

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 школы-семинара,
посвященной памяти Н. Ф. Реймерса и Ф. Р. Штильмарка
(21-22 апреля 2022 года, г. Пермь)*



Пермь 2022

УДК 504.05: 574
ББК 20.18
Э40

Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды [Электронный ресурс] : сборник материалов всероссийской школы-семинара, посвященной памяти Н. Ф. Реймерса и Ф. Р. Штильмарка (21-22 апреля 2022 г.) / под ред. С. А. Бузмакова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2022. – 12,3 Мб ; 605 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/Ekologicheskaya-Bezopasnost-V-Usloviyah-Antropogennoj-Transformacii-Prirodnoj-Sredy.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3805-5

Сборник содержит материалы всероссийской школы-семинара «Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды», проведенной на базе Пермского государственного национального исследовательского университета. Представлены материалы докладов исследователей в области экологической безопасности при антропогенной трансформации природной среды. Рассматриваются проблемы сохранения природных комплексов, особо охраняемых природных территорий, техногенной трансформации, формирования природно-технических систем, устойчивого лесопользования, деградации почвенного покрова, изменениям высшего образования и экологического просвещения.

Издание предназначено для геоэкологов, биогеоценологов, природопользователей, географов, биологов, специалистов в области экологической безопасности, охраны природы, преподавателей, аспирантов и студентов географических, биологических и геологических направлений.

УДК 504.05: 574
ББК 20.18

*Издается по решению кафедры биогеоценологии и охраны природы
Пермского государственного национального исследовательского университета*

*Главный редактор: проф., д-р геогр. наук С. А. Бузмаков
Технический секретарь: С. В. Баландин*

Рецензенты:

*д-р геогр. наук, профессор, зав. кафедрой физической географии экологии
и охраны природы Южного федерального университета Ю. А. Федоров;*

*д-р экон. наук, доцент, профессор департамента экологической безопасности и менеджмента
качества продукции Российского университета дружбы народов М. М. Редина*

ISBN 978-5-7944-3805-5

© ПГНИУ, 2022

Почетный председатель школы-семинара

Воронов Г.А. профессор кафедры биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ, д.г.н., профессор

Председатель школы-семинара

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

Научный комитет школы-семинара

Адриано Феруччи профессор Политехнического университета г. Турин (Италия);

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

Бармин А.Н. декан геолого-географического факультета; заведующий кафедрой экологии, природопользования, землеустройства и БЖД Астраханского государственного университета, д.г.н. профессор;

Валерио Аньези профессор университета г. Палермо (Италия);

Ерёмченко О.З. заведующая кафедрой физиологии растений и экологии почв ПГНИУ, д.б.н. профессор

Зайцев А.А. декан географического факультета, доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.г.н.

Новоселова Л.В. профессор кафедры ботаники и генетики растений ПГНИУ, д.б.н.

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

Реймерс А.Н. доцент кафедры палеонтологии Московского государственного университета, к.г.-м.н.

Славомир Бакиер декан факультета лесного хозяйства Белостокского технологического университета, г. Белосток (Польша) профессор

Организационный комитет школы-семинара

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

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

Андреев Д.Н. доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ, к.г.н.;

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

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

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

Дзюба Е.А. ст. преподаватель кафедры биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ, заведующей лабораторией экологии и охраны природы;

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

Игошева Е.А. ответственный секретарь школы-семинара, ассистент кафедры биогеоценологии и охраны природы;

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

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

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

Патрушева Е.Н. ст. преподаватель кафедры биогеоценологии и охраны природы;

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

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

Слашев Д.Н. ст. преподаватель кафедры биогеоценологии и охраны природы;

Стенно С.П. ст. преподаватель кафедры биогеоценологии и охраны природы;

Соколов Р.А. доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, к.с/х.н.;

Хотяновская Ю.В. ассистент кафедры биогеоценологии и охраны природы

СОДЕРЖАНИЕ

СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ. ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ.

