



**Экологическая  
безопасность в  
условиях  
антропогенной  
трансформации  
природной среды**

**Материалы  
Всероссийской научной  
конференции молодых  
ученых  
20-21 апреля**

Пермь, 2023

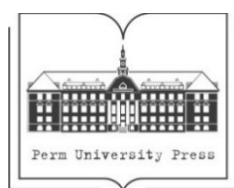
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

*Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых,  
посвященной памяти Н. Ф. Реймерса и Ф. Р. Штильмарка*

*(г. Пермь, ПГНИУ, 20–21 апреля 2023 года)*



Пермь 2023

УДК 504.05: 574  
ББК 20.18  
Э40

**Экологическая** безопасность в условиях антропогенной трансформация природной среды [Электронный ресурс] : материалы всероссийской научной конференции молодых ученых, посвященной памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка (г. Пермь, ПГНИУ, 20–21 апреля 2023 года) / под ред. С.А. Бузмакова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2023. – 23,61 Мб ; 691 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/Ekologicheskaya-Bezopasnost-V-Usloviyah-Antropogennoj-Transformacii-Prirodnoj-Sredy-2023.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3970-0

Сборник содержит материалы всероссийской научной конференции молодых ученых «Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды», проведенной кафедрой биогеоценологии и охраны природы Пермского государственного национального исследовательского университета. Представлены материалы докладов современных исследователей в области экологической безопасности при антропогенной трансформации природной среды. Рассматриваются проблемы сохранения природных комплексов, техногенной трансформации и восстановления природно-технических систем и природно-антропогенных объектов. Издание предназначено для геоэкологов, биогеоценологов, природопользователей, географов, биологов, специалистов в области экологической безопасности, охраны природы, преподавателей высшей школы, аспирантов и студентов географических, биологических и геологических направлений.

УДК 504.05: 574  
ББК 20.18

*Издается по решению оргкомитета конференции*

*Главный редактор:* проф., д-р геогр. наук **С.А. Бузмаков**

*Технический секретарь:* **Е.А. Мехоношина**

*Рецензенты:*

д-р биол. наук, профессор **Е.И. Голубева**  
(Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова);  
д-р геогр. наук, профессор **А.Н. Бармин**  
(Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева)

ISBN 978-5-7944-3970-0

© ПГНИУ, 2023

**ВОРОНОВ Г.А.**

**Почетный председатель научной конференции**

Заслуженный эколог Российской Федерации, д.г.н., профессор

**Председатель научной конференции**

зав. кафедрой биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ, д.г.н., профессор

**Научный комитет научной конференции**

**БУЗМАКОВ С.А.**

**АРТАМОНОВА В.С.**

**БАРМИН А.Н.**

**ЕРЁМЧЕНКО О.З.**

**ЗАЙЦЕВ А.А.**

**ПИМЕНОВА Е.В.**

**СОРОМОТИН А.В.**

**ФЕДОРОВ Ю.А.**

ведущий научный сотрудник института почвоведения и агрохимии СО РАН, д.б.н.;

декан геолого-географического факультета; заведующий кафедрой экологии, природопользования, землеустройства и БЖД. д.г.н. профессор;

профессор кафедры физиологии растений и экологии почв ПГНИУ, д.б.н. профессор; декан географического факультета, доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.г.н.;

заведующий кафедрой экологии Пермского государственного аграрно-технологического университета имени академика Д.Н. Прянишникова, к.х.н.;

директор научно-исследовательского института экологии и рационального использования природных ресурсов при ТюмГУ, д.б.н.;

заведующий кафедрой физической географии, экологии и охраны природы, Институт наук о Земле, Южный федеральный университет, д.г.н., профессор.

**Организационный комитет научной конференции**

**Андреев Д.Н.**

**Баландин С.В.**

**Бердинских С.Ю.**

**Гатина Е.Л.**

**Дзюба Е.А.**

доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.г.н.;

доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.б.н.;

доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.б.н.;

доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.б.н.;

ст. преподаватель кафедры биогеоценологии и охраны природы, заведующая лабораторией экологии и охраны природы;

**Егорова Д.О.**

**Игошева Е.А.**

доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.б.н.;

ответственный секретарь школы-семинара, ассистент кафедры биогеоценологии и охраны природы;

**Костарев М.С.**

**Костылева Н.В.**

**Кулакова С.А.**

**Патрушева Е.Н.**

**Рогозин М.В.**

**Санников П.Ю.**

**Слащев Д.Н.**

**Стенно С.П.**

**Хотяновская Ю.В.**

доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.г.-м.н.;

доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.т.н.;

доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.т.н.;

ст. преподаватель кафедры биогеоценологии и охраны природы;

профессор кафедры биогеоценологии и охраны природы, д.б.н.;

доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.т.н.;

ст. преподаватель кафедры биогеоценологии и охраны природы;

ст. преподаватель кафедры биогеоценологии и охраны природы;

ст. преподаватель кафедры биогеоценологии и охраны природы.

