источника загрязнения соседствующих водных объектов планируется продолжить мониторинговые исследования озер Боль-

шого Соловецкого острова по гидрохимическим показателям.

#### Список литературы

1. Низовцев В.А., Постников А.В., Снытко В.А., Фролова Н.Л., Чеснов В.М., Широков Р.С., Широкова В.А. Исторические водные пути Севера России (XVII–XX вв.) и их роль в изменении экологической обстановки. Экспедиционные исследования: состояние, итоги, перспективы. М.: Типография «Парадиз», 2009. 298 с.
2. Игловский С.А. Геоэкологические проблемы Соловецкого архипелага // Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря: материалы IX Международной конференции 11–14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 136–140.
3. Титова К.В., Жибарева Т.А., Морева О.Ю., Собко Е.И., Слобода А.А., Попов С.С., Прилуцкая Н.С. Гидрохимические и гидробиологические исследования озер Большого Соловецкого острова // Успехи современного естествознания. 2020. № 11. С. 125–131.
4. СП 2.1.7.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов / Минздрав России. М., 2001.
5. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Часть III. Нормативы качества и безопасности воды. Утверждены Постановлением главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2. 2021. 469 с.
6. Росгидромет. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник-2020 / под ред. канд. биол. наук М.М. Трофимчука. Ростов н/Д., 2021. 617 с.



## Опыт организации и работы экологического движения «ЭкоЛогика» на географическом факультете МПГУ

Селезнев Е.В.

Московский педагогический государственный университет, Россия, г. Москва

Самойленко А.А.

Московский педагогический государственный университет, Россия, г. Москва

В работе рассказывается об опыте организации экологического движения на примере географического факультета Московского педагогического государственного университета, приводятся анализ и результаты деятельности движения за три года. Рассматриваются предложения о повышении активности студентов факультета в сборе вторичного сырья.

*Ключевые слова:* вторичное сырье, экологическое просвещение, географический факультет, Московский педагогический государственный университет, раздельный сбор отходов, «ЭкоЛогика».

В г. Москве активно внедряется раздельный сбор отходов среди горожан. Повсеместно устанавливаются синие и серые контейнеры. В синий контейнер попадает вторсырье, а в серый – смешанные отходы. Также на станциях Московского центрального кольца (МЦК) установлены цветные контейнеры для сбора пластика, стекла и бумаги. Географический факультет Московского педагогического государственного университета (МПГУ) развивается вместе с городом, в рамках факультета работает кафедра экологии и природопользования, поэтому тема сбора и сортировки вторичного сырья, является для него актуальной.

У истоков факультета, открытого в 1934 г., стояли выдающиеся ученые: В.И. Вернадский, известный географ, антрополог, археолог Д.Н. Анучин, советский геолог, геоморфолог В.А. Варсанюфьева, российский почвовед-географ и геохимик В.В. Добровольский, авторы учебников по географии, которые лежат на партах многих школьников страны, В.П. Максаковский и Н.П. Неклюкова. В настоящее время географический факультет является большой составляющей МПГУ. На факультете обучается около тысячи студентов.



Рис. 1. Контейнеры для раздельного сбора вторсырья на географическом факультете МПГУ

Еще с советских времен в стране был развит сбор вторичного сырья. В школах активно собирали металлолом и макулатуру. На географическом факультете МПГУ (а в то время он назывался МПГИ) также проходили подобные мероприятия. После развала СССР сбор отходов на переработку потерял популярность, однако начиная с 2012 г. эта традиция возобновилась на географическом факультете, но организованный вид эта деятельность приобрела лишь в 2019 г. 17 августа на базе факультета было образовано движение «ЭкоЛогика», целью которого было просвещение студентов, преподавателей и школьников и налаживание раздельного сбора отходов на географическом факультете. Основателями «ЭкоЛогика» являются студентка 2-го курса магистратуры М. Леонтьева и выпускница нашего университета А. Кресницкая. Первым делом было необходимо договориться о приобретении и установке контейнеров для раздельного сбора мусора. Руководство факультета пошло навстречу инициаторам движения, и в первый же год контейнеры были установлены на каждом этаже, кроме последнего, пятого.

В настоящее время на территории факультета производится сбор следующих фракций вторичного сырья: бумага и картон, металл, пластик видов 1 PET и 2 HDPE. Другие виды пластика принято решение не собирать из-за высокой сложности технологии сбора и трудоемкости сортировки. От сбора стекла также решено было отказаться по соображениям техники безопасности: высокой травмоопасности и проблем с транспортировкой.

Авторами был проведен анализ объемов сбора и вывоза вторичного сырья на основе статистических данных, собираемых движением (таблица).

Исходя из данных таблицы, можно сделать вывод, что на самом старте существования «ЭкоЛогика» как движения объем сбора вторсырья на географическом факультете возрастает, но к 2020 г., когда в стране ужесточились антиковидные меры, пошло на спад. Из-за дистанционного обучения и малого количества человек в стенах учебного заведения в этот период никто не сдавал вторсырье и никто не занимался вывозом. После коронавируса тоже можно видеть заметное падение объемов сбора. Это можно связать с тем, что часть студентов, развивавших «ЭкоЛогика» в первые годы, завершили свое обучение на факультете, ряды движения поредели, активность снизилась.



## Объемы вывоза вторичного сырья с 2019 по 2022 г., кг

Вид отходов	За 2 месяца 2019 г.	За 2 месяца 2019–2020 г.	За 2 месяца 2020 г.	За 13 месяцев 2020–2021 г.	За 7 месяцев 2021 г.	За 2 месяца 2021 г.	За 4 месяца 2022 г.
Макулатура	37	53	49	9	41	120	24
Алюминий	1	9	18	5	9	0	21,6
Пластик	90	97	54	81	30	72	15

Также спад объемов сбора можно связать с тем, что в настоящее время сбор вторичного сырья на факультете стал обыденностью, уменьшилась активная агитация по сбору вторсырья среди обучающихся и не все студенты заинтересованы в сборе и сортировке отходов.

Для уточнения количества студентов, активно участвующих в сборе сырья, авторами было подготовлено и запущено анкетирование на базе Google forms. В опросе участвовали студенты бакалавриата всех курсов и студенты магистратуры. В рамках анкетирования было задано несколько вопросов: в первом вопросе необходимо указать курс. Выяснилось, что большинство опрошенных с младших курсов (первый и второй, примерно 65%), старшие курсы составляют около 35%. Второй вопрос («Какой у Вас уровень обучения?») выявил, что 88,3% ответивших являются обучающимися бакалавриата и 11,7% – магистратуры. Третий вопрос, который является основным, звучал так: «Используете ли Вы установленные на факультете баки для вторичного сбора сырья?». Большинство респондентов либо не используют баки для сбора вторичного сырья совсем (31,7%), либо используют их редко (31,7%), постоянно используют баки 15% студентов (рис. 2).



Рис. 2. Диаграмма ответов на вопрос «Используете ли Вы установленные на факультете баки для вторичного сбора сырья?»

Такой невысокий процент, по нашему мнению, связан, во-первых, с низким уровнем экологической культуры в России в целом, чтобы человек сам хотел сортировать отходы, его надо приучать к этому с раннего детства. Сейчас в нашей стране многие семьи выбра-

сывают мусор в одном пакете, к этому привыкают дети и в будущем поступают так же.

На сегодняшний период в средних школах также не сильно развит отдельный сбор мусора, и молодому поколению опять же негде повышать экологическую культуру. Во-вторых, на низкий процент экологически ответственных людей влияет человеческий фактор, например лень. Так как в нашем вузе баки для отдельного сбора отходов стоят только с одной стороны коридора, а баки для смешанных отходов с двух, отдельным студентам не хочется идти целенаправленно выбрасывать мусор к специализированным контейнерам. Также студентам, даже если они рядом с экобаками, проще выбросить мусор в обычное ведро, вместо того чтобы задуматься и выбрать правильный контейнер для металла, бумаги или пластика.

На сегодняшний день «ЭкоЛогике» исполнилось три года, движение, преодолевая трудности, продолжает развиваться. В настоящее время, помимо сбора вторичного сырья, одной из основных задач клуба является экологическое просвещение, оно представлено в нескольких направлениях: работа со школьниками (квесты, познавательные игры), а также студентами и взрослым населением (лекции, семинары).

Авторами с целью увеличения объема сбора вторичного сырья на географическом факультете предлагаются следующие меры:

- установить большее количество контейнеров для отдельного сбора отходов (на пятом этаже и с обеих сторон коридора). Рассмотреть целесообразность отдаления баков для смешанного мусора от расположенных рядом контейнеров отдельного сбора;
- активизировать экологическую агитацию среди студентов, а также рассмотреть возможные варианты их поощрения и мотивации. Как пример из вожатского опыта авторов, действенным методом может являться превращение сбора и сортировки фракций вторичного сырья в игру;
- транслировать полученный в ходе работы движения опыт в общеобразовательных школах города и страны.

## Список литературы

1. Официальный сайт мэра Москвы. URL: <https://www.mos.ru/news/item/70528073/?ysclid=lampygkzlx686971265> (дата обращения: 27.10.2022).
2. Официальный сайт Московского педагогического государственного университета. URL: <http://mpgu.su/ob-mpgu/struktura/faculties/geograficheskiy-fakultet/> (дата обращения: 01.11.2022).
3. Официальный сайт организации «Собиратор». URL: <https://sobirator.ru> (дата обращения: 03.11.2022).
4. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления М.: Колос, 2000.

## Функции гуминовых кислот в биосфере

Соколова И.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

Федорова А.А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

В статье приводится анализ различных функций гуминовых кислот в биосфере, в частности протекторной и транспортной.

*Ключевые слова:* гуминовые кислоты, биосфера, фотоиндуцированная детоксикация.

Гуминовые вещества (ГВ) и их доминирующая фракция – гуминовые кислоты (ГК) выполняют в биосфере ряд важных и разнообразных функций. Это аккумулятивная, транспортная, регуляторная, протекторная и физиологическая функции [1]. Происходит накопление в форме ГВ важнейших элементов питания живых организмов – органических соединений, необходимых и усваиваемых микроорганизмами и растениями. Аккумулятивной функции в известной мере противоречит транспортная функция ГВ. Гуминовые вещества и гуминовые кислоты наряду с малорастворимыми, устойчивыми соединениями с катионами или с органическими веществами могут образовывать устойчивые, но растворимые и способные к геохимической миграции соединения. Транспортная функция обусловлена устойчивостью образующихся комплексных соединений. ГВ принимают участие в регулировании практически всех важнейших почвенных свойств. Эта функция с успехом используется при внесении гуминовых удобрений [1]. В раскрытии связей между накоплением гуминовых соединений почвы и ее физико-химическими свойствами заложена возможность управления важнейшими почвенными процессами. Протекторная функция изучена еще недостаточно. ГВ довольно прочно связывают многие радионуклиды, детергенты, пестициды, предупреждая тем самым их отрицательное воздействие на окружающую среду. С течением времени трансформация самих ГВ может сопровождаться распадом токсичных соединений, превращением их в нетоксичные. В работе N.S. Kudryasheva, A.S. Tarasova [2] подробно обсуждены детоксицирующие свойства ГВ, механизмы их действия на поллютанты, а также возможности количественного биолюминесцентного мониторинга таких процессов. Выяснение механизмов действия ГВ приводит к разработке эффективных и экологических методов ремедиации загрязненных вод, включающих фотоиндуцированную детоксикацию сложных растворов [3]. Добавление различных по происхождению ГК к водным растворам пестицидов показало [4], что ГК могут усиливать их фотолиз в определенном интервале концентраций, который зависит от природы ГК и структуры пестицида. Авторы с привлечением данных электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) сделали вывод, что главным в данном процессе является способность ГК генерировать под действием света гидроксильные радикалы, приводящие к усилению деградации молекул пестицидов. Для водных растворов фунгицида хлорталонила обнаружено [5] усиление его фотодegradации в присутствии гуминовых веществ под действием модельного солнечного излучения (за исключением экс-

периментов с морской водой). Значительное внимание уделяется исследователями разработке научных основ применения ГВ для решения важнейшей проблемы – ликвидации последствий загрязнения нефтью почвенных и водных сред [6].