Абдулманова И.Ф. Вопросы охраны и перспективы природоохранных исследований в Кунгурской лесостепи.....	10
Анпилогова Д.Д. Оценка регулирующих экосистемных услуг залежных земель для управления землепользованием.....	16
Арестова И.Ю., Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Сомов В.В., Кукушкин С.Ю., Лисенков С.А., Никулина А.Р. Устойчивость ландшафтов Южных Курил к рекреационному воздействию.....	21
Бажгина О.А. К антропогенной динамике фауны птиц и млекопитающих Пермского края.....	26
Байдина Н.А. Особо охраняемые природные территории Осинского района Пермского края.....	32
Бойко Т.А., Харитонов О.В., Бердинских С.Ю. Устойчивость еловых насаждений ООПТ «Левшинский» Пермского края.....	36
Быков А.Р., Зайцев Г.А. Антропогенное воздействие на лётную активность \медоносных пчёл (<i>Apis mellifera</i> L.) в условиях Липецкой области.....	41
Варушкина Т.С., Исаков Д.С., Матвеева Г.К. Орнитофауна долин малых рек города Перми.....	44
Воронов Г.А., Стенно С.П., Циберкин Н.Г. К созданию заповедника «Кумикушский» в Пермском крае.....	51
Воронов Г.А., Стенно С.П., Циберкин Н.Г. Вопросы организации охраняемого ландшафта «Пильвенский».....	56
Воронов Г.А., Циберкин Н.Г., Стенно С.П. Охраняемый ландшафт «Ямжачная Парма».....	59
Гайназарова Е.М. Экологическая оценка антропогенного воздействия на туристическую тропу природного парка «Иремель».....	62
Голубева О.И. Изменение таксационных показателей лесов на ООПТ «Сосновый бор».....	66
Жуйкова Д.Д. Анализ законодательной базы федерального, регионального и муниципального уровня для территорий с особыми условиями природопользования.....	70
Зеленина В.А., Кулакова С.А. Перспективы развития муниципальных питомников..	75
Кабипзянова А.О. Редкие и исчезающие растения заповедника «Денежкин Камень».	79
Кадетов Н.Г. Жизнь ООПТ в большом городе: заказник «Воробьёвы горы» и его история.....	84
Калашникова А.С. Экология серой крысы (<i>Rattus norvegicus</i> Berkenhout) в осенне-зимний период в г. Перми.....	88
Корякина Д.М., Жаворонков Ю.М. Оценка роста и развития интродуцентов в структуре насаждений на особо охраняемых природных территориях Вологодской области.....	93
Кострикова А.В. Теоретические аспекты создания экологических каркасов.....	97
Крайнева Т.С., Паньков Н.Н. Амфибиотические насекомые Айтуарской степи (Оренбургский государственный степной заповедник).....	101

Кучин Л.С. Анализ БПЛА применяемых в дистанционном зондировании парниковых газов и углеводов.....	106
Макеева В.М., Смуров А.В., Алазнели И.Д., Каледин А.П. Эксперимент по подтверждению эффективности эколого-генетического подхода к сохранению биологического разнообразия городских особо охраняемых природных территорий.....	112
Мехоношина Е.А. Предполевой и полевой этапы исследования торфяников для палеоэкологической реконструкции.....	116
Немчанинова Е.А. Современные представления о круговороте углерода в биосфере.	121
Плакхина Е.В. Общая характеристика сообщества герпетобионтных пауков некультивируемых участков ООПТ Ботанический сад ПГНИУ.....	126
Садовников-Стенно И.С. Антропогенная трансформация наземных экосистем заказника «Предуралье».....	131
Самофалова И.А. Почвенный покров горного массива Чувальский Камень в границах заповедника «Вишерский» (Северный Урал).....	136
Слащёв Д.Н., Конькова А.Ф. Ландшафтный аспект классификации экосистемных услуг.....	142
Стенно С.П., Данилова Д.В. Заповедное дело в Пермском крае в период 2000-2021 годов.....	147
Стенно С.П., Евсина С.Т., Садовникова Е.Н. Типология лесонасаждений особо охраняемой территории – охраняемого ландшафта «Осинская лесная дача» (Пермский край).....	155
Тренина В.С. Оценка развития волонтерского движение на федеральных ООПТ России.....	159
Харин Р.В., Матвеева Г.К. Распространение и численность кулика-сороки <i>Haematopus ostralegus</i> на территории Верхнекамья (северо-западе Пермского края и прилегающей территории).....	165
Черемных П.Ю., Патрушева Е.Н. Теоретические вопросы изучения природно-экологических каркасов.....	169
Черемных А.В., Патрушева Е.Н. Экологический туризм в летнее и зимнее время в Пермском крае.....	174
Шарипова А.А. Оценка жизненного состояния древесных растений.....	178

ТЕХНОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Аникина А.А. Техногенез при буровых работах на нефтяных месторождениях.....	181
Артамонова В.С. Современные аспекты трансформации природной среды в угледобывающих регионах.....	184
Бадалова Л.С. К концепции озеленения города Перми.....	190
Баранова М.С., Филиппов О.В., Леонтьев Д.А. Взаимосвязь процесса отделения заливов Волгоградского водохранилища с направлением ветра и повторяемостью штормов.....	194
Белкин П.А., Меньшикова Е.А., Ушакова Е.С. Антропогенная трансформация донных осадков реки Косьвы: последствия закрытия шахт Кизеловского угольного бассейна.....	199
Борисова С.И. Биотестирование почв на участках вокруг Кунгурского линейного производственного управления магистрального газопровода (Кунгурское ЛПУМГ)	205