## СОДЕРЖАНИЕ

### СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ. ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ

<i>Абдулманова И.Ф.</i> Пространственная взаимосвязь природных компонентов и антропогенного фактора в кунгурской лесостепи .....	11
<i>Алазтели И.Д., Макеева В.М., Смуров А.В., Каледин А.П., Голубева О.Н.</i> Эколого-генетический мониторинг как необходимое условие сохранения популяций животных на городских особо охраняемых природных территориях.....	14
<i>Антилогова Д.Д.</i> Анализ фауны пчёл для оценки экосистемной услуги опыления в агроландшафте .....	17
<i>Баландин С.В.</i> Динамика численности популяции <i>Aristolochia clematidis</i> L. на территории охраняемого ландшафта регионального значения «Плотбище» Чайковского района Пермского края .....	22
<i>Беляев Д.Ю., Бармин А.Н., Рязанова А.С.</i> Особо охраняемые природные территории на фоне антропогенной нагрузки на ландшафты Астраханской области.....	26
<i>Булашевич И.К., Сорока О.В.</i> Создание базы данных для обработки информации по учету тетеревиных птиц в заповеднике «Денежкин камень» .....	30
<i>Васева А.В.</i> Экологическое образование в заповедниках.....	35
<i>Васина А.Л.</i> Заповедник «Малая Сосьва» в связи с прошлыми и настоящими факторами антропогенного воздействия .....	39
<i>Веселова А.А.</i> Охраняемые виды отряда Рукокрылые (Chiroptera) Алтайского заповедника ..	45
<u>Г.А. Воронов</u> , <i>Стенно С.П., Циберкин Н.Г.</i> К организации национального природного парка «Красное Плотбище».....	51
<i>Ворончихин В.В., Самофалова И.А.</i> Формализованная классификация горизонтов подзолов в криволесье на склонах хребта Басеги.....	55
<i>Ганева Е.О.</i> Почвенный покров ООПТ «Ладейный лог» .....	60
<i>Деменева Д.Д.</i> Почвенный покров ООПТ «Липовая гора» .....	63
<i>Дружинин Ф.Н., Корякина Д.М., Аверина В.В.</i> Оценка верифицируемости выделенных малонарушенных болотных массивов в Белозерском и Череповецком районах Вологодской области .....	67
<i>Дурьманова В.Д., Самофалова И.А.</i> Влияние рекреационной нагрузки на распространение свойств почв экологической тропы «К вершине Северного Басега» в пространстве (ФГБУ «Государственный заповедник «Басеги») .....	72
<i>Ермакова Т.В., Паньков Н.Н.</i> Новые данные по зообентосу рек Колва и Березовая (Пермский край).....	78
<i>Жигарев И.В., Румянцев В.Ю.</i> Грызуны в федеральных ООПТ лесостепи европейской части России.....	83
<i>Житкова Я.А.</i> Экосистемные услуги: современная концепция и подходы к оценке .....	88
<i>Жуйков А.С., Панкратова К.В.</i> Чёрные магнитные пески Уреки (Грузия) – вопрос происхождения, состава и свойств.....	92
<i>Зводина А.А.</i> Роль молодежного движения эковолонтеров в сохранении природы особо охраняемого эколого-курортного региона Кавказские Минеральные Воды.....	96



<i>Зимин С.В.</i> Динамика численности некоторых видов охотничье-промысловых млекопитающих в заповеднике «Вишерский» за 2008–2022 гг.....	101
<i>Иванова Т.В.</i> Особо охраняемые природные территории Пермского края.....	106
<i>Каверин А.В., Алферина А.В., Нестерова М.А., Храмова А.А.</i> К вопросу о актуальности создания «территорий традиционного лугового природопользования» в составе ООПТ на землях сохранившихся Мордовских лесов.....	110
<i>Клемешова А.С., Хотяновская Ю.В.</i> Социальный портрет посетителя экотропы «Липовая гора» (г. Пермь).....	115
<i>Козлова У.В., Патрушева Е.Н.</i> Экологический туризм на особо охраняемых природных территориях.....	119
<i>Кылосова Н.В., Кондратьева М.А., Самофалова И.А.</i> Применение методов численной классификации для идентификации агрогумусовых горизонтов агродерново-подзолистых почв.....	125
<i>Литвинова Н.В.</i> Влияние современного гидрологического режима на состояние зарослей <i>Nelumbo piscifera</i> Gaertn в Астраханском государственном заповеднике.....	131
<i>Ломова А.А.</i> Карбоновые полигоны, как инструмент изучения изменения кимата.....	135
<i>Лыкова П.С.</i> О теориях формирования устойчивых и долгоживущих лесов.....	141
<i>Майорова Ю.А.</i> О рекреационном мониторинге в национальном парке «Куршская коса» ..	146
<i>Мехоношина Е.А.</i> Методика проведения диатомового анализа: основные положения.....	149
<i>Наймушина Е.Э.</i> Распределение мелких млекопитающих в темных хвойных лесах заказника «Предуралье».....	153
<i>Нилогова Е.А., Кондратьева М.А., Самофалова И.А.</i> Влияние вида угодий на свойства агродерново-подзолистой почвы.....	158
<i>Паутов Ю. А.</i> Опыт создания ООПТ на основе ядер малонарушенных лесных территорий (МЛТ) в Республике Коми.....	164
<i>Пехтерева М.К.</i> Реконструкция экологического состояния среды в прошлом. Антракологический метод.....	168
<i>Пирожков А.М.</i> Особенности разложения опада липы на примере ООПТ «Липовая гора» (г. Пермь).....	172
<i>Поспелова А.Д., Плакхina Е.В.</i> К фауне муравьев (Hymenoptera, Formicidae) ООПТ «Ботанический сад ПГНИУ».....	177
<i>Резчикова О.Н.</i> Хмелеграб обыкновенный – краснокнижный вид в рекреационной зоне Республики Адыгея.....	181
<i>Рубцова С.С., Патрушева Е.Н.</i> Дигрессия растительного покрова ООПТ «Черняевский лес» вблизи мест отдыха.....	184
<i>Рычкова И.В., Самофалова И.А.</i> Экологические функции горных болотных экосистем.....	189
<i>Садовников-Стенно И.С.</i> Опыт ревитализации речных долин.....	194
<i>Самофалова И.А.</i> Распределение тяжелых металлов в гранулометрических фракциях почв хребта Басеги («государственный заповедник «Басеги»).....	199
<i>Сивкова Д.Д., Самофалова И.А.</i> Характеристика почв отдела глеевые в нагорных переувлажненных лесах на территории «государственный заповедник «Басеги».....	204
<i>Сидоренко Л.В.</i> Зеленое кольцо города Перми.....	210
<i>Слащев Д.Н.</i> Оценка экологической связности особо охраняемых природных территорий Пермского края.....	215
<i>Слесарев Н.В., Самофалова И.А.</i> Взаимосвязь между свойствами почв и содержанием циркония (хребет Басеги).....	220