Чрезвычайно важным является и изучение механизмов биологической (физиологической) активности гуминовых веществ. Несомненно, наблюдается стимулирующее влияние гуминовых веществ на развитие сельскохозяйственных растений. В продаже имеются растворы, пасты и порошки гуматов, у которых предполагается высокая физиологическая активность. Источниками для получения такого рода препаратов служат почвы, торф, сапропели, бурые угли. Высокая активность ГВ, широкий спектр их биохимического и физиологического действия могут быть связаны в какой-то мере с полидисперсностью и изменчивостью состава. В одном препарате возможно сосуществование молекул различных размеров, отличающихся по составу и количеству функциональных групп. Все это расширяет спектр действия препаратов, способствует одновременному протеканию различных реакций. В работе [7] убедительно показана иммунотропная и аллергизирующая активность гуминовых веществ, которая требует повышенной осторожности при употреблении гуминов в медицинских и профилактических целях. Приведенные сведения, безусловно, не охватывают в полном объеме накопленные к настоящему времени данные по свойствам гуминовых кислот, по их влиянию на процессы в водных средах, однако свидетельствуют об огромной значимости этих уникальных веществ, которые играют большую роль во всех био- и геосферных процессах и создают в окружающей среде оптимальные условия для существования и развития жизни. Постоянно расширяющееся использование таких веществ подчеркивает важное значение исследования их свойств и для развития человеческого сообщества.

*Работа поддержана Минобрнауки РФ, проект № 0721-2020-0033.*

### Список литературы

1. Orlov D.S. Soil Chemistry; A A Balkena Publishers: Rotterdam, Netherlands, 1992. 402 p.
2. Kudryasheva N.S., Tarasova A.S. Pollutant toxicity and detoxication by humic substances: mechanisms and quantitative assessment via luminescent biomonitoring // Environ. Sci. Pollut. Res. 2015. V. 22, № 1. P. 155–167.
3. Chaikovskaya O.N., Sokolova I.V., Sokolova T.V., Yudina N.V., E.V. Mal'tseva, Ivanov A.A. Effect of humic acids on phototransformation of methylphenols in water // J. Appl. Spectr. 2008. V. 75, № 4. P. 597–602.

4. Garbin J.R., Milori D.M.B.P., Simoes M.L., Silva W.T.L. da, Neto L.M. Influence of humic substances on the photolysis of aqueous pesticide residue // *Chemosphere*. 2007. V. 66. P. 1692–1698.

5. Sakkas V.A., Lambropoulou D.A., Albanis T.A. Study of chlorothalonil photodegradation in natural waters and in the presence of humic substances // *Chemosphere*. 2002. V. 48, № 9. P. 939–945.

6. Saleem K., Mikailov G.G., Murygina V.P., Perminova I.V., Grechichsheva N.Y. Influence of humic substances on degradation of oil by oil-oxidizing microorganisms // *Biocatalytic technology and nanotechnology* / ed. by G. Zaikov. New York, 2004. P. 29–39.

7. Valenta R., Karaulov A., Zhernov Y.V. et al. Allergen Extracts for In Vivo Diagnosis and Treatment of Allergy // *J. of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*. 2018. V. 6. P. 1845–1855.

## Оценка устойчивости развития Республики Кыргызстан на основе некоторых социально-эколого-экономических показателей

Токтоматова А.Ж.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск;  
Государственное агентство охраны окружающей среды и лесного хозяйства при Правительстве Кыргызской Республики, Кыргызская Республика, г. Бишкек

Лаптев Н.И.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

В работе рассмотрен анализ динамики индикаторов «Индекс человеческого развития» и «Ожидаемая продолжительность жизни» Республики Кыргызстан.

*Ключевые слова:* индикаторы устойчивого развития, устойчивое развитие.

Индекс человеческого развития (ИЧР) отражает базовые возможности, которыми люди должны располагать для активного участия в жизни общества: возможность здоровой и продолжительной жизни, возможность и способность иметь знания (образование) и доступ к ресурсам, необходимым для достойного уровня жизни.

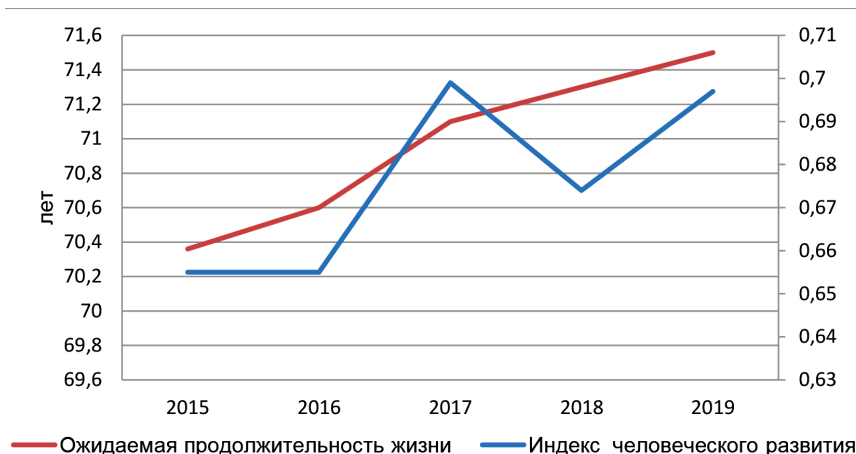
Индикатор рассчитывается на основе статистических данных: валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения, ожидаемой продолжительности жизни, уровня образования.

Каждый из компонентов ИЧР является результатом взаимосвязанных показателей социально-экономического развития и обладает собственной качественной характеристикой. Индекс валового продукта на душу населения показывает экономическую результативность деятельности людей, индекс продолжительности жизни – состояние физического, психологического и со-

циального здоровья населения, индекс образования – профессиональный и культурный потенциал населения, качество трудовых ресурсов.

Величина ИЧР служит критерием разделения регионов на группы с различным уровнем человеческого развития. Вне зависимости от уровня экономического развития к регионам с высоким уровнем человеческого развития относятся те, в которых ИЧР > 0,8; к регионам со средним уровнем человеческого развития – те, в которых  $0,5 < \text{ИЧР} < 0,8$ ; к регионам с низким уровнем человеческого развития – те, в которых ИЧР < 0,5.

Кыргызская Республика занимает 120-е место из 189 стран в индексе развития человеческого потенциала, значение которого составляет 0,697, что выше на 6,4%, чем за 2015 г., и данный показатель относится к регионам со средним уровнем человеческого развития (рисунок) [1].



Динамика индикаторов «Индекс человеческого развития» и «Ожидаемая продолжительность жизни»

Ожидаемая продолжительность жизни является отражением большого количества социальных, экономических и экологических факторов и является одним из компонентов индекса развития человеческого капитала.

Индикатор «ожидаемая продолжительность жизни при рождении», с одной стороны, учитывает наличие риска смертности (коэффициенты смертности для конкретных возрастных групп отдельно для мужчин и женщин либо в целом для обоих полов), с другой – условия сохранения здоровья. Индикатор является неотъемлемой частью процесса устойчивого развития и отражает состояние системы здравоохранения, экологическую ситуацию и условия проживания на территории, а также зависит от социально-экономической и политической стабильности общества.

За последние пять лет данный показатель имеет положительную динамику, но характеризуется медленным темпом роста. Так как индикатор является неотъемлемой частью процесса устойчивого развития, то необхо-

димо улучшить состояние системы здравоохранения, экологическую ситуацию и условия проживания на территории, а также обеспечить социально-экономическую и политическую стабильность общества. То есть для увеличения показателя «Ожидаемая продолжительность жизни» необходимо улучшить те условия, от которых зависит этот индикатор.

На основе анализа динамики двух индикаторов «Индекс человеческого развития» и «Ожидаемая продолжительность жизни» с учетом темпов роста с 2015 по 2019 г. можно предположить, что плановые значения этих показателей могут быть не достигнуты, в связи с чем необходимо увеличить темпы роста индикаторов.

#### Список литературы

1. Доклад о человеческом развитии. За рамками уровня доходов и средних показателей сегодняшнего дня: неравенство в человеческом развитии в XXI веке / под ред. П. Консейсао. 2019. 40 с.

## Сезонная динамика эмиссии CO<sub>2</sub> с поверхности малых рек бассейна Кети и Чулыма

**Хлопцова Д.Д.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Лим А.Г.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Крицков И.В.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Статья посвящена изучению эмиссии CO<sub>2</sub> с поверхности малых и средних рек, относящихся к бассейну среднего течения реки Оби, а также некоторых физико-химических показателей стока. Выявлены основные показатели речных вод, оказывающие влияние на величину выбросов CO<sub>2</sub>, показана важность сезонности и гидрологической фазы в оценке величины эмиссии CO<sub>2</sub>.

*Ключевые слова:* углерод, эмиссия CO<sub>2</sub>, взвешенный органический углерод, растворенный органический углерод, речной сток, речная взвесь.

Все континентальные водные объекты в той или иной мере участвуют в глобальном цикле углерода, осуществляя его перенос, трансформацию, эмиссию и захоронение. Так, по литературным данным [1], в континентальные водоемы поступает порядка 5,1 Пг углерода в год. При этом на долю Западной Сибири приходится более 0,07 Пг С в год [2], что частично может обеспечиваться огромным распространением болотных массивов на этой территории. В условиях речного транспорта состав органического вещества изменяется под воздействием таких процессов, как фото- и биодеструкция, дыхание, выщелачивание, флокуляция, сорбция и осаждение, поэтому порядка половины всего пула трансформируется и теряется перед сбросом в океан [3]. В связи с этим значение малых рек в глобальном цикле углерода сложно переоценить.

Трансформация органического углерода (ОС) в речных водах приводит к значительным выбросам CO<sub>2</sub>. Как показывают исследования [4], максимальный пик эмиссии углекислого газа с поверхности рек характерен для северотаежной зоны Западной Сибири, где широ-

кое распространение получили болотные комплексы, а также локализована зона прерывистого распространения многолетнемерзлых пород, что в свою очередь может быть причиной высоких концентраций взвешенного органического углерода (ВОУ), характерных для этих территорий [5]. Особая роль малых рек в эмиссии CO<sub>2</sub> указывается в исследовании группы ученых [6], в этой работе показано, что на ручьи и малые реки, которые обычно не включаются в исследования эмиссии парниковых газов, пришлось около 90% всего чистого потока углерода с водосбора. Более того, механизмы, контролирующие эмиссию CO<sub>2</sub> до настоящего времени, оказываются слабо изученными, хотя фото- и биодеструкция растворенного органического вещества (РОВ) часто указывается как основной процесс [7].

Однако в последние годы появились сомнения в важности фото- и биодеструкции РОВ в гуминовых водах, дренирующих торфяные болота [8]. В настоящем исследовании мы выявили наиболее важные свойства природных вод, которые в значительной мере оказывают влияние на величину потоков CO<sub>2</sub> на террито-



рии южной тайги Томской области, где водосборные площади также имеют высокую степень заболоченности, а речные воды обогащены органическим веществом растворенных и взвешенных форм. В рамках

исследования проведено три экспедиции в бассейны рек Чулыма и Кети (рис. 1) в основные гидрологические фазы – весеннее половодье, летнюю и осеннюю межень.

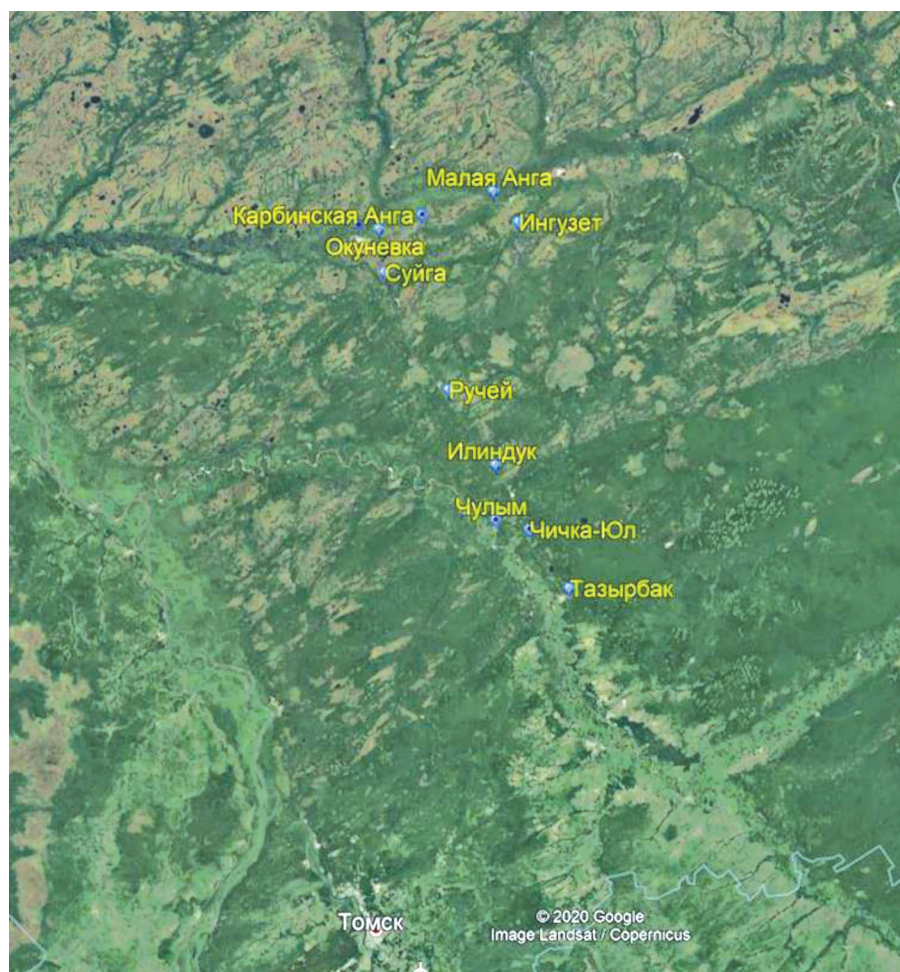


Рис. 1. Схема расположения точек отбора

Для каждого объекта измерены такие показатели, как рН, температура, растворенный  $\text{CO}_2$  ( $\text{pCO}_2$ ), эмиссия  $\text{CO}_2$  ( $\text{fCO}_2$ ), содержание растворенного органического (РОУ) и неорганического углерода (РНУ), содержание взвешенного органического углерода (ВОУ), концентрация взвеси.