Бузмаков С.А. Новейшие геоэкологические исследования в области трансформации природной среды.....	209
Вогуляков Л.С. Утилизация отходов на полигоне ТКО «Буматика».....	213
Гатина Е.Л., Нечаева М.А. Клен американский (<i>Acer negundo</i> L.) в озеленении города Перми.....	217
Давыдова Л.С. Обзор санитарного состояния еловых насаждений МКУ «Пермское городское лесничество».....	222
Емельянов М.А. К вопросу о выборе информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям с целью разработки заявки на получение комплексного экологического разрешения.....	226
Жукова М.В. Биотестирование малых рек Перми методом измерения оптической плотности культуры водоросли хлорелла (<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer).....	232
Заиченко А.Н., Гуреева Н.В. Анализ негативного воздействия сжигания попутного нефтяного газа в Нижневартовском районе.....	237
Зайцев А.А., Леконцев А.С. Разработка учебного симулятора «Нефтяное месторождение: охрана окружающей среды».....	241
Каверин А.В., Бочкарев Н.П., Массеров Д.А. Перспективы обращения с отходами производства и потребления (в контексте научного наследия Н.Ф. Реймерса).....	245
Калугина О.В., Афанасьева Л.В., Чеснаков Д.А., Коба Е.А. Влияние выбросов алюминиевого производства на состояние окружающей среды и показатели здоровья населения.....	250
Караваева Т.И., Тихонов В.П., Халилов Р.И. Актуальные вопросы инженерно-экологических изысканий: охраняемые виды растений.....	255
Коробейникова Ю.О. Анализ динамики трансформации типичных ландшафтов центральной части полуострова Ямал при нефтегазодобыче.....	259
Костылева Н.В., Нигматзянова К.Р. Сравнение расчетных значений выбросов оксидов углерода от сжигания топлива в индивидуальных теплогенераторах, вычисленных по различным литературным источникам.....	263
Костылева Н.В., Опутина И.П. Причины и последствия применения при расчетах выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух методик расчета выбросов в атмосферный воздух низкого качества.....	268
Костылева Н.В., Першукова О.Ю. Изменения природоохранного законодательства, введенные нормативными правовыми актами в области охраны окружающей среды в 2020 и 2021 годах, в том числе касающиеся области производственного экологического контроля.....	272
Костылева Н.В., Рачёва Н.Л. Реализация международных требований по регулированию выбросов парниковых газов в Российской Федерации.....	277
Костылева Н. В., Сивков Б.А., Гилёва Т.Е. Основные замечания, выявленные при анализе методик расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.....	282
Кочергин А.С. Парниковые газы.....	287
Мансурова А.Р. Биоремедиация нефтезагрязненных почв.....	292
Михайлова А.Г. Показатели состояния окислительного стресса (СОС) у двустворчатых моллюсков семейства Unionidae на разных участках реки Иж (Удмуртская Республика).....	296
Мулина В.А., Беляева И.А. Перспективы геоэкологических исследований (на примере Камского водохранилища).....	301
Мякишева А.В., Сомова Т.Н., Ощепкова А.З. Проблемы учета выведенных из эксплуатации объектов размещения отходов.....	303