<i>Шилов Н.И.</i> Современное состояние популяции атлантического лосося р. Мезень .....	226
<i>Шумихин С.А., Зенкова Н.А.</i> Устойчивость редких и охраняемых видов растений Пермского края при интродукции в Ботаническом саду им. А.Г. Генкеля Пермского университета .....	230

## ТЕХНОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

<i>Алексеев И.И., Ксенофонтова М.И., Данилов П.П.</i> К вопросу о самоочищаемости малых водотоков Южной Якутии .....	236
<i>Анисимов П.И., Пичугин Е.А.</i> К вопросу оценки площади территории, подвергшейся негативному воздействию .....	241
<i>Беловодова О.С., Кириллов С.Н.</i> Роль природных и антропогенных факторов в загрязнении атмосферного воздуха промышленными предприятиями .....	245
<i>Белоногова Ю.О., Мякишева А.В., Сомова Т.Н.</i> Обращение с крупнотоннажными отходами производства: проблемы и перспективы .....	249
<i>Беляева И.А., Мулина В.А., Новикова Е.А.</i> О распределении тяжелых металлов в донных отложениях Камского водохранилища .....	255
<i>Борисов А.И., Дзюба Е.А.</i> Разработка структуры геоинформационной базы данных геохимических особенностей Кизеловского угольного бассейна .....	260
<i>Бурдина Е.С.</i> Влияние нефтяного загрязнения на растения .....	266
<i>Гарифьянова А.И.</i> Антропогенная трансформация природной среды .....	271
<i>Гатина Е.Л., Трясцын Д.В., Шарипова А.А.</i> К реализации бриомониторинга атмосферных выпадений тяжелых металлов и других токсичных элементов в Пермском крае .....	276
<i>Головач Е.Е.</i> Восприятие экологической ситуации жителями города Москвы .....	279
<i>Емельянов М.А.</i> Сложности при расчете технологических нормативов выбросов загрязняющих веществ .....	283
<i>Жуйкова Д.Д.</i> Классификация территорий с особыми условиями природопользования .....	288
<i>Зелихина С.В., Шартова Н.В., Миронова В.А., Малхазова С.М.</i> Роль антропогенных факторов в распространении геморрагической лихорадки с почечным синдромом в Еврейской автономной области .....	293
<i>Зырянова Е.В., Пичугин Е.А.</i> Предложения по актуализации и доработке ИТС НДТ 53-2022 «Ликвидация накопленного вреда окружающей среде» .....	298
<i>Иминова Л.Р., Поливцева В.Н.</i> Высокоэффективные бактерии-деструкторы нефти и фенола .....	302
<i>Кабизянова А.О., Дзюба Е.А.</i> Методы биотестирования и биоиндикации для оценки загрязнения почв .....	304
<i>Каверин А.В., Бочкарев Н.П.</i> Сравнительный анализ тенденций в области утилизации твердых коммунальных отходов в России и за рубежом .....	309
<i>Каракульева А.А., Самофалова И.А.</i> Водно-физические свойства почв и ТПО Кизеловского угольного бассейна .....	314
<i>Клементьева С.С., Патрушева Е.Н.</i> Анализ образовательных курсов и платформ в области экономики замкнутого цикла .....	319
<i>Клочкова Д.А.</i> Техногенное воздействие на природную среду при добыче нефти .....	324
<i>Ковтун М.А.</i> Биотестирование как метод оценки качества окружающей среды .....	329

<i>Колмаков А.А., Приходько Н.В., Соромотин А.В., Масобири Х.Ш., Каримов Р.Д., Хидиров Д.И.</i> Использование технических средств при мониторинге опасных экзогенных процессов в Арктике.....	334
<i>Колодяжный М.В., Рудык А.Н.</i> Анализ влияния автотранспорта на окружающую среду г. Симферополя.....	339
<i>Коришунова Д.В., Опекунов А.Ю., Сомов В.В., Дергилева Е.В.</i> Влияние разработки Сибайского медно-цинково-колчеданного месторождения на состав донных отложений и прибрежно-водной растительности р. Карагайлы.....	344
<i>Костылева Н.В., Нигматзянова К.Р., Лукин А.Ю.</i> Анализ сведений о характеристиках углей, используемых при сжигании в индивидуальных теплогенераторах для оценки выбросов в атмосферный воздух.....	349
<i>Костылева Н.В., Першукова О.Ю.</i> Предложения по актуализации требований к содержанию программы производственного экологического контроля на границе санитарно-защитной и жилой зон, границе земельного участка объекта негативного воздействия на окружающую среду.....	353
<i>Костылева Н.В., Рачёва Н.Л., Чащухина А.П., Пугина Е.Г.</i> Актуализация в 2022 году сведений по загрязнению атмосферного воздуха в информационно-технических справочниках по наилучшим доступным технологиям.....	358
<i>Костылева Н.В., Рачёва Н.Л., Чащухина А.П., Пугина Е.Г.</i> Анализ выполнения мероприятий из плана действий по реализации основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г., утвержденного Распоряжением Правительства Российской Федерации от 18.12.2012 № 2423-р, органами исполнительной власти субъектов РФ за 2022 год.....	363
<i>Костылева Н.В., Сивков Б.А., Сорокина Т.В.</i> Анализ действующего законодательства, в части учета, расчета, нормирования и контроля выбросов в периоды неблагоприятных метеорологических условий и формирование перечня выявленных несоответствий.....	368
<i>Костылева Н.В., Сорокина Т.В., Чащухина А.П., Лукин А.Ю.</i> К вопросу о нормировании шумового воздействия на атмосферный воздух.....	373
<i>Леднев С.А., Семенов И.Н.</i> Воздействие низового пожара на фитоценоотические параметры луга в Томской области: модельный эксперимент.....	377
<i>Леонтьева К.А.</i> Экологический мониторинг.....	381
<i>Линёва Н.П., Рудык А.Н.</i> Анализ антропогенной преобразованности верховьев бассейна р. Салгир.....	385
<i>Макеев И.А.</i> Техногенная трансформация природной среды при строительстве нового города в Сибири.....	390
<i>Матушкина У.В.</i> Влияние разведки нефтяных месторождений на окружающую среду.....	395
<i>Мельникова С.Д., Игошева Е.А.</i> Нефтедобыча и особенности её воздействия на природную среду в условиях болотных экосистем.....	399
<i>Миляев И.А.</i> Восстановление растительного покрова на горях лесотундры Западной Сибири по данным дистанционного зондирования.....	404
<i>Немчанинова Е.А.</i> Биотестирование реки Ивы и ее притоков.....	409
<i>Обвинцева Е.Е., Ключихина О.С.</i> Влияние лакокрасочных материалов на окружающую среду.....	414
<i>Опутьина И.П., Шкляев В.А.</i> Мониторинг атмосферного воздуха в г. Магнитогорске с учетом особенностей подстилающей поверхности.....	418