В ходе проведенного исследования установлено, что концентрация взвешенного вещества в Кети, Чулыме и их притоках варьировала от 1,1 до 26,7 мг/л, что соответствует концентрациям в других бореальных реках со слабым стоком, дренирующих сильнозаболоченные водоразделы [2, 5].

Концентрации ВОУ в пресных континентальных водах варьируют в широких пределах. Среди наиболее важных факторов выделяют температуру [9], гидрологический сток [10], эрозийные процессы [11].

Концентрации ВОУ в исследуемых реках варьировали от 0,2 до 3,4 мг/л в период половодья, от 0,3 до 2,4 мг/л в летнюю межень, от 0,3 до 4,5 мг/л в период осенней межени.

Процентное содержание углерода во взвеси исследованных рек оказалось довольно значительным. Так, в

период весеннего половодья средняя концентрация составляла 13,4%, в летнюю межень – 12,6%, в осеннюю межень – 20,5%, что гораздо выше, чем в крупных реках мира – Оби, Енисее, Лене и Колыме (2,3; 3,6; 5,8 и 3,0% соответственно) [12]. Например, типичные концентрации ВОУ во взвеси крупных ( $S_{\text{водосбора}} > 100\,000 \text{ км}^2$ ) центрально-сибирских рек составляют всего от 0,4 до 0,5% [13], в реке Северная Двина (которая имеет значительную долю болот и озер в пределах своего водораздела по сравнению с реками Западной Сибири) составляет  $(2,7 \pm 0,7)\%$  в мае и  $(4,8 \pm 1,1)\%$  в августе [14].

Основным источником поступления органического вещества в реки являются почвы, подвергаемые эрозийным процессам на водосборах и затоплению (пойменные почвы) во время половодья, также огромный вклад вносит растительный опад, попадающий в реки посредством затопления пойменных территорий и смыва с поверхности почв атмосферными осадками.

Для изученных объектов установлено, что концентрации РОУ и РНУ строго подвержены сезонным изменениям. Так, высокое содержание РОУ характерно для весеннего половодья. В период летней и осенней межени

ни концентрации стабилизируются и практически одинаково малы. Высокое содержание растворенных форм углерода в весеннее половодье может быть связано с затоплением пойм и соответствующим выщелачиванием отмерших частей растительности с дальнейшим поступлением обогащенных органикой пойменных вод в речные системы. Содержание РНУ диаметрально противоположно РОУ. Максимальные концентрации приходятся на меженный период летом и осенью, весной же, наоборот, наблюдаются максимально низкие значения.

Такое распределение РНУ по сезонам, по-видимому, связано с вовлечением почвенного покрова в процессы

миграции. Так, весной, в период половодья, почвы находятся еще в мерзлом состоянии, что в свою очередь провоцирует в основном поверхностный сток, обогащенный в большей мере органическими формами углерода. По мере оттаивания почв возрастает роль внутрипочвенного стока.

Исследования эмиссии  $\text{CO}_2$  с поверхности исследованных рек показали, что его величина в период весеннего половодья в значительной степени зависит от содержания взвешенного и растворенного органического углерода и практически не зависит от содержания неорганического углерода (таблица, рис. 2).

Коэффициенты корреляции Пирсона для исследованных показателей природных вод ( $\rho = 0,05$ )

Показатель	Весна		Лето		Осень		Все сезоны	
	f $\text{CO}_2$	$\rho$ $\text{CO}_2$	f $\text{CO}_2$	$\rho$ $\text{CO}_2$	f $\text{CO}_2$	$\rho$ $\text{CO}_2$	f $\text{CO}_2$	$\rho$ $\text{CO}_2$
n	11	10	8	7	8	9	27	26
$\text{O}_2$	-0,49	-0,83*	-0,11	-0,96*	-0,17	-0,57	-0,01	-0,33
pH	-0,09	-0,11	0,12	0,28	-0,06	0,01	-0,14	-0,14
t воды, °C	0,03	0,3	-0,09	-0,84*	-0,29	-0,67*	-0,1	-0,12
Концентрация взвеси	0,09	-0,16	0,25	0,21	0,85*	0,65	0,41*	0,3
ВОУ	0,62*	0,47	0,31	0,64	0,94*	0,47	0,70*	0,48*
РНУ	-0,03	0,02	-0,22	0,2	-0,11	-0,04	-0,18	-0,17
РОУ	0,63*	0,35	0,63	-0,32	0,44	-0,28	0,37	0,23
С общий	0,67*	0,39	0,68	-0,2	0,6	-0,16	0,42*	0,27

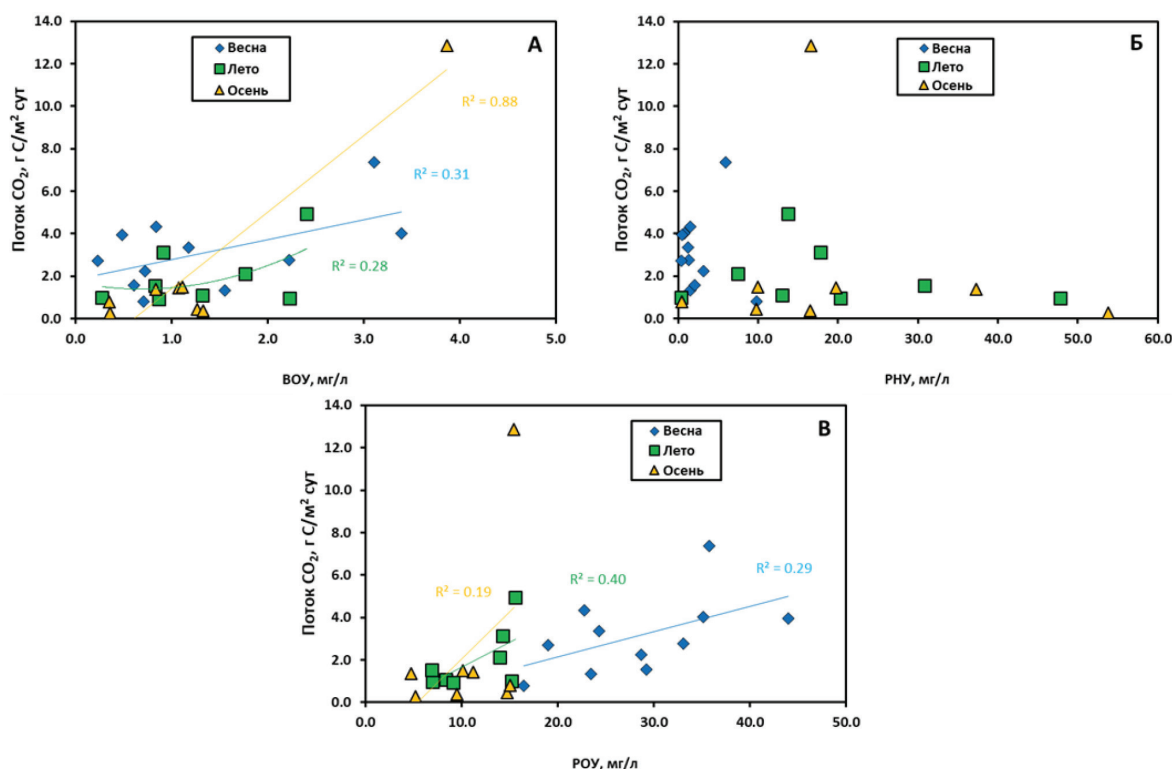


Рис. 2. Зависимость эмиссии  $\text{CO}_2$  от концентрации ВОУ (А), РНУ (Б), РОУ (В)

Наиболее высокие концентрации растворенного  $\text{CO}_2$  наблюдались в весеннюю межень, они составили  $(6\ 288 \pm 2\ 538)$  мг/л, летом и осенью значения снизились до  $(2\ 525 \pm 2\ 435)$  и  $(2\ 105 \pm 745)$  мг/л соответственно.

Установлено, что интенсивность эмиссии  $\text{CO}_2$  снижается от весны к осени. Так, в весеннее половодье был

пик эмиссии  $(2,8 \pm 2,1)$  г  $\text{C}/\text{м}_2/\text{д}$ , летом и осенью этот показатель составил 1,3 и 1,1 г  $\text{C}/\text{м}_2/\text{д}$  соответственно. Эти показатели довольно близки к значениям, представленным в исследовании [4] для немерзлотной зоны, такая сезонная динамика является вполне естественной для рек бореальной зоны. Так, в период половодья происхо-

дит затопление пойменных территорий и, как следствие, поступление большого количества органики в водоемы, которая подвергается первичным процессам переработки с активным выделением  $\text{CO}_2$ .

Исследованные реки в значительной степени обеспечены органическим веществом, поставляемым с водосборов в супераквальные и аквальные ландшафты в результате внутриводоемного и поверхностного стока, а также эрозионных и пойменных процессов. Высокое относительное содержание углерода в составе твердого стока рек может являться следствием слабой размывающей силы речных потоков, связанной с малым продольным уклоном рек и лимитированием вовлечения минеральной взвеси в речной сток.

Высокие концентрации органического вещества в речном стоке провоцируют его активное биоразложение, сопровождающееся эмиссией парниковых газов. Установлено, что концентрация растворенных форм  $\text{CO}_2$  в значительной мере зависит от концентрации  $\text{BOY}$  и практически не зависит от  $\text{PHY}$ . В свою очередь величина эмиссии  $\text{CO}_2$  имеет прямую зависимость и от концентрации  $\text{POY}$ , и от концентрации  $\text{BOY}$  во все исследованные периоды, что свидетельствует о равноценности взвешенных и растворенных форм  $\text{OY}$  в определении величины потоков  $\text{CO}_2$  для рек исследованной территории.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 20-05-00729А.