Нестеренко Ю.М., Соломатин Н.В., Федюнин С.А., Халин А.В. Влияние техногенной трансформации природной среды на водный сток реки Самара в 1936-2020 годах.....	308
Носова М.В., Середина В.П., Рыбин А.С. Трансформационные изменения техногенно-засоленных почв среднетаежной подзоны Западной Сибири.....	313
Опугина И.П., Шкляев В.А. Оптимизация системы наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в г. Магнитогорске.....	316
Перевошиков Р.Д. Влияние нефтедобычи на радиационную обстановку на примере Березниковско-Соликамского промышленного узла.....	322
Перминова А.А. Особенности эмиссии поллютантов в окружающую среду из отходов калийных предприятий.....	326
Петрова Е.Г. Промышленные и транспортные аварии как источник загрязнения природной среды.....	331
Пичугин Е.А. Объекты накопленного вреда как источник негативного воздействия на компоненты природной среды.....	336
Портнягина А.М. Воздействие нефтедобывающей компании «Уралнефтесервис» на окружающую среду Пермского края.....	342
Рамазанов Р.А. Концентрация нефтепродуктов в р. Каменка на территории Кокуйского месторождения нефти.....	348
Салахиева Е.Д. Анализ нормативных требований, проверяющихся на предприятиях посредством проверочных листов (списков контрольных вопросов) в ходе государственного надзора в области охраны атмосферного воздуха.....	351
Симонов В.Э. Влияние нефтяного загрязнения на миграционные процессы.....	355
Соловьёва А.С., Рудакова Л.В. Перспективы использования микроводорослей для утилизации выбросов углекислого газа.....	358
Сорокина Т.В., Лукин А.Ю., Костылева Н.В. К вопросу о нормировании физических воздействий на окружающую среду.....	363
Старков Р.А. Общественный мониторинг состояния атмосферного воздуха.....	367
Ташкинов Е.В. Оползневые процессы в городе Перми.....	371
Титова Л.А., Дзюба Е.А. Влияние добычи нефти на природные особенности территории Пермского края.....	377
Устинова Х.В. Использование и загрязнение водных ресурсов Пермского края.....	381
Филатова Д.А. Устойчивое развитие современных городов.....	385
Хаматова А.В. Влияние нефтепродуктов и углеводородов на инфузории.....	390
Хаустов А.П., Редина М.М. Новые представления о динамике структурных переходов в геоэко системах.....	396
Хурт Д.В. Оценка интенсивности дыхания почв песчаных дюн северной тайги Западной Сибири в лабораторных экспериментах.....	402
Чабина А.А. Развитие сети экологических наблюдений ООО «Лукойл-Пермь» на территории месторождений с особыми условиями хозяйственной деятельности.....	406
Чайникова В.С. Оценка влияния ОАО «Соликамский магниевый завод» на окружающую среду.....	412
Чекменев В.Н. Медико-экологическая оценка Осинского городского округа.....	416
Черезова А.К. Состав отходов предприятия «Уралоргсинтез».....	421
Чудинова О.А., Дзюба Е.А. Схема биотестирования нефтезагрязненных почв на базе лаборатории экологии и охраны природы Пермского государственного университета.....	425

УСТОЙЧИВОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ

Алейников А.А. О необходимости сохранения ненарушенных темнохвойных лесов с участием кедра сибирского (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) в Пермском крае.....	432
Бердинских С.Ю., Боталов В.С., Романов А.В., Зайцев А.Г. Агрохимическая характеристика верхнего слоя грунта на угольных терриконах и влияние глинования на их естественное зарастание (на примере Кизеловского угольного бассейна).....	437
Бердинских С.Ю., Боталов В.С., Поморцева Д.С., Романов А.В., Зайцев А.Г. Применение показателей флуктуирующей асимметрии березы пушистой для оценки качества окружающей среды на территории Кизеловского угольного бассейна.....	442
Бузмаков С.А., Переведенцева Л.Г., Боталов В.С., Гатина Е.Л., Бердинских С.Ю., Романов А.В., Шестаков И.Е., Зайцев А.Г. Уникальные лесные экосистемы в районе горы Шудья-Пендыш.....	448
Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н., Васильева О.А. Возрастная структура осушаемых лесов Вологодской области.....	453
Каверин А.В., Алферина А.В., Василькина Д.Н., Исаева Д.А., Ушаков И.С. Проблемы экологизации сельского, лесного хозяйства и рыбного промысла в бассейне реки Суры.....	458
Менгаязова Р.Е. Анализ воспроизводства лесов Закамского лесничества Пермского края.....	463
Мингазова К.Р. Дендрохронологическая изученность Пермского края.....	465
Наймушина Е.Э. Лесное районирование в Пермском крае.....	469
Пластинина П.А. Муниципальный лесной контроль в Российской Федерации.....	474
Рогозин М.В. Что не так в наших представлениях о естественном отпаде деревьев?... 478	478
Романов А.В. Оценка ущерба от незаконной рубки городских насаждений г. Перми: пути решения правового тупика.....	483
Соколов Р.А. Комплексная технология выращивания хвойных культур.....	488
Тельнов А.А. Технологии выращивания посадочного материала для воспроизводства лесов.....	491
Шабанова Е.Е. Изучение сукцессий растительности фрезерных полей Удмуртской Республики.....	494
Шулепова А.С. Анализ горимости лесных насаждений МКУ «Пермское городское лесничество».....	498

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Азарёнок Т.Н. Характеристика свойств антропогенных почвенных образований футбольного поля.....	502
Баянов К.А. Эмиссия и фиксация углекислого газа (CO ₂) почвой.....	507
Бельмесова С.А., Пальмова Н.С. Влияние совместного действия тяжелых металлов и нефтепродуктов на показатели роста и развития растений на примере кресс-салата..	513
Гололобова А.Г., Данилов П.П., Боескоров В.С. Техногенно-поверхностные образования и антропогенно-преобразованные почвы Янского плоскогорья.....	518
Горохова С.М., Шаймухаметова Ч.Д., Васильев А.А. микроструктурная неоднородность ортштейнов дерново-подзолистых почв Среднего Предуралья.....	523