<i>Ощепков И.И.</i> Антропогенная трансформация поверхностных вод в районе Кизеловского угольного бассейна: краткая характеристика .....	424
<i>Паутов Ю.А., Вагонов К.А.</i> Исследование долговременных накоплений песчаных наносов в русле реки Мезень.....	427
<i>Петрова Е.Г.</i> Техногенные опасности и экологический риск .....	432
<i>Пичугин Е.А., Елизарова И.А.</i> К вопросу оценки воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации на компоненты природной среды.....	437
<i>Пластинина П.А.</i> Нормативно-правовое регулирование мониторинга атмосферного воздуха в Российской Федерации.....	442
<i>Подсобляева Д.К.</i> Влияние добычи нефти на состояние ООПТ .....	447
<i>Пожитков Р.Ю.</i> Оценка содержания металлов и металлоидов в твердофазных выпадениях снегового покрова Муравленковского месторождения (ЯНАО).....	451
<i>Портнягина А.М.</i> Судебно-экологическая экспертиза, опыт применения.....	457
<i>Савостин Е.С.</i> Влияние нефтедобывающей промышленности на окружающую среду .....	460
<i>Сарапульцева П.Ю.</i> Растворенное органическое вещество листового опада как важный элемент лесных экосистем.....	465
<i>Сидоров Д.С., Геннадиник В.Б., Соромотин А.В.</i> Моделирование влияния растительности на протаивание активного слоя многолетней мерзлоты на основе данных Северо-Западной Сибири.....	470
<i>Синдирева А.В., Терентьев Г.Р.</i> Влияние нефтепродуктов и тяжелых металлов на рост и развитие газона теневыносливого .....	475
<i>Соловьёва А.С., Пичугин Е.А.</i> Региональные аспекты в вопросе реализации мероприятий по выявлению и ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде .....	480
<i>Соловьёва Е.Е.</i> Базовые положения седиментогенеза .....	485
<i>Спирина В.Л.</i> Растения живого почвенного покрова как важнейший источник поллютантов.....	489
<i>Сыстерова А.В.</i> Альгофлора рек на территории нефтяных месторождений Пермского края .....	494
<i>Ташкинов Е.В.</i> Разработка собственных предложений по рекультивации «Карпушихинский рудник», Свердловская область .....	497
<i>Тигеев А.А., Фахретдинов А.В.</i> Анализ связи пылевой нагрузки и спектральных характеристик снежного покрова (на примере г. Сургут).....	502
<i>Тунгусков К.Р., Хорошавин В.Ю.</i> Оценка роли рассредоточенных источников нефти в формировании качества поверхностных вод реки Пяку-Пур (ЯНАО).....	507
<i>Фахретдинов А.В., Тигеев А.А.</i> Использование классификации космоснимков для оценки современных изменений растительного покрова пастбищ северного оленя (на примере Ямальской тундры).....	512
<i>Федоров Р.Ю., Бутаков Д.К., Лихачев М.А.</i> Социально-экологические проблемы развития открытых городских пространств в российской Арктике: пример Надыма.....	517
<i>Хаматова А.В.</i> Оценка техногенных изменений состояния экосистемы р. Каменка методом биотестирования с применением в качестве тест-объектов <i>Daphnia Magna</i> Straus и <i>Chlorella Vulgaris</i> Beijer.....	522
<i>Хотяновская Ю.В., Бузмаков С.А.</i> Мероприятия по экологической безопасности в карстовом районе при добыче нефти .....	527

<i>Черезова А.К., Костылева Н.В.</i> Изменения, внесенные в информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Добыча нефти» ИТС 28-2017 после актуализации справочника в 2021 году.....	531
<i>Черемных А.В.</i> Влияние нефти на <i>Chlorella Vulgaris</i> и <i>Daphnia Magna</i> .....	536
<i>Шипанова Е.П.</i> Экологические проблемы при добыче нефти в карстовых районах.....	540
<i>Юськова А.А.</i> Природно-ресурсный потенциал Пермского края.....	543

## АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ В ПОЧВЕ

<i>Ветчанина Д.С., Самофалова И.А.</i> Варьирование гранулометрии почв на мелиорируемой территории в пригородной зоне г. Пермь.....	548
<i>Глязнецова Ю.С., Львова О.С., Зуева И.Н., Чалая О.Н., Лифшиц С.Х.</i> Трансформация геохимического фона мерзлотных почв при нефтяном загрязнении.....	554
<i>Евсина С.Т., Дзюба Е.А.</i> Опыт применения сосны обыкновенной ( <i>Pinus Sylvestris L.</i> ) в качестве тест-объекта биотестирования и биоиндикации.....	559
<i>Иминова Л.Р., Делеган Я.А., Полищев В.Н., Абашина Т.Н., Есикова Т.З., Анохина Т.О., Сузина Н.Е., Соляникова И.П.</i> Бактерии-деструкторы устойчивых поллютантов: биохимические особенности и молекулярно-генетические основы.....	564
<i>Макаренко Н.С.</i> Рекультивация почв урбанизированных и техногенных ландшафтов .....	569
<i>Морозова Е.И.</i> Влияние нефтяного загрязнения почвы на семена клевера белого.....	572
<i>Никулина А.Р., Опекунова М.Г., Грантовская М.В.</i> Химический состав водных вытяжек для биотестирования и его влияние на результаты исследований .....	577
<i>Патрушева А.А., Дзюба Е.А.</i> Применение биоиндикации для оценки техногенеза на участках нефтепромысла .....	582
<i>Прохоров А.А.</i> Оценка трансформации свойств пахотных горизонтов типичных и обыкновенных черноземов предкавказской провинции при формировании агроландшафтов.....	586
<i>Родина А.А.</i> Распределение химических элементов в донных отложениях реки Ива, г. Пермь .....	589
<i>Симонов В.Э., Дзюба Е.А.</i> Нефтяное загрязнение в геохимическом ландшафте .....	594
<i>Титова Л.А., Дзюба Е.А.</i> Разработка методики по определению фитотоксичности нефтей, добываемых на территории Пермского края.....	598
<i>Тутубалина Т.И., Самофалова И.А., Васильев А.А.</i> Влияние удобрений на магнитную восприимчивость агродерново-подзолистых почв на опытном поле УРО РАН.....	602
<i>Шергина О.В., Чеснаков Д.А., Миронова А.С.</i> Изучение газорегулирующей способности естественных почв городских лесов Иркутска .....	607

## УСТОЙЧИВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСАМИ И ЗЕЛеной ИНФРАСТРУКТУРОЙ ГОРОДА

<i>Алымбаева Ж.Б., Жарникова М.А., Цыренов А.Ж.</i> Особенности восстановительных сукцессий нарушенных лесных экосистем.....	610
<i>Бальжанов Б.Н., Алымбаева Ж.Б., Жарникова М.А.</i> Влияние рубок ухода на состояние лесных сообществ в городском лесничестве Республики Бурятия.....	614
<i>Груздева Е.С.</i> Проблема лесных пожаров на территории Пермского края .....	619

<i>Жакишева С.Ж.</i> Влияние состояния городской среды г. Надыма на морфометрию листовых пластинок <i>Betula Pubescens Ehrh</i> .....	624
<i>Зубаиров Р.Р., Раянова А.Р., Шамсутдинова А.Р., Мустафин Р.Ф.</i> Определение тяжелых металлов на пробных площадях Уфимского лесничества .....	629
<i>Иванчина Л.А., Ковалев В.И., Макурин Д.В., Попляков Е.А., Солонцов О.Н., Кортаева Н.Е.</i> Влияние типа лесорастительных условий на устойчивость еловых древостоев зоны хвойно-широколиственных лесов Пермского края .....	634
<i>Какурина А.С., Мизева В.С.</i> Выращивание семян с закрытой корневой системой сосны и ели в Пермском крае .....	638
<i>Кондратьева А.В.</i> Разработка схемы полива зелёных насаждений улицы Кирова города Калача-на-Дону Волгоградской области.....	642
<i>Корякина Д.М., Дружинин Ф.Н., Дружинин Н.А., Цыпилев С.В.</i> Оценка структуры лесного фонда для производства комплексных рубок .....	645
<i>Кошкин А.Н., Андреев Н.В.</i> Использование естественного зарастивания в таежных условиях Красновишерского лесничества Пермского края .....	649
<i>Лыкова А.В.</i> Анализ показателей лесовосстановления на территории Тюменской области ...	653
<i>Мальцева К.С.</i> Экологическая информационная повестка Пермского края.....	658
<i>Никифорова А.А.</i> Внедрение «зелёных» технологий в городах .....	661
<i>Плотникова К.А.</i> Эколого-экономическое управление озеленением г. Воронежа .....	665
<i>Рогозин М.В.</i> Рубки ухода и потепление климата: ошибки в моделях природных систем....	670
<i>Романов А.В., Лукьянов И.А., Бердинских С.Ю.</i> Ретроспективный анализ лиственных культур в МКУ «Пермское городское лесничество» .....	675
<i>Романов А.В., Хведчук А.А.</i> Формирование комлевой части стволов берез в условиях средней тайги Пермского края .....	679
<i>Тренина В.С., Санников П.Ю.</i> Краткая характеристика экологических троп Перми.....	684
<i>Фищенко А.В.</i> Роль информационной системы «Озеленение Перми» в развитии зеленого фонда города .....	688

## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДНЫХ ВЫТЯЖЕК ДЛЯ БИОТЕСТИРОВАНИЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

А.Р. Никулина, М.Г. Опекунова, М.В. Грантовская  
Санкт-Петербургский государственный университет,  
199178, г. Санкт-Петербург, 10-я линия ВО, 33/35,  
e-mail: anna.2001-nik@mail.ru

В статье представлены результаты химического анализа водных вытяжек из почв для биотестирования, отобранных на Южных Курильских островах и в республике Карелия. Концентрации водорастворимых форм 11 металлов сопоставлены с данными о валовом содержании химических элементов (ХЭ) и концентрациях подвижных форм, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером. Установлено, что концентрации водорастворимых форм ХЭ на 3-8 порядков меньше по сравнению с валовым содержанием и в 20–3000 раз меньше концентраций подвижных форм ХЭ. Показано, что биотестирование с использованием тест-объектов *Daphnia magna* Straus. и *Chlorella vulgaris* L. эффективно при превышении в почвах фоновых значений нефтяных углеводородов, Cu, Zn. Ключевые слова: биотестирование; тяжелые металлы; водорастворимые формы; валовое содержание; подвижные формы; токсичность почв; экологический мониторинг.