#### Список литературы

1. Drake T.W., Raymond P.A., Spencer R.G.M. Terrestrial carbon inputs to inland waters: A current synthesis of estimates and uncertainty // *Limnology and Oceanography Letters*. 2018. Vol. 3 (3). P. 132–142.
2. Pokrovsky O. S., Viers J., Shirokova L.S., Shevchenko V.P., Filipov A.S., Dupré B. Dissolved, suspended, and colloidal fluxes of organic carbon, major and trace elements in Severnaya Dvina River and its tributary // *Chem. Geol.* 2010. Vol. 273. P. 136–149. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2010.02.018>, 2010
3. Aufdenkampe A.K., Mayorga E., Raymond P.A., Melack J.M., Doney S.C., Alin S.R., Aalto R.E., Yoo K. Riverine coupling of biogeochemical cycles between land, oceans, and atmosphere // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2011. Vol. 9, Iss. 1. P. 53–60.
4. Serikova S., Pokrovsky O.S., Ala-Aho P., Kazantsev V., Kirpotin S.N., Kopysov S.G., Krickov I.V., Laudon H., Manasyrov R.M., Shirokova L.S., Soulsby C., Tetzlaff D.J. High riverine  $\text{CO}_2$  emissions at the permafrost boundary of Western Siberia // *Nature Geoscience*. 2018. Vol. 11, Iss. 11. P. 825–829.
5. Krickov I.V. Riverine particulate C and N generated at the permafrost thaw front: case study of western Siberian rivers across a 1700 km latitudinal transect // *Biogeosciences*. 2018. Vol. 22, Iss. 15. P. 6867–6884.
6. Lundin C.R., von Ballmoos C., Ott M., Ädelroth P., Brzezinski P. Regulatory role of the respiratory supercomplex factors in *Saccharomyces cerevisiae* // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2016. Vol. 113. P. E4476–E4485.
7. Cory R.M., Ward C.P., Crump B.C., Kling G.W. Sunlight controls water column processing of carbon in arctic fresh waters // *Science*. 2014. Vol. 345, Iss. 6199. P. 925–928.
8. Shirokova L.S., Chupakov A.V., Zabelina S.A., Neverova N.V., Payandi-Rolland D., Causserand C., Karlsson J., Pokrovsky O.S. Humic surface waters of frozen peat bogs (permafrost zone) are highly resistant to bio- and photodegradation // *Biogeosciences*. 2019. Vol. 16. P. 2511–2526.
9. Hilton R.G., Galy V., Gaillardet J., Dellinger M., Bryant C., O'Regan M., Gröcke D.R., Coxall H., Bouchez J., Calmels D. Erosion of organic carbon in the Arctic as a geological carbon dioxide sink // *Nature*. 2015. Vol. 7563, Iss. 524. P. 84–87.
10. Gofri M.A., Hatten J.A., Wheatcroft R.A., Borgeld J.C. Particulate organic matter export by two contrasting small mountainous rivers from the Pacific Northwest, U.S.A. // *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. 2013. Vol. 118. P. 112–134.
11. Jeong J.-J., Bartsch S., Fleckenstein J.H., Matzner E., Tenhunen J.D., Lee S.D., Park S.K., Park J.-H. Differential storm responses of dissolved and particulate organic carbon in a mountainous headwater stream, investigated by high-frequency, in situ optical measurements. P. 13.
12. Gordeev V.V., Kravchishina M.D. River flux of dissolved organic carbon (DOC) and particulate organic carbon (POC) to the Arctic Ocean: what are the consequences of the global changes? // *Influence of Climate Change on the Changing Arctic and Sub-Arctic Conditions*. Springer, Dordrecht. 2009. P. 145–160.
13. Pokrovsky O.S., Schott J., Kudryavtzev D.I., Dupre B. Basalts weathering in Central Siberia under permafrost conditions // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2005. Vol. 69. P. 5659–5680. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2005.07.018>, 2005
14. Savenko A.V., Pokrovsky O.S. Transformation of Dissolved Matter Runoff in the Ural River Mouth // *Geochem. Int.* 2020. Vol. 58, Iss. 8. P. 947–958.
15. Raymond P. A., Hartmann J., Lauerwald R., Sobek S., McDonald C., Hoover M., Butman D., Striegl R., Mayorga E., Humborg C., Kortelainen P., Dürr H., Meybeck M., Ciais P., Guth P. Global carbon dioxide emissions from inland waters // *Nature*. 2013. Vol. 7476 (503). P. 355–359.

## Оценка радиационной и химической безопасности древесного листового опада, используемого для вермикомпостирования

**Цуренко Н.А.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Куровский А.В.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Вермикомпостирование листового опада является одним из способов утилизации данного вида отходов V класса опасности. В 2020–2021 гг. был проведен сбор листового опада с двух территорий г. Томска с различной транспортной нагрузкой. Первое место сбора – Университетская роща ТГУ, второе – ул. Дальне-Ключевская с



оживленной автомагистрали. Валовое содержание свинца и кадмия в пробах исследуемого листового опада между двумя участками не различалось и составило 1–2,5 и 0,1–0,5 мг/кг соответственно. Содержание подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) в образцах варьировало от значений ниже порога обнаружения до  $4 \cdot 10^{-4}$ ,  $3 \cdot 10^{-3}$  и  $2 \cdot 10^{-4}$  мг/кг для свинца, кадмия и ртути соответственно. Содержание бенз(а)пирена во всех исследуемых пробах было менее 0,005 мг/кг (ниже предела обнаружения). А удельная эффективная активность естественных радионуклидов (ЕРН) была существенно ниже 300 Бк/кг.

*Ключевые слова:* листовая опад, вермикомпост, естественные радионуклиды, бенз(а)пирен, тяжелые металлы, свинец, кадмий, ртуть.

Проблема утилизации отходов на сегодняшний день является одной из важнейших экологических проблем, с которой человечество сталкивается ежедневно. Ежегодно древесные листовые растения сбрасывают листву, которая в условиях населенных пунктов имеет статус отхода V класса опасности – растительные отходы при уходе за газонами, цветниками (в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов 7 31 300 01 20 5). В России городской лиственный опад в условиях крупных городов оценивается как твердый коммунальный отход и подлежит сбору, вывозу и размещению на полигонах ТБО или же просто сжиганию [1]. Одним из наиболее рациональных способов переработки древесного листового опада является его вермикомпостирование. Полученный вермикомпост можно использовать в качестве органоминерального удобрения в растениеводстве [2]. Но в отношении городского листового опада необходимо учитывать возможную степень загрязнения тяжелыми металлами, бенз(а)пиреном и ЕРН, потому что именно эти показатели нормируются для вермикомпостов [3, 4]. Кроме того, хорошо известно, что ТМ могут накапливаться в древесной растительности [5].

В ходе исследования был произведен сбор листового опада тополя черного, березы повислой и ивы ломкой с двух районов г. Томска: Университетской рощи Томского государственного университета (У. роща) и ул. Дальне-Ключевской (Д.-Ключевская). Университетская роща получила статус условно незагрязненной территории, а улица Дальне-Ключевская – условно загрязненной, так как имеет большую транспортную нагрузку. В ходе исследования использовались такие методы, как атомно-абсорбционный – для определения ТМ, высокоэффективная, жидкостная хроматография для

определения массовой доли бенз(а)пирена, сцинтилляционный гамма-спектрометр «Прогресс-гамма» для определения удельной эффективной активности ЕРН. Статистическая обработка данных включала в себя вычисление средних арифметических и 95%-х доверительных интервалов.

Вермикомпосты по токсикологическим, ветеринарно-санитарным, гигиеническим показателям должны соответствовать требованиям, представленным в табл. 1 [3].

Таблица 1  
Токсикологические, ветеринарно-санитарные и гигиенические показатели вермикомпостов

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая концентрация примесей токсичных элементов (валовое содержание и подвижные формы), в том числе отдельных элементов, мг/кг сухого вещества, не превышающая:	
Свинца	130,0
Кадмия	2,0
Ртути	2,1
Мышьяка	10,0
Массовая концентрация бенз(а)пирена, мг/кг сухого вещества, не более	0,02
Удельная эффективная активность природных радионуклидов, Бк/кг сухого вещества, не более	300,0

В табл. 2 показаны результаты анализов листового опада. При этом следует отметить, что по показателям химической безопасности листового опада, собранный с двух исследуемых участков, значимо не отличался. Поэтому в таблице представлены усредненные результаты без разделения образцов по участкам сбора.

Таблица 2  
Результаты измерений массовой доли тяжелых металлов и бенз(а)пирена в пробах древесного листового опада г. Томска

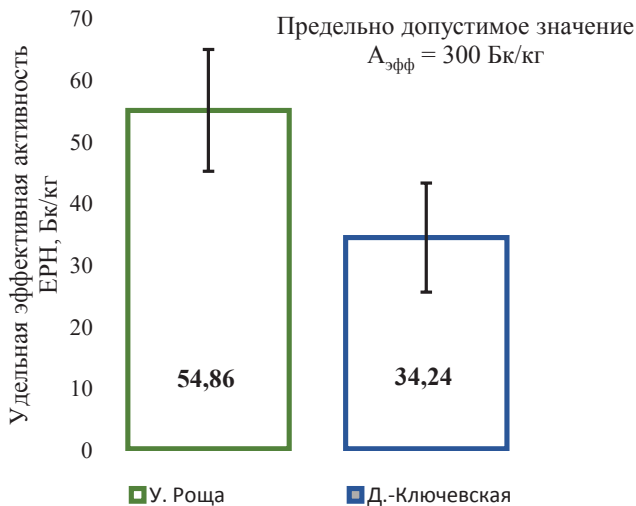
Показатель	Предельное значение показателя	Фактическое содержание		
		Береза	Тополь черный	Ива
Массовая доля валовой формы				
Свинец, мг/кг	130,0	$0,76 \pm 0,27$	$1,59 \pm 0,56$	$1,22 \pm 0,43$
Кадмий, мг/кг	2,0	$0,093 \pm 0,030$	$0,365 \pm 0,117$	$0,081 \pm 0,026$
Массовая доля подвижной формы				
Свинец, мг/л	130,0	$\leq 5 \cdot 10^{-8}$	$(8,67 \pm 0,97) \cdot 10^{-6}$	$(4,72 \pm 0,45) \cdot 10^{-5}$
		$(3,75 \pm 0,35) \cdot 10^{-4}$	$(3,36 \pm 0,35) \cdot 10^{-4}$	$(1,97 \pm 0,43) \cdot 10^{-4}$
Кадмий, мг/л	2,0	$\leq 3 \cdot 10^{-3}$	$\leq 3 \cdot 10^{-3}$	$\leq 3 \cdot 10^{-3}$
		$\leq 1 \cdot 10^{-3}$	$\leq 1 \cdot 10^{-3}$	$\leq 1 \cdot 10^{-3}$
Ртуть, мг/л	2,1		$\leq 2 \cdot 10^{-4}$	
Бенз(а)пирен, мг/кг	0,02		$\leq 0,005$	

Валовое содержание свинца и кадмия в пробах исследуемого листового опада составило 1–2,5 и 0,1–0,5 мг/кг соответственно. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в образцах варьировало от значений

ниже порога обнаружения до  $4 \cdot 10^{-4}$ ,  $3 \cdot 10^{-3}$  и  $2 \cdot 10^{-4}$  мг/кг для свинца, кадмия и ртути соответственно. Содержание бенз(а)пирена во всех исследуемых пробах было менее 0,005 мг/кг (ниже предела обнаружения).



На рисунке представлены значения удельной эффективной активности ( $A_{эфф}$ ) естественных радионуклидов в листовом опаде, собранном в двух разных районах Томска (средние арифметические и 95%-е доверительные интервалы).



Удельная эффективная активность EPN в образцах листового опада из двух районов г. Томска

Из рисунка видно, что в Университетской роще удельная эффективная активность EPN выше, чем на ул. Д.-Ключевской, что, вероятно, связано с почвенно-геологическими особенностями территории. Но в любом случае результаты исследования показывают, что  $A_{эфф}$  EPN и в Университетской роще, и на ул. Д.-Ключевской намного ниже предельно допустимого значения, а именно 300 Бк/кг.

Таким образом, валовое содержание свинца и кадмия в древесном листовом опаде Томска было ниже токсикологического норматива, указанного в ГОСТ Р 56004-2014, в 50 и 4 раза соответственно. Содержание подвижных форм тяжелых металлов было ниже токсикологического норматива по свинцу на 5 порядков, по кадмию – на 2–3 порядка, а по ртути – на 4 порядка. Удельная эффективная активность EPN также была ниже предельно допустимых значений: в Университетской роще в 5,5 раза, а на Д.-Ключевской – в 8,8 раза.

Исследуемый листовой опад в токсикологическом отношении является безопасным субстратом для вермикомпостирования.

*Исследование выполнено при поддержке Программы развития Национального исследовательского Томского государственного университета (Приоритет-2030).*

#### Список литературы

1. Ларина А.А. и др. Утилизация листового опада в условиях предприятия малого бизнеса // Труды РГУПС. 2020. № 2. С. 53.
2. Kurovsky A.V. et al. The balance of nitrogen forms and number of microorganisms of the nitrogen cycle in vermicomposts based on leaf litter and cow manure // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 935 (2021) 012002. doi:10.1088/1755-1315/935/1/012002
3. ГОСТ Р 56004-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Удобрения органические. Вермикомпосты. Технические условия. Введ. 2015-07-01. М.: Стандартинформ, 2020.
4. ГОСТ Р 53745-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Удобрения органические. Методы определения удельной эффективной активности природных радионуклидов. Введ. 2011-01-01. М.: Стандартинформ, 2020. 9 с.
5. Копылова Л.В. Фолиарное поступление тяжелых металлов в древесные растения // Вестник КрасГАУ. 2013. № 12. С. 126–133.

## Эколого-экономическая оценка лесов Вьетнама

Чан Чунг Нгиа

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск; Министерство экологии, Вьетнам

В статье приводятся данные стоимости лесов как с позиции ценности древесины и лесной продукции, так и с точки зрения защиты земель, регулирования водных ресурсов, ландшафтной ценности, поглощения и хранения углерода.

*Ключевые слова:* леса Вьетнама, экологическая оценка, экономическая оценка.

В последние годы в связи с быстрым социально-экономическим развитием Вьетнама и широкой международной интеграцией Управление лесным хозяйством Вьетнама ставит задачу объективной оценки лесов для целей аренды леса, изменения целевого назначения лесов, расчета платы за лесопользование и вырубку лесов, создание политики оплаты экологических услуг. Оценка экологических услуг леса имеет ряд сложностей, так как отсутствуют правовая база монетизации стоимости леса, обоснование структуры цен на лесные ресурсы, механизм распределения генерируемой лесами выгоды [1, 2].