Дыдышко С.В., Азаренок Т.Н., Матыченкова О.В., Ананько Е.Д. Профильная трансформация качественного состава фракции физической глины дерново-подзолистых почв пахотных земель.....	527
Зырянова Е.В., Пичугин Е.А. Проблемы оценки качества почв в части применения перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды.....	532
Исупова А.А., Бухарина И.Л. Изучение выносливости растений-мелиорантов, инокулированных эндотрофными грибами, к различным концентрациям нефти в субстрате.....	538
Клестова Д.А. Биотестирование как метод оценки качества почв.....	548
Митракова Н.В., Блинов С.М., Федотов С.В., Перминова А.А., Багина Т.Ф. Классификация и свойства почв, сформированных на отвалах и разливах отвалов угольных шахт, Пермский край, Кизеловский угольный бассейн.....	547
Носова М.В., Середина В.П., Рыбин А.С. Оценка экологического состояния почв, загрязненных нефтью и минерализованными жидкостями пластовых вод.....	552
Сомов В.В., Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Рюмин А.Г., Чуков С.Н. Гуминовые кислоты степных почв как фактор миграции химических элементов в районе разработки медноколчеданного месторождения (Южный Урал)...	555
Тихомирова Ю.В., Патрушева Е.Н. Состояние рекультивированных земель после аварии на нефтепроводе Кыласово–ПНОС.....	560
Торопов Л.И., Панарин Е.А. Исследование полиметаллического загрязнения почвы города Перми.....	565

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫСШЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Зайцев А.А., Болотова Ю.А. Необходимость формирования компетенций инженерно-экологических изысканий через образовательную программу бакалавров и магистров на основе анализа замечаний государственной экспертизы...	570
Каверин А.В., Бочкарев Н.П., Массеров Д.А. Проблема экологической профанации в сельскохозяйственной науке и образовании.....	575
Сергеева О.С. Правовые аспекты высшего экологического образования.....	579

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ

Буравлева В.П. Возможности и результаты экологического образования и просвещения в школьных экспедициях.....	583
Мацаберидзе О.Р. Вопрос эффективных способов снижения жёсткости воды в бытовых условиях.....	586
Новоселова Л.В., Хохлова Ю.Е., Писцова О.Н. Эколого-просветительский проект «Травознай» и «Древовед»: научно-популярная ботаническая школа».....	590
Спиридонова К.А. Проблема обращения с животными без владельцев.....	595
Чечкина Т.С. Современные методы обращения с отходами производства и потребления.....	601

А.А. Исупова, И.Л. Бухарина

Удмуртский государственный университет
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1

A.A. Isupova, I.L. Bukharina

Udmurt State University

426034, Izhevsk, Universitetskaya str., 1

e-mail: isupova.anastasiya.96@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ РАСТЕНИЙ-МЕЛИОРАНТОВ, ИНОКУЛИРОВАННЫХ ЭНДОТРОФНЫМИ ГРИБАМИ, К РАЗЛИЧНЫМ КОНЦЕНТРАЦИЯМ НЕФТИ В СУБСТРАТЕ

В статье приводятся результаты лабораторных экспериментов по исследованию влияния эндотрофных грибов на выносливость растений-мелиорантов к различным концентрациям нефти в почве. Результаты показали, что инокуляция растений-мелиорантов исследуемыми эндотрофными грибами положительным образом повлияла на содержание и соотношение фотосинтетических пигментов в условиях стресса. У неинокулированных растений наблюдалось достоверное снижение содержания фотосинтетических пигментов (в 1,5 раза) при концентрации нефти в субстрате более 5%, а при инокуляции – при концентрации нефти лишь более 7,5%. У инокулированных растений наблюдалось достоверное снижение содержания сухого вещества в 1,2 раза, в случае с *Fusarium equiseti* – при концентрации нефти 10%, а в случае с *Cylindrocarpon magnusianum* – при 5% нефтезагрязнении. По содержанию аскорбиновой кислоты выявить закономерностей не удалось. Таким образом, инокуляция растений-мелиорантов эндотрофными микроскопическими грибами способствовала повышению их устойчивости к содержанию нефти в почве. В вариантах опыта с разными концентрациями нефти показатели частоты встречаемости и интенсивности грибной инфекции в корнях растений имели отличия для обоих видов грибов. При инокуляции растений *Fusarium equiseti* внесение нефти в концентрации 2,5% стимулировало развитие грибной инфекции: частота встречаемости составила 46,7%, а интенсивность инфекции – 2,3%. Существенно отличалась реакция растений-мелиорантов, инокулированных *Cylindrocarpon magnusianum*. По мере увеличения содержания нефти в субстрате от 1% до 7,5% наблюдалось устойчивое снижение частоты встречаемости и интенсивности грибной инфекции в 1,5–2 раза. А при 10% нефтезагрязнении, наоборот, наблюдалось увеличение этих показателей. Частота встречаемости составила 46,7 и интенсивность грибной инфекции – 2,3%. Таким образом, грибы показали разную чувствительность к стрессовому фактору.