## **CHEMICAL COMPOSITION OF WATER EXTRACTS FOR BIOTESTING AND ITS EFFECT ON RESEARCH RESULTS**

A.R. Nikulina, M.G. Opekunova, M.V. Grantovskay  
St. Petersburg State University,  
199178, St. Petersburg, 10th line VO, 33/35,  
e-mail: anna.2001-nik@mail.ru

The article presents the results of chemical analysis of water extracts from the soil for biotesting, selected on the Southern Kuril Islands and Karelia. Concentrations of water-soluble forms of 11 metals were compared with data on the total content of chemical elements (CE) and concentrations of mobile forms of CE. It was found that the concentrations of water-soluble forms of CE are 3-8 orders of magnitude lower compared to the gross content and 20-3000 times less than the concentrations of mobile forms. It is shown that biotesting using *Daphnia magna* Straus and *Chlorella vulgaris* L. effective when the background values of petroleum hydrocarbons, Cu, Zn are exceeded in soils. Keywords: biotesting; heavy metals; water-soluble forms; gross content; mobile forms; soil toxicity; environmental monitoring.

В настоящее время биотестирование является одним из базовых методов для оценки состояния окружающей среды. К преимуществам метода стоит отнести оперативность, относительную простоту и возможность оценки состояния анализируемой среды по реакции живых организмов. Методические основы биотестирования почв хорошо разработаны, однако до сих пор малоизученными остаются вопросы как о необходимом контактном времени почва–вода, для перехода экстрагируемого вещества в раствор, так и о концентрации водорастворимых форм токсикантов, сопоставимости биотестирования сред в твёрдом состоянии и водных вытяжек из них. Имеющиеся в литературе данные о содержании водорастворимых форм в почвах крайне малочисленны (табл.). Очевидно, что лишь незначительная часть металлов переходит из почвы в водную вытяжку. Меньше всего доля водорастворимых форм Pb (до 0.44%), Cr (0.04–0.57%), на уровне 1-2% доля водорастворимых форм V, значительно более активно экс-

трагируется водой Sr (4.3–11.6%). Неоднозначны данные относительно способности переходить в водный раствор для Cu (0.21–8.7%), Cd (0.22–9.4%), Fe (0.05–4.04%), Mn (0.41–8.2%), Ni (2.3–0.04%), Zn (0.15–18.4%) [4-6]. По данным [9] в водной вытяжке содержится < 0,1% от валового содержания ХЭ: 0,05-0,2% Zn, 0,1-2,3% Cu, 0,01–0,9% Pb. Для понимания транслокации металлов в системе «почва-растение» важно обладать данными о концентрации подвижных форм, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером при pH=4,8. Имеются сведения о том, что в водный раствор переходит около 22% Cu, 28% Zn, 34% Ni от концентрации подвижных форм в почве [1].

**Целью исследования** стало изучение химического состава водных вытяжек для биотестирования и определение эффективности методов биотестирования при загрязнении почв тяжелыми металлами и нефтяными углеводородами.

Изучены почвы Южных Курильских островов (о. Итуруп, Кунашир, Шикотан) и Костомукшского городского округа в зоне влияния АО «Карельский окатыш». Проведено биотестирование 108 образцов с фоновых и контрольных станций мониторинга (СМ) с использованием тест-объектов *Daphnia magna* Straus. и *Chlorella vulgaris* L. [7, 8] в учебной лаборатории физико-химического анализа СПбГУ. Определение валового содержания металлов (Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V, Zn) с полным кислотным разложением проб почв выполнено методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе «ELAN-6100 DRC» в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского. Содержание водорастворимых форм в водной вытяжке, соотношение почва:вода = 1:4 и подвижных форм ХЭ в вытяжке ацетатно-аммонийным буфером с pH = 4,8 (Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V, Zn) изучено в ресурсном центре «Методы анализа состава вещества» СПбГУ, аналитик В.Н. Григорьян. Определение нефтяных углеводородов (НУ) осуществлено флуориметрическим методом, индивидуальный состав ПАУ – методом ВЭЖХ в лаборатории Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО Тайфун».

По результатам исследований (табл.), доля водорастворимых форм ХЭ невелика, составляет в среднем от 0.01% для V до 11.5% Cu по отношению к валовому содержанию и от 3.3% Ba до 39% Cu по сравнению с концентрациями подвижных форм. Особенно низкой способностью к переходу в водный раствор характеризуются Ba, Cr, Fe, Mn, Pb, Sr, V. Хорошо экстрагируются водой Cd, Cu, Zn, несколько хуже Ni.

Результаты биотестирования указывают на низкую токсичность почв. В Костомукше загрязнение почв снижается по мере удаления от горнообогатительного комбината (ГОК). Достоверно токсичность (отклонения по двум тест-объектам) установлена для почв на 11 станциях контрольного мониторинга в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) ГОКа, а также вблизи её границы. Исключение составляет образец из горизонта О на СМ в заповеднике (урочище Мокровары), токсичность которого связана с высокой кислотностью среды и иллювиальными условиями при аккумуляции органических и минеральных веществ в горизонте В. Острая токсичность (смертность дафний 53%, отклонения оптической плотности хлореллы – 24%) отмечена только в одной пробе, отобранной в 100 м от СЗЗ ГОКа и в 50 м от автодороги.

Ведущими факторами увеличения токсичности проб служат выбросы от горнорудного производства, в меньшей степени – автотранспорта и локальных свалок бытовых отходов. В 80% проб, биотестирование которых указывает на токсичность, концентрации водорастворимых форм ХЭ выше средних значений. Однако на четырех СМ в Костомукшском заповеднике тест-объекты не реагировали на увеличение концентраций водорастворимых форм Ba, Fe, Mn и Zn.