Вьетнам – государство, расположенное на восточной окраине полуострова Индокитай, в центре Юго-Вос-

точной Азии. Площадь Вьетнама составляет 331,2 тыс. км<sup>2</sup>. Горные районы занимают 3/4 территории страны. Зональными группами являются влажные вечнозеленые и полувлажные полулистопадные леса низинного, предгорного, среднегорного и высокогорного тропического пояса. Флора Вьетнама насчитывает 12 тыс. видов растений, фауна – 7 тыс. видов животных, в том числе множество занесенных в Красную книгу видов, эндемиков.

Экономика Вьетнама представляет собой развивающуюся социалистически ориентированную рыночную экономику, зависящую от сельского хозяйства, туризма, экспорта сырья. Доход от экспорта древесины и продукции деревообработки достигает 1 млрд долларов в год

[3]. Вьетнам экспортирует лесопroduкцию в 120 стран, основные импортеры – США, Япония, Евросоюз.

Оценка лесов выполнена для трех провинций в северном, центральном и южном регионах Вьетнама. В качестве исходных данных для расчетов использованы материалы Департамента охраны лесов Вьетнама [4].

Йен Бай – провинция в северном регионе, расположена в тропическом муссонном климате. Средняя температура 18–20 °С (от 2–4 до 37–39 °С). Осадки обильные, в году распределены неравномерно, в среднем составляют 1 800–2 000 мм в год. Рельеф сложный, представлен большими горными цепями, возвышенностями и низменностями. Растительность представлена влажными тропическими лесами, большинство из них – вторичные леса. Есть особые типы леса: тропические леса на известняковых горах, бамбуковые леса. Провинция Йен Бай плодородна, используется для земледелия.

Тхуа Тхиен Хюэ – провинция в центральной части Вьетнама. Расположена в тропическом муссонном климате, погода имеет цикл из четырех сезонов: прохладная и теплая весна, жаркое лето, мягкая осень и холодная ветреная зима. Среднегодовая температура 25 °С. Горный рельеф составляет около четверти территории, большая часть занята холмами высотой менее 500 м. Растительность относится к тропическим муссонным вечнозеленым лесам.

Провинция Гиа Лай относится к южному региону с высокогорным климатом, богатым дождями. В году вы-

деляется два сезона: сезон дождей с мая по октябрь и сезон засухи с ноября по апрель следующего года. Среднегодовое количество осадков от 1 200 до 2 500 мм. Среднегодовая температура 22–25 °С. Растительность очень разнообразна и обильна. Около 78,3% площади лесных угодий составляют естественные леса.

На территории Вьетнама леса делят на три категории [5]:

- эксплуатационные леса, включают богатые (первичные) леса, средние (обедненные, смешанного состава), бедные (нарушенные, часто бамбуковые) и восстановленные (вторичные леса, лесные культуры);
- защитные леса (леса на известковых породах, мангровые леса);
- резервные леса заповедников и национальных парков.

Во Вьетнаме хорошо развито плантационное хозяйство. Основные лесные культуры: акация, эвкалипт, сосна, манго, кофейные деревья, цитрусовые деревья (апельсины, мандарины, грейпфруты), персиковые деревья («новогодние ели»), гевея (каучук).

Цены на активы от лесных товаров отражаются в денежной стоимости древесины на корню (табл. 1), являются основой для расчета компенсации за уничтожение леса. Цена лесных активов зависит от качества или состояния леса (богатый, средний, бедный, восстановленный) и его доступности [6, 7].

Таблица 1

**Стоимость древесины на корню естественных лесов**

Провинция	Состояние леса	Базовая стоимость лесных товаров, млн вьетнамских донгов <sup>1</sup>		
		Резервные	Защитные	Эксплуатационные
Йен Бай (север)	Богатый	257,4–361,3	202,4–272,2	195,9–292,6
	Средний	93,5–138,8	103,1–144,5	68,3–94,7
	Бедный	55,2–87,8	52,9–68,7	37,3–51,0
	Восстановленный	28,6–43,4	23,9–36,3	18,8–28,7
Тхуа Тхиен-Хюэ (центральный)	Богатый	221,6–412,4	278,5–375,1	218,6–281,1
	Средний	125,2–171,5	139,4–179,9	87,8–122,5
	Бедный	83,0–111,6	110,1–150,7	61,4–80,6
	Восстановленный	31,3–46,9	41,4–56,1	19,0–27,0
Гиа Лай (юг)	Богатый	2,7–338,8	327,0–449,7	190,8–335,5
	Средний	120,6–171,8	151,9–203,0	105,9–149,3
	Бедный	60,9–88,6	89,0–119,9	65,4–88,9
	Восстановленный	37,8–57,6	50,1–75,8	40,0–52,1

<sup>1</sup> \$ 1 ≈ 23 000 донгов.

Цена прав лесопользования для естественных лесов понимается как стоимость выгод (в основном от заготовки древесины и дров), которыми лесовладельцы пользуются в период лесопользования. Ценность эксплуатационных лесов определяется выгодами от лесозаготовок,

в защитных лесах использование лесных продуктов сильно ограничено, резервные леса представляют собой только ландшафтную ценность. Результаты определения цены права использования леса на срок 50 лет со ставкой дисконтирования 10% представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Цена стоимости прав лесопользования**

Провинция	Состояние леса	Стоимость прав лесопользования за гектар, млн вьетнамских донгов		
		Резервные	Защитные	Эксплуатационные
Йен Бай (север)	Богатый	16,4	72,1	75,1
	Средний		31,7	33
	Бедный		11,3	10,5
	Восстановленный		4,1	3,9

Окончание табл. 2

Провинция	Состояние леса	Стоимость прав лесопользования за гектар, млн вьетнамских донгов		
		Резервные	Защитные	Эксплуатационные
Тхуа Тхиен-Хюэ (центральный)	Богатый	9,3	50	84,6
	Средний		30,5	38
	Бедный		21,5	20
	Восстановленный		7,2	5,4
Гиа Лай (юг)	Богатый	3,8	83	89,7
	Средний		35,6	44,7
	Бедный		16,4	18,7
	Восстановленный		10	10,3

В случае плантационных эксплуатационных лесов цена лесопользования сильно варьирует и зависит от возраста леса, продуктивности и рыночной цены на лесную продукцию. Так, гибридный лес акации в возрасте от 1 до 7 лет оценивается в 17–45 млн донгов/га, эвкалиптовый лес – 19–38 млн донгов/га, сосна тенассеримская в возрасте 15–30 лет – 240–260 млн донгов/га [8]. Стоимость экологических услуг леса (косвенная сто-

имость использования) включает следующие процессы: охрана водосбора (охрана земель и регулирование водных ресурсов); прибрежно-защитное значение (мангровые и казуариновые леса); ландшафтное значение; абсорбция и хранение CO<sub>2</sub> (табл. 3) [9, 10]. Стоимость экологических услуг не зависит от типа леса (эксплуатационный, защитный или резервный), но зависит от его качества и местоположения.

Таблица 3

## Цена экологических услуг леса

Провинция	Стоимость экологических услуг				
	Защита земель, тыс. донгов	Регулирование водных ресурсов, тыс. донгов	Ландшафтная ценность, тыс. донгов	Поглощение углерода, млн донгов	Хранение углерода, млн донгов
Йен Бай (север)	95–895	189–231	700–2,300	0,4–1,3	35–84
Тхуа Тхиен-Хюэ (центральный)	120–419	116–142	500–1,200	0,5–1,5	37–91
Гиа Лай (юг)	148–520	36–47	200–500	0,6–1,5	46–91

Ценность лесов для улавливания и хранения углерода относительно велика в естественных лесах, широко варьирует в зависимости от типа леса, пропорциональна объему и биомассе леса.

Стоимость защиты мангровых зарослей морскими дамбами в Нам Дине (северный регион) составляет около 852 тыс. донгов/га/год [11]. Стоимость защиты от песка лесами казуарина в Куангбинь (центральный регион) составляет около 525 тыс. донгов/га/год.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Эколого-экономическая ценность естественных лесов превышает ценность восстановленных лесов в 8 раз.

В региональном аспекте наиболее высокой ценностью обладают леса провинции Гиа Лай (южный район) по сравнению с северными и центральными районами (в 2 и 3 раза соответственно), что связано с большим запасом леса и его богатым видовым составом.

Наиболее высокая стоимость прав лесопользования и прав собственности установлена для эксплуатационных лесов, наиболее низкая – для резервных, что обусловлено ограничением лесопользования в резервных лесах.

Ценность экологических услуг наиболее высокая в южной провинции, где мангровые заросли обеспечивают защиту береговой зоны от волн и штормовых нагонов. В центральном регионе леса обеспечивают защиту от наводнений.

Результаты исследования являются важной основой для монетизации ценности лесов, выработки политики по созданию устойчивых финансовых источников для

управления и развития лесов и особенно для изменения концепций о ценности лесов.

## Список литературы

1. Phân tích khung pháp lý về quản lý và sử dụng rừng liên quan đến định giá rừng ở Việt Nam, Phạm Xuân Phương, 2007.
2. Kinh nghiệm quốc tế và các đề xuất sửa đổi khung pháp lý về định giá rừng tại Việt Nam, Vũ Tấn Phương. URL: <http://vafs.gov.vn/vn/book/kinh-nghiem-quoc-te-va-cac-de-xuat-sua-doi-khung-phap-ly-ve-dinh-gia-rung-tai-viet-nam/> (дата обращения: 29.03.2022).
3. Rừng và ngành lâm nghiệp, Open Development Vietnam. URL: <https://vietnam.opendevlopmentmekong.net/vi/topics/forest-and-forestry/> (дата обращения: 29.03.2022).
4. Thống kê của Cục Bảo tồn Rừng Việt Nam, 2020.
5. Luật Bảo vệ và Phát triển rừng 2004 số 29/2004/QH11.
6. Phương pháp đánh giá rừng. URL: <https://thamdinghiathanhdo.com/phuong-phap-dinh-gia-rung> (Truy cập: 10/01/2021).
7. Đánh Giá Hiệu Quả Kinh Tế Và Môi Trường Của Rừng Trồng Keo Và Bạch Đàn, Vũ Tiến Dũng. URL: [http://catalog.tlu.edu.vn/exlibris/aleph/u22\\_2/alephe/www\\_f\\_eng/icon/ebook/thesis/LA3354.pdf](http://catalog.tlu.edu.vn/exlibris/aleph/u22_2/alephe/www_f_eng/icon/ebook/thesis/LA3354.pdf) (дата обращения: 29.03.2022).
8. Quyết định 40/2005/QĐ-BNN về Quy chế về khai thác gỗ và lâm sản khác, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2005.
9. Báo cáo chuyên đề “Các phương pháp xác định cacbon”, Vũ Tấn Phương và Đỗ Đình Sâm, Trung tâm Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng, Hà Nội, 2005.
10. Giá trị môi trường và dịch vụ sinh thái rừng, Vũ Tấn Phương. URL: <http://www.mekonginfo.org/assets/>

midocs/0002538-environment-values-of-forest-environment-goods-and-services.pdf

11. The Economic Valuation of Mangroves: A Manual for Researchers, Camille Bann, Ottawa, 1997. URL: [http://www.eepsea.net/pub/sp/1997\\_Bann\\_Mangroves.pdf](http://www.eepsea.net/pub/sp/1997_Bann_Mangroves.pdf) (дата обращения: 29.03.2022).

12. Фам Суан Фьонг. Анализ законодательной базы по управлению и использованию лесов, связанной с оценкой лесов во Вьетнаме / Исследовательский центр экологии лесов. 2007.

13. Ву Тан Фьонг. Международный опыт и предложения по внесению изменений в правовую базу оценки лесов во Вьетнаме. URL: <http://vafs.gov.vn/vn/book/kinh-nghiem-quoc-te-va-cac-de-xuat-sua-doi-khung-phap-ly-ve-dinh-gia-rung-tai-viet-nam/> (дата обращения: 29.03.2022).

14. Леса и лесная промышленность. URL: <https://vietnam.opendevelopmentmekong.net/vi/topics/forest-and-forestry/> (дата обращения: 29.03.2022).

15. Статистика Департамента охраны лесов Вьетнама. 2020.

16. Закон об охране и развитии лесов 2004 г. / Правительство Социалистической Республики Вьетнам. 2004.

17. Метод оценки лесов. URL: <https://thamdinhgiathanhdo.com/phuong-phap-dinh-gia-rung> (дата обращения: 01.10.2021).