Ключевые термины: нефтяное загрязнение; биотехнологический метод; микроскопические эндотрофные грибы.

STUDY OF THE RESISTANCE OF LAND RECLAMATION PLANTS INOCULATED BY ENDOTROPHIC FUNGI TO DIFFERENT CONCENTRATIONS OF OIL IN THE SUBSTRATE

The article presents the results of laboratory experiments to study the effect of endotrophic fungi on the endurance of land reclamation plants to different concentrations of oil in the soil. The results showed that the inoculation of land reclamation plants by the endotrophic fungi under study had a positive effect on the content and ratio of photosynthetic pigments under stress. In non-inoculated plants, a significant decrease of 1.5 times in photosynthetic pigments was observed at an oil concentration of more than 5%, and during inoculation – at an oil concentration of more than 7.5%. In inoculated plants, a significant decrease in the dry matter content of 1.2 times was observed, in the case of *Fusarium equiseti* – at an oil concentration of 10%, and in the case of *Cylindrocarpon magnusianum* – with 5% oil pollution. According to the content of ascorbic acid, it was not possible to identify patterns. Thus, the inoculation of land reclamation plants with endotrophic microscopic fungi contributed to increasing the resistance of land reclamation plants to the oil content in the soil. In variants of the experiment with different concentrations of oil, the indicators of the frequency of occurrence and intensity of mycorrhizal infection in the roots of plants had differences for both types of fungi. When inoculating *Fusarium equiseti* plants in the control (without applying oil), the frequency of occurrence was 40%, and the intensity of infection was 2%. The introduction of oil in concentrations of 2.5% stimulated the development of infection: the frequency of occurrence was 46.7%, and the intensity of infection was 2.3%. The reaction of reclamation plants inoculated with the fungus *Cylindrocarpon magnusianum* differed significantly. As the oil content in the substrate increased from 1% to 7.5%, there was a steady decrease in the frequency of occurrence and intensity of infection by 1.5-

2 times. And with 10% oil pollution, on the contrary, an increase in these indicators was observed. The frequency of occurrence was 46.7 and the intensity of fungal infection was 2.3%. Thus, the fungi showed different sensitivity to the stress factor. This reaction indicates the specificity of the response of fungi to oil pollution conditions.

Keywords: oil pollution; biotechnological method; microscopic endotrophic fungi.

В нефтедобывающих регионах причинами загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами является добыча, транспортировка и техническое обслуживание предприятий [1]. Существует проблема поиска наиболее эффективных и безопасных методов восстановления нефтезагрязненных земель, к которым относится биотехнологический метод с использованием микропрепаратов-нефтедеструкторов. Но действие биопрепаратов ограничено и связано с условиями среды [2]. В настоящее время идет поиск биологических агентов, которые повысили бы эффективность биопрепаратов. Такими агентами могут быть микроскопические грибы [3,4]. В связи с этим был заложен лабораторный эксперимент по инокуляции растений-мелиорантов микроскопическими эндотрофными грибами, с целью изучения их выносливости к различным концентрациям нефти в почве.

Опыт по инокуляции растений-мелиорантов грибами *Cylindrocarpon magnusianum* и *Fusarium equiseti* был заложен по следующей схеме:

А – фактор – популяция гриба	В – фактор – концентрация нефти в субстрате, %
А0 – абсолютный контроль (без гриба)	В0 – контроль (без нефти)
А1 – <i>Fusarium equiseti</i>	В1 – 1,0
А2 – <i>Cylindrocarpon magnusianum</i>	В2 – 2,5
	В3 – 5,0
	В4 – 7,5
	В5 – 10,0

В ходе наблюдений выявлено, что во всех вариантах опыта семена растений-мелиорантов проросли, ингибирования прорастания семян не наблюдалось. В вариантах с концентрацией нефти в субстрате до 5% наблюдался активный рост растений. При концентрации нефти в субстрате 7,5% и 10 % наблюдался замедленный рост растений, высота надземной части была в два раза меньше по сравнению с контрольными образцами, цвет растений также отличался, был светло-зеленым с желтоватым оттенком. На наш взгляд, это связано с недостатком влаги, поступающей в растения, так как нефть изменяет гидрофильные свойства почвы, почва покрылась пленкой из нефти и вода не проникала в почву к корням растений.