**Таблица. Статистические показатели содержания водорастворимых форм ХЭ в почвах**

Республика Якутия	Результаты исследований				Литературные данные			
	Содержание водорастворимых форм ХЭ в почвах, мг/кг		Доля от валового содержания, %	Доля от содержания подвижных форм, %	Содержание водорастворимых форм ХЭ в почвах, мг/кг, в скобках – доля водорастворимых форм от валового содержания			
	Курильские острова	Костомукша			Прибрам, Чехия [6]	Московская область [6]	Хамар-Дабан, Иркутская обл. [4]	Орловская обл.
	$0.35 \pm 0.13^*$ 0.02 – 3.7	$0.30 \pm 0.11$ <0.01 – 1.8	$0.20 \pm 0.07$ <0.01 – 18.0	$3.3 \pm 1.2$ 0.01 – 35	н/д**	$1.3 \pm 0.24$ (0.92)	н/д	н/д
	$<0.01$ <0.01 – 0.04	$<0.01$ <0.01	$1.2 \pm 0.35$ 0.15 – 11.76	$15.4 \pm 3.1$ 0.32 – 80	$0.18 \pm 0.05$ (0.22)	<0.01	н/д	$0.09 \pm 0.01$ (9.0)
	$0.02 \pm 0.01$ <0.01 – 0.15	$0.06 \pm 0.04$ <0.01 – 0.40	$0.24 \pm 0.23$ <0.01 – 9.85	$8.0 \pm 2.6$ <0.01 – 60	$0.08 \pm 0.05$ (0.57)	<0.01	$0.03 \pm 0.01$ (0.04)	н/д
	$2.9 \pm 0.83$ 0.33 – 16.0	$4.4 \pm 1.8$ <0.01 – 24	$11.5 \pm 3.9$ 0.05 – 80.00	$39 \pm 6.2$ 0.05 – 87	$1.7 \pm 0.27$ (2.73)	<0.01	$0.07 \pm 0.01$ (0.21)	$1.7 \pm 0.1$ (8.0)
	$4.2 \pm 2.0$ 0.28 – 45	$8.4 \pm 3.4$ <0.01 – 41	$0.04 \pm 0.02$ <0.01 – 0.50	$8.7 \pm 3.9$ <0.01 – 90	$16.8 \pm 2.6$ (1.43)	$63 \pm 2.5$ (2.57)	$12.6 \pm 7.5$ (0.05)	$94 \pm 4.0$
	$1.0 \pm 0.59$ 0.02 – 14.8	$1.6 \pm 0.73$ 0.01 – 10.9	$0.79 \pm 0.43$ <0.01 – 2.62	$5.7 \pm 2.9$ 0.04 – 53	н/д	н/д	$5.2 \pm 5.0$ (0.41)	$39 \pm 1.0$
	$0.44 \pm 0.70$ <0.01 – 24	$0.22 \pm 0.13$ <0.01 – 1.4	$1.2 \pm 0.66$ 0.01 – 14.48	$9.0 \pm 2.5$ 0.06 – 48	$0.13 \pm 0.05$ (2.32)	<0.01	$0.02 \pm 0.01$ (0.04)	н/д
	$0.01 \pm 0.01$ <0.01 – 0.31	$<0.01$ <0.01	$0.03 \pm 0.02$ <0.01 – 0.89	$9.0 \pm 2.0$ <0.01 – 20	$1.3 \pm 0.08$ (0.03)	<0.01	$0.02 \pm 0.01$ (0.08)	$0.11 \pm 0.01$ (0.1)
	$0.60 \pm 0.27$ 0.02 – 5.4	$0.23 \pm 0.15$ <0.01 – 2.2	$0.49 \pm 0.25$ <0.01 – 6.63	$6.4 \pm 3.7$ 0.14 – 94	$0.46 \pm 0.26$ (4.54)	$371 \pm 28$ (11.62)	н/д	н/д
	$0.01 \pm 0.01$ <0.01 – 0.08	$<0.01$ <0.01	$0.01 \pm 0.001$ <0.01 – 0.10	$8.6 \pm 1.8$ 0.04 – 20	н/д	н/д	н/д	$0.10 \pm 0.01$ (1.0)
	$0.71 \pm 0.22$ 0.08 – 3.7	$0.81 \pm 0.28$ <0.01 – 3.5	$1.2 \pm 0.37$ 0.04 – 7.85	$13.2 \pm 3.4$ 0.16 – 97	$11.1 \pm 1.2$ (0.15)	$3.9 \pm 0.81$ (18.44)	н/д	$1.4 \pm 0.1$ (2.0)

\* в числителе среднее  $\pm$  ошибка 5%, в знаменателе min – max

\*\*нет данных



На Курилах отклонения локальны, наблюдаются вблизи населенных пунктов, автодорог и свалок бытового мусора, на площадках с аккумулятивным типом миграционных потоков. В 60% проб токсичность отмечена в почвах на СМ с превышениями нормативов, при этом в 50% случаях зафиксированы превышения валового содержания ХЭ (V – на Курилах повсеместно за счет обогащения подстилающих горных пород; Zn, Pb, Cu, Ni – техногенного воздействия), в 10% – подвижных форм (Zn, Pb, Cu, Ni), в 20% – превышены и валовое содержание, и концентрации подвижных форм относительно нормативов и фона. В 62% токсичных согласно биотестированию проб концентрации водорастворимых форм ХЭ выше средних значений. Низкая способность Pb к переходу в водную вытяжку затрудняет выявление токсичности почв, особенно в населенных пунктах. Так, в п. Крабовозовское (о. Шикотан, ул. Дачная, у ручья) отмечено превышение валового содержания Pb в 18 раз (2370 мг/кг), подвижных форм – в 89 раз (532 мг/кг), в то же время концентрация водорастворимых форм – менее 0,01 мг/кг; биотестирование указывает на выраженную токсичность.