18. Ву Тьен Дунг. Оценка экономической эффективности акациевых и эвкалиптовых лесов. URL: [http://catalog.tlu.edu.vn/exlibris/aleph/u22\\_2/alephe/www\\_f\\_eng/icon/ebook/thesis/LA3354.pdf](http://catalog.tlu.edu.vn/exlibris/aleph/u22_2/alephe/www_f_eng/icon/ebook/thesis/LA3354.pdf) (дата обращения: 29.03.2022).

19. Ву Тан Фьонг, До Динь Сам. Методы определения углерода: тематический отчет / Исследовательский центр экологии лесов и окружающей среды. Ханой, 2005.

20. Ву Тан Фьонг. Экологические ценности и лесные экологические услуги. URL: <http://www.mekonginfo.org/assets/midocs/0002538-environment-values-of-forest-environment-goods-and-services.pdf> (дата обращения: 29.03.2022).

21. Bann C. Экономическая оценка мангровых лесов: руководство для исследователей / Центр исследований международного развития. Оттава, 1997. URL: [http://www.eepsea.net/pub/sp/1997\\_Bann\\_Mangroves.pdf](http://www.eepsea.net/pub/sp/1997_Bann_Mangroves.pdf) (дата обращения: 29.03.2022).

## Биотропность нефтепродуктов для пресноводных раковинных амёб

Шкарупо А.П.

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия, г. Томск*

Карташев А.Г.

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия, г. Томск*

В статье представлены результаты исследований по влиянию бензина и дизельного топлива на выживаемость пресноводных раковинных амёб. Получены новые данные о выживаемости сообществ и видовой устойчивости раковинных амёб в зависимости от концентрации нефтепродуктов. Результаты исследований могут использоваться при биоиндикации нефтепродуктов в пресноводных водоемах.

*Ключевые слова:* пресноводные раковинные амёбы, нефтепродукты, устойчивость, биоиндикация.

Загрязнение пресноводных водоемов бензином и дизельным топливом приводит к негативным экологическим последствиям. Наблюдается снижение видовой разнообразия и численности в придонных и бентосных слоях водоемов. Выживаемость простейших рассматривается в качестве результативного биоиндикационного показателя и используется для экологического состояния экосистем [1]. Пресноводные раковинные амёбы присутствуют во всех водоемах, но устойчивость раковинных амёб к нефтепродуктам изучена недостаточно [2].

Целью работы являлось исследование влияния различных концентраций бензина и дизельного топлива на пресноводных раковинных амёб. В ранее проведенных исследованиях представлены основные результаты по влиянию нефтепродуктов на выживаемость пресноводных раковинных амёб [3]. В предлагаемой работе приведены результаты комплексных исследований по влиянию нефтепродуктов на численность и видовое разнообразие пресноводных раковинных амёб.

Опыты проводились в лабораторных условиях. В качестве объектов исследований использовались пресноводные раковинные амёбы. Концентрации загрязнителей составили: 50, 100 и 200 г/л. Исследования состояния сообществ тестацией проводилось по численности амёб каждого вида. Для определения видов амёб использовался определитель «Пресноводные раковинные амёбы» [4].

Анализ результатов исследований позволил заметить, что через 7 суток не выявлены изменения выживаемости опытных групп в загрязненных условиях. Концентрация нефтепродуктов 50 г/л не является губительной для пресноводных раковинных амёб. На 21-е сутки исследования отмечено действие выбранных концентраций, что указывает на кумулятивный характер влияния загрязнений. При концентрации равной 100 г/л дизельного топлива элиминировало большее количество видов пресноводных раковинных амёб, чем при действии бензина. Аналогичная ситуация прослеживалась при концентрации загрязнителей 200 г/л. Следовательно, дизельное топливо токсичнее бензина и вызывало более выраженное сокращение видовой разнообразия пресноводных раковинных амёб.

Негативное экологическое влияние бензина на сообщества беспозвоночных заключается в его химической токсичности. Ароматические углеводороды оказывают наркотическое и токсическое влияние на живые организмы. Несмотря на относительно короткий период острого токсического влияния и высокую летучесть ароматических углеводородов, бензин и дизельное топливо значительно снижали численность беспозвоночных [1].

На основании проведенных исследований по выживаемости пресноводных раковинных амёб при действии нефтепродуктов с различной концентрацией можно выделить три этапа адаптации сообществ. Первый этап –



этап резистентности к загрязнителю в течение 7 суток, при котором происходило дифференцированное снижение численности всех видов амёб без вымирания. Второй этап – выживаемости – происходил в течение 30 суток и характеризовался значительным снижением численности амёб с элиминацией неустойчивых видов. Третий этап – вымирания сообществ – характерен для 60-суточного влияния бензина на раковинных амёб. При концентрациях бензина 100 и 200 г/л сохраняется возможность восстановления сообществ.

Таким образом, на основании проведенных исследований по влиянию нефтепродуктов на сообщества пресноводных раковинных амёб установлено, что выживаемость пресноводных раковинных амёб зависит от концентрации бензина, дизельного топлива и периода действия. Концентрацию нефтепродуктов, не превышающую 100 г/л, можно рассматривать как область адаптации сообществ раковинных амёб. Концентрации нефтепродуктов 200 г/л и выше приводят к деградации

сообществ пресноводных раковинных пропорционально длительности влияния. Токсичность дизельного топлива выше токсичности бензина и вызывает более негативное влияние на выживаемость сообществ пресноводных раковинных амёб.

#### Список литературы

1. Карташев А.Г. Биоиндикация антропогенных загрязнений. Томск: ТУСУР, 2019. 226 с.
2. Шкарупо А.П., Карташев А.Г., Караулин А.В. Устойчивость пресноводных раковинных амёб к нефтезагрязнению. URL: <https://sci-article.ru/stat.php?i=1649511410>.
3. Базаев Г.Д., Шкарупо А.П. Влияние бензина на выживаемость пресноводных раковинных амёб: сборник избранных статей научной сессии ТУСУР, Томск, 18–20 мая 2022 г.: в 3 ч. Томск: В-Спектр, 2022. Ч. 3. С. 134–135.
4. Пресноводные раковинные амёбы / Ю.А. Мазей, А.Н. Цыганов: М-во образования и науки РФ, Пензенский гос. пед. ун-т им. В. Г. Белинского. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2006. 300 с.

## Влияние биостимуляторов на лабораторную всхожесть семян эфиромасличных растений

**Щукина А.В.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Бабенко А.С.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

**Тюлькевич К.В.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Настоящее исследование проведено с целью оценки влияния стандартного биологического стимулятора роста – гиббереллиновой кислоты и вытяжки из вермикомпоста на всхожесть семенного материала культур рода *Mentha*, *Salvia*, *Ocimum*. Одним из важнейших факторов, стимулирующих развитие промышленного производства эфиромасличных растений, является повышение равномерности прорастания семенного материала культур. Отсутствие дружных всходов гарантирует неравномерное созревание урожая, вследствие чего затрудняется уборка полей и снижается качество урожая. Проведенные лабораторные опыты показывают, что стимуляторы роста оказывают негативное влияние на энергию прорастания и всхожесть семенного материала базилика душистого. Для стимулирования всхожести мяты перечной оптимальным биостимулятором является гиббереллиновая кислота. Вытяжка из вермикомпоста в опыте с мятой перечной показала незначительные результаты. Всхожесть шалфея лекарственного при использовании в качестве биостимулятора вытяжки из вермикомпоста оказалась на 19% выше, чем при использовании гиббереллиновой кислоты. Достоверность данных исследования подтверждена многократным тестом Дункана. Полученные в ходе исследования данные позволили выявить видоспецифичное влияние вытяжки из вермикомпоста на подопытные культуры. Результаты, полученные в ходе исследования, дают возможность к дальнейшему изучению вытяжки из вермикомпоста как биологического стимулятора роста культур рода *Salvia* в полевых условиях. В том случае если в ходе полевых опытов с вытяжкой из вермикомпоста результаты окажутся такими же успешными, то данный биологический стимулятор роста можно рекомендовать производителям эфиромасличных растений для повышения урожайности культур рода *Salvia*.

*Ключевые слова:* эфиромасличные культуры, биологические стимуляторы роста, гиббереллиновая кислота, вытяжка из вермикомпоста, энергия прорастания.

Современная сельскохозяйственная наука находится в той фазе, когда дальнейший рост продуктивности растений и качества сельскохозяйственной продукции невозможен без внедрения новейших агроприемов и технологий. Тенденция внедрения предлагаемых химической промышленностью новых форм удобрений, стимуляторов и других форм химических соединений в аграрную деятельность не всегда имеет положительный эффект на экологию окружающей среды и здоровье человека [1].

Эфиромасличные растения используются во многих отраслях производства: фармпромышленности, индустрии косметики и парфюмерии, пищевой и кондитерской промышленности. Однако во многих случаях сырье заготавливается в природных условиях, что влияет на сокращение популяции эфиромасличных растений в природе [2].

Актуальность проведенного исследования в том, что одним из важнейших факторов повышения урожайности и качества сырья является предпосевная подготовка семян лекарственных растений. Всхожесть и энергия прорастания большинства эфиромасличных растений остается низкой. Приемы быстрого выведения семян из

природе [2]. Актуальность проведенного исследования в том, что одним из важнейших факторов повышения урожайности и качества сырья является предпосевная подготовка семян лекарственных растений. Всхожесть и энергия прорастания большинства эфиромасличных растений остается низкой. Приемы быстрого выведения семян из

состояния покоя и получения ранних и дружных всходов включают в себя проращивание с использованием биостимуляторов роста. Выявление наиболее подходящих биологических стимуляторов роста для эфиромасличных культур благоприятно влияет на развитие эфиромасличных хозяйств в мире, тем самым сокращая потребность в уничтожении природных популяций эфиромасличных культур [1].

В качестве объекта исследования использовалась вытяжка из вермикомпоста на основе листового опада, произведенная в НИ ТГУ А.С. Бабенко [3]. Эффективность вытяжки сравнивалась с наиболее распространенным стимулятором роста – гиббереллиновой кислотой. Влияние стимуляторов роста определяли на приобретенных семенах растений от компании «Гавриш» из семейства яснотковые рода мята перечная (*Mentha × piperita* L.) сорт «карамелька», базилик душистый (*Ocimum basilicum* L.) сорт «компатто» и шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.) сорт «кубанец».

Отзывчивость семян на стимуляторы роста изучалась в лаборатории лекарственных растений НИ ТГУ. Лабораторные исследования проводились с использованием переменных температур в термостате. Скарификация семян не производилась.

Семена замачивались в стимуляторах роста в течение 12 часов (вытяжка из вермикомпоста) и 24 часов (гиббереллиновая кислота 100 ppm). Контрольный

вариант замачивался на 24 часа в дистиллированной воде. При проращивании семян в качестве ложа использовалась фильтровальная бумага в два слоя. Перед проращиванием семян фильтровальную бумагу увлажняли водой. Чашки Петри в процессе опыта находились в термостате с использованием переменных температур (29–18 °С). Учет энергии прорастания производили через 5 дней, далее – учет всхожести семян, убирая все нормально и аномально проросшие семена. Данная характеристика определялась путем проращивания 100 штук семян каждого вида растений в четырехкратной повторности. К нормально проросшим семенам (всхожим) относятся семена, имеющие развитый корешок, имеющий длину не менее длины семени [4]. При изучении морфобиологических особенностей семян установлены внешние характеристики плодов лекарственных растений: шалфей лекарственный «кубанец» – орешек, почти округлый, темно-бурый, сухой, из четырех долей; мята перечная сорта «карамелька» – ценобий, состоящий из четырех мелких орешков темно-бурого цвета; базилик душистый «компатто» – плод состоит из четырех орешков темно-бурого цвета.

Анализ результатов по определению влияния гиббереллиновой кислоты и вытяжки из вермикомпоста на всхожесть семян лекарственных культур представлен в таблице.

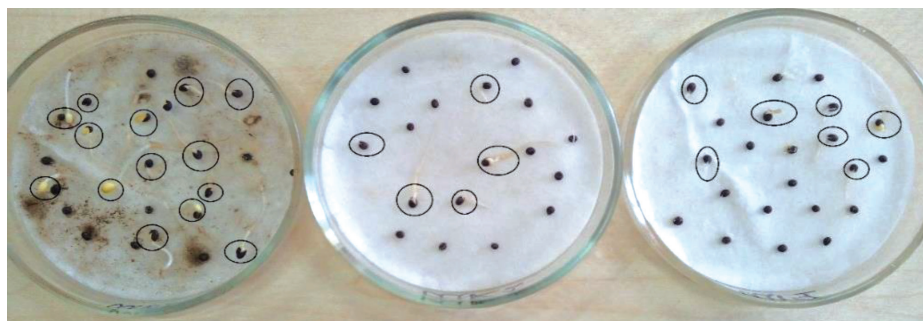
**Сравнительная характеристика влияния вытяжки из вермикомпоста и гиббереллиновой кислоты на всхожесть и энергию прорастания семян лекарственных растений, %**

Культура	Показатель	Контроль	Вытяжка из вермикомпоста	Гиббереллиновая кислота
Шалфей лекарственный сорт «кубанец»	Всхожесть	47а	67а	48а
	Энергия прорастания	3с	31b	32а
Мята перечная сорт «карамелька»	Всхожесть	0b	4b	97а
	Энергия прорастания	0b	4b	76а
Базилик душистый сорт «компатто»	Всхожесть	95а	84а	86а
	Энергия прорастания	94а	84а	60b

\*Примечание: значения в столбцах, за которыми следуют одинаковые буквы, не имеют значимого отличия друг от друга в соответствии с тестом Дункана при  $p < 0,05$ .