Далее отбирали части растений – надземную часть и корни для дальнейших лабораторных исследований:

1. определение процентного содержания сухого вещества в надземной части растений;
2. определение содержания фотосинтетических пигментов в листьях;
3. определение содержания аскорбиновой кислоты в надземной части растений;
4. определение степени заражения корней растений эндотрофными грибами методом микроскопирования.

Результаты биохимических исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Содержание фотосинтетических пигментов, сухого вещества и аскорбиновой кислоты
в надземной части растений-мелиорантов**

Варианты опыта	Содержание фотосинтетических пигментов, мл/л			Содержание сух.вещ.,%	Содержание аскорб. к-ты, мг%
	хлорофилл а	хлорофилл b	каротиноиды		
A0B0(без гриба; 0%)	4,45±0,28*	0,76±0,04	1,62±0,07	15,23±1,25	159,92±4,41
	3,99...4,90**	0,70...0,83	1,51...1,72	13,24...17,23	152,9...166,95
A0B1(без гриба; 1%)	4,38±0,12	0,76±0,05	1,57±0,06	16,72±0,61	173,69±1,72
	4,19...4,57	0,69...0,84	1,47...1,67	15,75...17,70	170,95...176,43
A0B2(без гриба;2,5%)	4,54±0,50	0,72±0,04	1,57±0,09	17,13±2,17	144,74±3,07
	3,75...5,33	0,67...0,78	1,42...1,70	13,68...20,58	139,86...149,63
A0B3(без гриба;5%)	3,24±0,37	0,52±0,05	1,27±0,07	13,73±0,75	135,59±6,82
	2,66...3,83	0,44...0,61	1,16...1,39	12,54...14,92	124,73...146,44
A0B4(без гриба;7,5%)	2,86±0,31	0,47±0,06	1,10±0,09	14,80±3,09	209,52±7,27
	2,37...3,35	0,37...0,57	0,95...1,25	9,89...19,71	197,95...221,10
A0B5(без гриба;10%)	2,98±0,24	0,52±0,05	1,17±0,08	14,24±1,66	174,49±2,47
	2,6...3,35	0,45...0,59	1,05...1,29	11,59...16,88	170,56...178,41
A1B0(F;0%)	5,28±0,47	0,92±0,04	1,58±0,03	18,14±0,88	151,64±5,58
	4,53...6,03	0,85...0,99	1,53...1,63	16,74...19,55	142,75...160,53
A1B1(F;1%)	4,90±0,36	0,83±0,01	1,57±0,04	18,30±1,27	175,01±4,00
	4,32...5,48	0,82...0,84	1,50...1,63	16,28...20,32	168,64...181,38
A1B2(F;2,5%)	4,75±0,23	0,88±0,06	1,62±0,03	13,23±2,23	171,88±5,32
	4,38...5,13	0,80...0,97	1,58...1,66	9,69...16,77	163,42...180,35
A1B3(F;5%)	4,39±0,25	0,78±0,05	1,57±0,02	15,51±0,74	152,73±7,74
	3,99...4,80	0,69...0,86	1,55...1,60	14,33...16,69	140,42...165,04
A1B4(F;7,5%)	2,76±0,60	0,45±0,02	0,97±0,07	17,39±1,40	152,09±1,98
	1,81...3,71	0,42...0,48	0,85...1,08	15,16...19,62	148,94...155,25
A1B5(F;10%)	3,18±0,31	0,58±0,06	1,24±0,08	11,93±0,27	135,19±0,89
	2,7...3,7	0,49...0,67	1,11...1,37	11,49...12,36	133,78...136,60
A2B0(C;0%)	3,42±0,29	0,64±0,07	1,26±0,07	19,75±0,33	197,51±5,82
	2,95...3,88	0,53...0,74	1,14...1,37	19,23...20,28	188,26...206,77
A2B1(C;1%)	3,97±0,17	0,69±0,03	1,42±0,03	16,62±0,73	184,29±8,22
	3,7...4,24	0,65...0,74	1,37...1,48	15,45...17,78	171,22...197,37
A2B2(C;2,5%)	3,24±0,38	0,60±0,05	1,13±0,06	17,59±1,70	148,29±4,53
	2,64...3,83	0,51...0,68	1,04...1,22	14,89...20,30	141,08...155,49
A2B3(C;5%)	3,52±0,14	0,61±0,04	1,27±0,07	16,15±1,08	181,94±1,37
	3,3...3,74	0,55...0,67	1,16...1,38	14,43...17,86	179,75...184,12
A2B4(C;7,5%)	2,38±0,2	0,42±0,04	0,02±0,01	13,44±0,43	176,92±3,89
	2,06...2,70	0,35...0,48	1,00...1,04	12,75...14,13	170,74...183,11
A2B5(C;10%)	2,26±0,03	0,33±0,03	0,91±0,04	14,76±1,67	141,42±5,79
	2,22...2,3	0,28...0,37	0,86...0,97	12,11...17,42	132,21...150,64

Примечания. F – *Fusarium equiseti*; C – *Cylindrocarpum magnusianum*; * – среднее значение показателя ± стандартное отклонение; ** – доверительный интервал для среднего значения при $p < 0,05$. Применимо к таблице 2.