По данным корреляционного анализа, результаты биотестирования в большей степени связаны с концентрациями нефтепродуктов, чем с валовыми содержаниями ХЭ и веществами группы ПАУ. Так, коэффициенты парной корреляции между концентрациями нефтепродуктов и угнетением дафний через 48 часов/хлореллы равны соответственно 0,86 и 0,48. Наличие нефтепродуктов в почвах обуславливает острую токсичность проб, токсичное воздействие проявляется уже в первые 24 часа эксперимента: корреляция через 24 часа на уровне 0,92, смертность дафний достигает 100% (СМ на о. Итуруп у подножия вулкана Баранского, месторождение лечебной грязи «Старозаводское», территория бывшей гидротермальной электростанции – концентрация НУ 1030 мг/кг в поверхностном горизонте) [2, 3]. Содержание подвижных форм ХЭ, за исключением Cr ( $r = 0,49$  и  $0,42$  через 24 и 48 часов соответственно), не коррелируют с результатами биотестирования.

Коэффициенты корреляции Пирсона между концентрациями ХЭ и результатами биотестирования невысоки ( $p=0,05$ ;  $r_{кр} = 0,19$ ):

- для *D. magna*: валовое содержание Mn ( $r = 0,72$ ), Cr (0,29); подвижные формы Cu (0,19); водорастворимые формы Sr (0,27), Fe (0,22), Zn (0,21).
- для *C. vulgaris*: валовое содержание Zn (0,35), Fe (0,29), Cu (0,28), Ni (0,24), Pb (0,23); подвижные формы Pb (0,22), Cu (0,21).

Таким образом, несмотря на широкое внедрение биотестирования в практику экологического мониторинга, показана относительно низкая сопоставимость данных о реакциях тест-объектов с концентрациями ряда химических элементов. Биотестирование почв с превышением концентраций Ba, Cr, Pb, Sr, V не сигнализирует о токсичности за счет низкой способности перечисленных ХЭ к переходу в водную вытяжку. Однако *C. vulgaris* и, особенно, *D. magna* являются чувствительными к присутствию НУ в пробах, а также Cu, Zn – в связи с чем можно рекомендовать биотестирование почв в районах, подверженных загрязнению перечисленными поллютантами. Кроме того, важно учитывать синергический эффект загрязняющих веществ при воздействии на тест-объекты, который не отражается в результатах химического анализа, но фиксируется при биотестировании, указывая на совокупное токсическое действие поллютантов. Исходя из этого, возможно применение биотестирования для предварительной сортировки проб перед химическим анализом на НУ, выбора контрольных и фоновых образцов.

*Работа выполнена при поддержке гранта РГО № 14/2021-Р.*

### Библиографический список

1. Околелова А.А., Капля В.Н., Нефедьева Е.Э. Формы тяжелых металлов в светло-каштановых почвах Г. Волжского // Каспий и глобальные вызовы: Материалы Международной научно-практической конференции, Астрахань, 23–24 мая 2022 года / Составители: О.В. Новиченко [и др.]. Астрахань: ФГБОУ ВПО "Астраханский государственный университет", 2022. С. 100-103.
2. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Сомов В.В., Арестова И.Ю., Лисенков С.А., Никулина А.Р. Химический состав почв южных Курил и его изменение под влиянием антропогенной нагрузки (острова Кунашир, Шикотан, Итуруп) // География: развитие науки и образования: Сборник статей по материалам ежегодной международной научно-практической конференции (к 225-летию Герценовского университета). В 2-х томах, Санкт-Петербург, 20–23 апреля 2022 года / Отв. редакторы Д.А. Субетто, А.Н. Паранина. СПб: РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. С. 95-99.
3. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Сомов В.В., Кукушкин С.Ю., Арестова И.Ю., Лисенков С.А., Никулина А.Р. Природные и антропогенные факторы формирования химического состава почв о. Шикотан (Курильские Острова) // Почвоведение. 2022. №12. С. 1592–1609. DOI 10.31857/S0032180X22100343.
4. Семенова Л.Н., Семенов Ю.М. Миграционная способность тяжелых металлов в почвах как индикатор чувствительности геосистем // География и природные ресурсы. 2010. № 2. С. 26-33.
5. Сараева А.М., Учасов Д.С. Смагина Т.В., Королёва Л.Ю., Пишкина С.Ю., Кузнецова Е.А. Содержание различных форм тяжёлых металлов в серой лесной почве Орловской области // Природные ресурсы Центрального региона России и их рациональное использование: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию кафедры почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева, Орёл, 14 ноября 2018 года / Под общ.ред. И.Э. Федотовой. Орёл: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2019. С. 191-197.
6. Пукальчик М.А., Терехова В.А., Карпунин М.М., Вавилова В.М. Сравнение элюатных и контактных методов биотестирования при оценке почв, загрязненных тяжелыми металл(оид)ами // Почвоведение. 2019. № 4. С. 507-514. DOI 10.1134/S0032180X19040117.
7. Токсикологические методы контроля. Методика измерений количества *Daphnia magna* Straus для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета. Москва, 2014. 39 с.
8. Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. Москва, 2014. 38 с.
9. Фокина А.И., Олькова А.С., Скугорева С.Г., Лялина Е.И., Домрачева Л.И., Березин Г.И., Даровских Л.В. Исследование токсичности проб урбаноземов, загрязненных тяжелыми металлами // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т.18, №2(2). С. 544-550.

*Научное издание*

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ  
ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых,  
посвященной памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка  
(г. Пермь, ПГНИУ, 20–21 апреля 2023 года)

Издается в авторской редакции  
Компьютерная верстка: *Е.А. Мехоношина*

---

Объем данных 23,61 Мб  
Подписано к использованию 05.05.2023

---

Размещено в открытом доступе  
на сайте [www.psu.ru](http://www.psu.ru)  
в разделе НАУКА / Электронные публикации  
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Управление издательской деятельности  
Пермского государственного  
национального исследовательского университета  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15