Исходя из полученных в ходе лабораторного опыта данных, были сделаны следующие заключения: стимулятор роста в виде вытяжки из вермикомпоста на 19%

повышает всхожесть шалфея лекарственного относительно всхожести при использовании гиббереллиновой кислоты (рисунк).



Шалфей лекарственный слева направо: вытяжка из вермикомпоста, контроль, гиббереллиновая кислота на 7-й день (фото автора)

На мяту перечную вытяжка из вермикомпоста оказывает незначительное влияние. Всхожесть и энергия прорастания с вытяжкой была на 4% больше, чем в контрольном образце, однако на 93% ниже, чем в ва-

рианте с гиббереллиновой кислотой. На базилик душистый стимуляторы роста оказали негативное влияние. Всхожесть в контроле превысила всхожесть в экспериментах.

В ходе проведенного исследования по влиянию биостимуляторов роста на энергию прорастания и всхожесть эфиромасличных культур выявлена видоспецифичность вытяжки из вермикомпоста с оптимальными показателями на шалфее лекарственном. Относительно мяты перечной положительная динамика показателей энергии прорастания не превысила динамику стандартного стимулятора роста – гиббереллиновую кислоту. Отмечена также нецелесообразность применения стимуляторов роста для базилика душистого.

Результаты исследования показали, что биостимулятор роста на основе вытяжки из вермикомпоста потенциально применим к эфиромасличным растениям, однако требуются дальнейшие исследования ввиду его видоспецифичной реакции на культуры.

*Исследование выполнено при поддержке Программы развития Национального исследовательского Томского государственного университета (Приоритет-2030)*

#### Список литературы

1. Зиннер Н.С., Щукина А.В., Тюлькевич К.В. Влияние биостимуляторов на посевные качества семян лекарственных растений // Сборник статей XLVIII Международной на-

учно-практической конференции Advances in Science and Technology (г. Москва, 31 октября 2022 г.). М.: Актуальность. РФ, 2022. С. 256.

2. Зиннер Н.С., Некратова Н.А., Ковалева А.Л., Щукина А.В. Влияние биопрепаратов на прорастание семян *Scutellaria baicalensis* Georgi // Материалы международной научной конференции. Ботанические сады как центры изучения и сохранения фиторазнообразия: труды VII Международной научной конференции, посвященной 140-летию Сибирского ботанического сада Томского государственного университета (г. Томск, 28–30 сентября 2020 г.). Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2020. С. 78–80. DOI: 10.17223/978-5-94621-956-3-2020-23

3. Глибина Н.С., Каллас Е.В., Бабенко А.С. Эффективность вермикомпоста на основе пищевых отходов в условиях вегетационного опыта // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов VII Международной научной конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ (г. Томск, 14–19 сентября 2020 г.). Томск, 2020. С. 210–213.

4. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. С. 64.

## Весенний фитопланктон некоторых водных объектов национального парка «Красноярские столбы»

Эйхвальд К.А.

Омский государственный аграрный университет, Россия, г. Омск

Баженова О.П.

Омский государственный аграрный университет, Россия, г. Омск

Впервые приведены сведения о видовом составе и таксономической структуре фитопланктона некоторых рек и ручьев национального парка «Красноярские столбы» за весенний период 2022 г.

*Ключевые слова:* фитопланктон, видовой состав, таксономическая структура, эколого-географическая характеристика, реки и ручьи, национальный парк «Красноярские столбы».

Национальный парк (НП) «Красноярские столбы» находится в пригороде г. Красноярска и имеет особое природоохранное, эстетическое и рекреационное значение для всего Красноярского края. Территория расположена на северо-западных отрогах Восточного Саяна, граничащих со Среднесибирским плоскогорьем. Площадь составляет 47 219 га. С северо-востока территория НП примыкает к городской черте Красноярска. Географическое расположение определяется координатами 55°38'–55°58' с. ш. и 92°20'–93°20' в. д. Территория парка имеет хорошо развитую гидрографическую сеть (0,63 км/км<sup>2</sup>) общей протяженностью более 300 км. Она группируется в четыре различных по площади водосборных речных бассейна – Маны (135,1 км<sup>2</sup>), Базаихи (259,2 км<sup>2</sup>), Большой Слизневой (56,7 км<sup>2</sup>) и собственно Енисея (21,3 км<sup>2</sup>) [1].

Материалом для сообщения послужили результаты обработки количественных и качественных проб фитопланктона, отобранных с 19 по 24 мая 2022 г. из водных объектов НП (рисунок).

Отбор количественных проб фитопланктона (16 проб объемом 0,5 л) проводили зачерпыванием из поверхностного (0–0,2 м) слоя воды.



Схема расположения точек отбора проб фитопланктона, май 2022 г.



Пробы фиксировали 40%-м формалином с добавлением раствора Люголя, концентрировали осадочным способом, обрабатывали общепринятыми методами [2] на световом микроскопе Euler Professor 770T. Качественные пробы получали путем интегрирования количественных.

Идентификацию видов проводили с использованием отечественных и зарубежных определителей, монографий и сводок систематического характера. Таксономический список водорослей составлен с учетом современных систематических преобразований. Для проверки актуальности названий использовали базу данных интернет-ресурсов Algaebase [9]. Эколого-географическая характеристика видов водорослей основана на данных, содержащихся в определителях и крупных сводках [3, 4].

В весеннем фитопланктоне исследованных водных объектов НП к настоящему времени идентифицировано 57 видовых и внутривидовых таксонов (ВВТ), включая номенклатурный тип вида, в том числе *Cyanoprokaryota* – 4, *Dinophyta* – 1, *Chrysophyta* – 5, *Euglenophyta* – 2, *Bacillariophyta* – 31, *Chlorophyta* – 14 (табл. 1).

**Таксономическая структура фитопланктона исследованных рек и ручьев НП, май 2022 г.**

Отдел	Класс	Количество				
		порядков	семейств	родов	видов	ВВТ
<i>Cyanoprokaryota</i>	<i>Cyanophyceae</i>	3	3	3	4	4
<i>Dinophyta</i>	<i>Dinophyceae</i>	1	1	1	1	1
<i>Chrysophyta</i>	<i>Chrysophyceae</i>	1	3	3	5	5
<i>Euglenophyta</i>	<i>Euglenophyceae</i>	1	1	1	2	2
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Coscinodiscaceae</i>	1	1	1	1	1
	<i>Bacillariophyceae</i>	8	14	17	26	30
<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorophyceae</i>	2	5	8	10	11
	<i>Trebouxiophyceae</i>	1	2	3	3	3
Всего		18	30	37	52	57

Основу видового богатства весеннего фитопланктона формируют диатомовые (54,39%) и зеленые водоросли (24,56%). Остальные отделы водорослей играют подчиненную роль в таксономическом составе фитопланктона.

Абсолютное большинство идентифицированных ВВТ *Bacillariophyta* (30) относятся к пеннатым диатомеям класса *Bacillariophyceae* и только один – к центрическим диатомеям класса *Coscinodiscaceae* – *Melosira varians* Agardh. Повсеместно встречаются такие случайно-планктонные виды диатомей, как *Meridion circulare* (Greville) Agardh, *Navicula Bory sp.*, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère, *Cocconeis lineata* Ehrenberg, *C. placentula* Ehrenberg.

На втором месте по видовому богатству находятся зеленые водоросли, представленные двумя классами, наибольшим разнообразием характеризуется класс *Chlorophyceae*. В фитопланктоне всех исследованных рек и ручьев найдены *Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová и *M. minutum* (Nägeli) Komárková-Legnerová. Единично встречены в р. Мане – *Treubaria setigera* (Archer) G.M. Smith, в ручье Большой Инжур – *Characium acuminatum* Braun, в ручье Маслянка – *Tetraëdron minimum* (Braun) Hansgirg.

Из отдела *Cyanoprokaryota* повсеместно встречаются мелкоклеточные виды *Aphanocapsa holsatica*

(Lemmermann) Cronberg et Komárek и *A. incerta* (Lemmermann) Cronberg et Komárek. Единично в ручье Лалетино найден *Cyanothece aeruginosa* (Nägeli) Komárek, в реке Мане – *Spirulina major* Kützing ex Gomont.

Золотистые водоросли рода *Kephyrion* Pascher найдены во всех пробах. Единично встречены в р. Мане *Dinobryon sociale* Ehrenberg, в ручье Сынжуле (бассейн р. Базаихи) – *Kephyrion francevii* Guseva. Эвгленовые водоросли (род *Trachelomonas* Ehrenberg) были найдены только в одной пробе из устья р. Маны.

В исследованных водных объектах были найдены семь видов водорослей, не встречавшиеся ранее в летнем фитопланктоне [5, 6], в том числе: *Cyanoprokaryota* – *Cyanothece aeruginosa* (Nägeli) Komárek, *Dinophyta* – *Peridinium cinctum* (O.F. Müller) Ehrenberg, *Chrysophyta* – *Dinobryon sociale* Ehrenberg, *Kephyrion francevii* Guseva, *Bacillariophyta* – *Cymatopleura apiculata* W. Smith, *Chlorophyta* – *Characium acuminatum* Braun, *Tetraëdron minimum* (Braun) Hansgirg.

Все виды водорослей, идентифицированные в весеннем фитопланктоне, относятся к числу широко распространенных в различных водных объектах умеренно-климатической зоны Сибири.

Среди наиболее распространенных характеристик, используемых для описания эколого-географических особенностей видов водорослей, применяют географическую приуроченность, местообитание видов, их сапробность и отношение к солености и показателю pH [4, 5]. При анализе эколого-географических особенностей исследуемой альгофлоры в общем и фитопланктона в частности доля видов с известной эколого-географической характеристикой должна составлять не менее 50% общей. Только при выполнении этого условия проведенный анализ может считаться корректным. При анализе весеннего фитопланктона НП это условие было соблюдено.

Эколого-географические характеристики идентифицированных видов водорослей из исследованных водных объектов НП весьма разнообразны. По месту обитания среди них наиболее распространены планктонно-бентосные формы, на втором месте находятся обитатели бентоса, немного уступают им истинно планктонные виды (табл. 2).

По отношению к солености воды ведущее место занимают индифференты, гораздо меньше представителей других экологических групп. Реки и ручьи НП относятся к слабоминерализованным водам, поэтому пресноводные виды (индифференты) составляют основную долю фитопланктоценоза по отношению к солености воды. К ним относятся представители всех отделов, найденных в планктоне, в том числе 3 вида цианопрокариот, 1 вид динофиций, 4 вида золотистых, 1 вид эвгленовых, 21 ВВТ диатомовых и 13 ВВТ зеленых водорослей.

Активная реакция водной среды в исследованных объектах НП колеблется от слабокислой до нейтральной (pH 6,41–7,2), поэтому здесь преимущественно обитают индифференты и алкалофилы. Наиболее разнообразен состав индифферентов, к ним относятся цианопрокариоты (1 вид), эвгленовые (2 вида), диатомовые (10 ВВТ), зеленые (4 ВВТ) водоросли. Только один вид цианопрокариот (*Cyanothece aeruginosa*) относится к ацидофилам.

По географической приуроченности в потамопланктоне рек и ручьев НП лидируют космополиты, очень мало бореальных и северо-альпийских видов.



Таблица 2

## Эколого-географическая характеристика водорослей рек и ручьев НП, май 2022 г.

Эколого-географические группы	Число ВВТ	Доля, %	Эколого-географические группы	Число ВВТ	Доля, %
Местообитание			Географическое распространение		
П	11	19,30	к	41	71,93
П-Б	20	35,09	б	2	3,51
Б	12	21,05	с-а	1	1,75
О-П	2	3,51	Сапробность		
О-Б	1	1,75	о	9	15,7
Э	1	1,75	о-а	2	3,51
Галобность			о-β/β-о	15	26/32
И	41	71,93	β	12	21,05
Гл	3	5,26	β-α	2	3,51
Ог	1	1,75	α	2	3,51
Ацидофильность			χ	1	1,75
Ин	16	28,07	χ-β	1	1,75
Ал	12	21,05			
Ац	1	1,75			

*Примечание.* Местообитание: П – планктонный вид, О – обрастатель, Б – бентосный вид, Э – эпибионтный. Галобность: Ог – олигогалоб, И – индифферент, Гл – галофил. Ацидофильность: Ин – индифферент, Ац – ацидофил + ацидобионт, Ал – алкаифил + алкалбионт. Географическое распространение: к – космополит, с-а – северо-альпийский, б – бореальный. Сапробность: χ – ксеносапроб, о – олигосапроб, β – бета-мезосапроб, α – альфа-мезосапроб.

К космополитам относятся представители всех найденных отделов фитопланктона. Такое распределение видов по географической приуроченности характерно для фитопланктона большинства водных объектов, расположенных в умеренно-климатической зоне Сибири [7].

В составе водорослей НП найдено 44 вида-индикатора сапробности (70,18% от общего числа идентифицированных ВВТ). Обитателей чистых вод (χ-, олигосапробы) в исследованных реках и ручьях найдено немного – 10 ВВТ, или 22,73% от общего числа видов-индикаторов сапробности. Наибольшую долю индикаторов сапробности (40,91%, или 18 ВВТ) составляют виды-индикаторы с широким пределом толерантности к загрязнению органическими веществами (χ-β-, о-α-, о-β-, β-о-мезосапробы), которые могут обитать как в чистых, так и в загрязненных/грязных зонах. Эта группа видов обеспечивает высокую самоочищающую способность водных объектов НП. Немного уступают им по числу видов-индикаторов обитатели загрязненных вод (β-, α-, β-α-мезосапробы) – 16 ВВТ, или 36,36% от общего числа видов – индикаторов сапробности.

Таким образом, в фитопланктоне исследованных объектов НП по месту обитания преобладают истинно планктонные и случайно-планктонные виды, по отношению к солёности воды – индифференты, к активной реакции среды (рН) – индифференты и алкаифилы, по географической приуроченности – космополиты. Состав видов – индикаторов сапробности указывает на повышенный уровень загрязнения водных объектов легко окисляемыми органическими веществами.

Видовой состав, таксономическая структура и эколого-географические характеристики водорослей весеннего фитопланктона обследованных объектов НП имеют большое сходство с аналогичными показателями

летнего фитопланктона [5, 6], что вполне закономерно и отражает в целом сезонную динамику гидробиоценозов [8].

## Список литературы

1. Наблюдение процессов и явлений в природном комплексе заповедника «Столбы» и их изучение по программе «Летопись природы» / Книга 77 (2019 г.). Красноярск, 2020. 244 с.
2. Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во МГУ, 1979. 168 с.
3. Баринаева С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
4. Баринаева С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Хайфа, Киев: Изд-во Университета Хайфы, 2019. 367 с.
5. Эйхвальд К.А., Баженова О.П. Первые сведения о фитопланктоне некоторых водных объектов национального парка «Красноярские столбы» // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2022. № 21-1. С. 200–204.
6. Эйхвальд К.А., Баженова О.П. Трофический статус и качество воды рек и ручьев национального парка «Красноярские столбы» // Экологические чтения – 2022: материалы XIII Национ. науч.-практ. конф. (с междунар. участием), Омск, 9 июня 2022 г. Омск: Омский ГАУ, 2022. С. 415–421. URL: <https://e-journal.omgau.ru/images/conf/eko150722/sbornikeko150722.pdf> (дата обращения: 10.11.2022).
7. Фитопланктон Омского Прииртышья / О.П. Баженова и др.; под общей ред. О.П. Баженовой. Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. 320 с.
8. Константинов А.С. Общая гидробиология: перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1986. 472 с.
9. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. 2022. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org> (accessed 10 November 2022).

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Адам А.М., Горбачев В.Н., Мершина Г.И.</i> Управление использованием водных ресурсов на основе наилучших доступных технологий на примере водохозяйственного участка 13.01.03.004 (Томь от г. Кемерово до устья).....	3
<i>Алаева Л.А., Девятова Т.А., Негрובה Е.А.</i> Красная книга почв Воронежской области как способ сохранения биологического разнообразия экосистем .....	6
<i>Армянинов А.Е., Ти А.В.</i> Перспективы рационального использования геотермальных ресурсов на территории Томской области.....	8
<i>Бисирова Э.М., Керчев И.А.</i> Современное состояние древостоев кедрового сибирского, поврежденных новым инвазионным вредителем – союзным короедом <i>Ips amitinus</i> в Томской области .....	9
<i>Васильева А.О., Яблочкина Н.Л.</i> Актуальные проблемы обращения с твердыми коммунальными отходами на территории Алтайского края.....	13
<i>Волощук А.С., Кондрашин В.Э.</i> Изменение значений мощности эквивалентной дозы гамма-излучения как признак выхода радона .....	15
<i>Горбачев В.Н., Говорухина Г.В.</i> Экологическая составляющая технологий социального управления качеством жизни.....	16
<i>Гостева И.А., Хвощевская А.А., Ахназарова З.А.</i> Оценка способности природных водоемов к самовосстановлению на основе токсикологических исследований...	18
<i>Готфрид Н.С., Чаптаров Д.В., Терещенко Н.Н.</i> Эффективность приема предпосевной бактериализации семян горчицы белой при фиторемедиации почв, загрязненных кадмием .....	20
<i>Дворянкин Д.Ю., Перцова И.Г.</i> Исследование сорбционного извлечения ионов $Cu(II)$ и $Ni(II)$ модифицированными углеродными сорбентами .....	22
<i>Доровских А.А., Коняшкин В.А.</i> Оценка и прогноз качества атмосферного воздуха на перекрестках г. Томска .....	24
<i>Дорохов П.П., Лаптев Н.И.</i> Оценка достижения цели 7 целей развития тысячелетия на примере Томской и Омской областей .....	32
<i>Елишев К.Д.</i> Оценка загрязнения почвы нефтепродуктами методом биоиндикации.....	34
<i>Жакинова А.Т., Середина В.П.</i> Возможности эксплуатации вторичных отходов переработки нефтешламов в условиях Западной Сибири.....	35
<i>Жэналиева Н.Р., Лаптев Н.И.</i> Сравнительная оценка выбросов парниковых газов в Кыргызской Республике и Республике Таджикистан .....	36
<i>Задкова А.Г., Булгаков С.А.</i> Мониторинг техногенных линз – важный аспект экологической безопасности предприятия .....	38
<i>Зубарев А.А., Лаптев Н.И.</i> Оценка истощимости возобновимых природных ресурсов Томской области .....	39
<i>Иванчук Н.П., Подлипский И.И.</i> Методика проведения эколого-геологической оценки состояния донных отложений озера Вельё (национальный парк «Валдайский»).....	40
<i>Ильинских Е.Н.</i> Динамика цитогенетических нарушений у больных смешанной инфекцией иксодового клещевого боррелиоза и гранулоцитарного анаплазмоза человека .....	43
<i>Казначеева О.Ю., Баженова О.П.</i> Проблемы и перспективы переработки органических отходов в Омской области .....	44
<i>Калашникова С.А., Карташев А.Г.</i> Влияние нефтезагрязнений на сообщества почвенных нематод в светло-серых лесных почвах г. Томска .....	46
<i>Касьяненко А.А., Литвиненко В.В., Рябова Э.Г.</i> Оценка воздействия полигона ТБО на состояние окружающей среды южной части Большого Соловецкого острова.....	47

<i>Киселев А.О., Литвиненко В.В., Мазилова Е.А.</i> Экологическое просвещение школьников Соловецких островов: методики и практики .....	51
<i>Кнауб Р.В., Игнатьева А.В., Мицых И.Н.</i> Сравнительный анализ статистики выбросов парниковых газов крупнейшими загрязнителями на уровне предприятий стран мира и России .....	52
<i>Колядо И.Б., Плугин С.В., Богданов С.В.</i> Взаимосвязь распространенности отдельных болезней и возраста фертильных женщин Третьяковского района Алтайского края, проживающих в зоне ракетно-космической деятельности .....	54
<i>Корниевская Т.В., Елесова Н.В., Силантьева М.М., Овчарова Н.В.</i> Кратковременная изоляция пастбищ для восстановления малопродуктивных кормовых угодий юга Западной Сибири.....	56
<i>Костерова В.В., Баженова О.П., Адам А.М.</i> Экосистемные услуги водных объектов Омской области .....	60
<i>Кузнецова Д.М., Жаркова В.В., Бричков А.С., Прудовикова К.В.</i> Доступность солнечных лучей для сельскохозяйственных культур после обработки клеющими составами .....	62
<i>Курашев Д.Г., Манасыпов Р.М.</i> Спектрофотометрическая характеристика поровых вод донных отложений термокарстовых озер Западной Сибири.....	64
<i>Кушнарь Д.К., Синдирева А.В.</i> Оценка влияния кольчатых червей на агрохимические показатели почвы.....	66
<i>Леухин И.В., Ровнина Т.А.</i> Итоги лесопатологических исследований в Шорском национальном парке за период с 2020 по 2022 гг. ....	67
<i>Ляпина Е.Е.</i> Тяжелые металлы в почвах г. Томска.....	70
<i>Назаров А.Д.</i> Непрерывное экологическое образование и просвещение в работе профессионально-волонтерского проекта «Родники Томска» (2020–2022).....	72
<i>Назарова О.А.</i> Непрерывное экологическое образование и просвещение в работе профессионально-волонтерского проекта «Родники Томска» (2013–2018).....	76
<i>Никифоров А.Н., Бисирова Э.М., Чернова Н.А.</i> Запасы углерода в пихтовых лесах, поврежденных уссурийским полиграфом.....	80
<i>Никифорова Н.Н., Лисина Н.Г., Лукьянова М.Г.</i> Оценка эффективности реализации дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы естественно-научной направленности «В союзе с природой» .....	82
<i>Новиков А.С.</i> Результаты применения международной базы GBIF для оценки биоразнообразия на примере Московского региона .....	84
<i>Орлов А.Д., Яблочкина Н.Л.</i> Актуальные направления по обращению с отходами производства и потребления на объекте ОНВ первой категории ООО «Томскнефтехим» .....	86
<i>Поздняков В.Л., Адам А.М., Ковалев П.П.</i> Оптимизация системы управления в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами на примере муниципальных образований Томского района Томской области.....	87
<i>Порохина Е.В., Инишева Л.И.</i> Опыт непрерывного экологического образования в рамках получения специальности «Торфяные ресурсы и торфопользование» в ТГПУ .....	89
<i>Рябова Э.Г., Рябова О.А., Юров А.В., Новиков А.С.</i> Мониторинг состояния водных объектов Соловецких островов по гидрохимическим показателям .....	90
<i>Селезнев Е.В., Самойленко А.А.</i> Опыт организации и работы экологического движения «ЭкоЛогика» на географическом факультете МПГУ .....	94
<i>Соколова И.В., Федорова А.А.</i> Функции гуминовых кислот в биосфере.....	96

<i>Токтоматова А.Ж., Лаптев Н.И.</i> Оценка устойчивости развития Республики Кыргызстан на основе некоторых социально-эколого-экономических показателей .....	97
<i>Хлопцова Д.Д., Лим А.Г., Крицков И.В.</i> Сезонная динамика эмиссии CO <sub>2</sub> с поверхности малых рек бассейна Кети и Чулыма .....	98
<i>Цуренко Н.А., Куровский А.В.</i> Оценка радиационной и химической безопасности древесного листового опада, используемого для вермикомпостирования.....	101
<i>Чан Чунг Нгуа</i> Эколого-экономическая оценка лесов Вьетнама.....	103
<i>Шкарупо А.П., Карташев А.Г.</i> Биотропность нефтепродуктов для пресноводных раковинных амёб .....	106
<i>Щукина А.В., Бабенко А.С., Тюлькевич К.В.</i> Влияние биостимуляторов на лабораторную всхожесть семян эфиромасличных растений .....	107
<i>Эйхвальд К.А., Баженова О.П.</i> Весенний фитопланктон некоторых водных объектов национального парка «Красноярские столбы» .....	109

## ЭКОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

*Сборник научных трудов*

Выпуск 6

Под редакцией Александра Мартыновича Адама

Редактор *Е.Е. Степанова*  
Дизайнер *Л.Д. Кривцова*  
Корректор *Е.В. Литвинова*

---

Подписано в печать 20.04.2023. Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Ареал».  
Печ. л. . Тираж 100 экз. Заказ .

---

Изд-во «Литературное бюро»: 634055, г. Томск, ул. Королёва, 4, тел. 8 (382-2) 59-46-89.