Во-первых, нами было проанализировано влияние разных концентраций нефти в субстрате на состояние растений-мелиорантов, не подверженных инокуляции. При концентрации нефти 1% и 2,5% достоверных различий по содержанию фотосинтетических пигментов не наблюдалось. Достоверное снижение содержания всех фотосинтетических пигментов в 1,5 раза наблюдалось при концентрации нефти в субстрате от 5% до 10%. По содержанию сухого вещества достоверных различий не наблюдалось.

По содержанию аскорбиновой кислоты наблюдалось достоверное увеличение при 1% загрязнении (на 14 мг%), а при 2,5% и 5% загрязнении наблюдалось достоверное снижение данного показателя (на 20 мг%), но при 7,5% и 10% загрязнении содержание аскорбиновой кислоты вновь достоверно увеличилось.

Результаты данных наблюдений связаны с активацией ферментной системы, так как аскорбиновая кислота используется растениями для нейтрализации загрязнений. При низких концентрациях нефти вырабатываемая аскорбиновая кислота тратится на нейтрализацию загрязнения. При высоких концентрациях нефти активируется ферментная система, которая запускает выработку аскорбиновой кислоты, следовательно, ее содержание увеличивается.

Таким образом, внесение нефти в концентрации более 5% повлияло на количество фотосинтезирующих пигментов, а также при концентрации более 1% на выработку аскорбиновой кислоты, но не повлияло на содержание сухого вещества.

Во-вторых, проанализировали влияние инокуляции *Fusarium equiseti* на биохимические показатели растений-мелиорантов, сравнение проводили с вариантом А1В0. При концентрации нефти от 1% до 5% достоверных различий по содержанию фотосинтезирующих пигментов не наблюдалось. Достоверное снижение количества фотосинтетических пигментов наблюдалось лишь при концентрации нефти в субстрате более 7,5%. По содержанию сухого вещества достоверные различия наблюдались при концентрации нефти 10%. По содержанию аскорбиновой кислоты достоверное увеличение ее количества выявлено при 1% и 2,5% нефтезагрязнении, при концентрации нефти 5% и 7,5% достоверных различий не наблюдалось, а при 10% внесении нефти содержание аскорбиновой кислоты достоверно снизилось. Такие результаты, на наш взгляд, также связаны с деятельностью ферментной системы.

Таким образом, инокуляция растений-мелиорантов эндотрофным микромицетом *Fusarium equiseti* повлияла на выработку фотосинтетических пигментов при концентрации нефти в субстрате более 7,5%, а также при концентрации более 1% на выработку аскорбиновой кислоты. Достоверное снижение содержания сухого вещества наблюдалось при 10% нефтезагрязнении.

В-третьих, проанализировали влияние инокуляции *Cylindrocarpon magnusianum* на биохимические показатели растений-мелиорантов, сравнение проводили с вариантом А2В0. При концентрации нефти от 1% до 5% достоверных различий по содержанию фотосинтетических пигментов не наблюдалось. Достоверное снижение количества фотосинтетических пигментов наблюдалось при высоких концентрациях нефти в субстрате (7,5% и 10%). По содержанию сухого вещества достоверное снижение наблюдалось при концентрации нефти более 5%. По содержанию аскорбиновой кислоты ее достоверное снижение было установлено при внесении нефти 2,5% и 10%. Такие результаты подтверждают сложную реакцию ферментной системы на выработку аскорбиновой кислоты в условиях нефтяного загрязнения.

Таким образом, инокуляция растений-мелиорантов эндотрофным грибом *Cylindrocarpon magnusianum* повлияла на синтез фотосинтетических пигментов при концентрации нефти в

субстрате более 7,5%, а также при концентрации более 2,5% на выработку аскорбиновой кислоты. Достоверное снижение содержания сухого вещества наблюдалось при 5% нефтезагрязнении.

Таким образом, инокуляция растений-мелиорантов эндотрофными микроскопическими грибами способствовала повышению устойчивости растений к содержанию нефти в почве.

Помимо изучения биохимических реакций растений-мелиорантов на условия стресса, была проведена оценка развития грибной инфекции. Для этого применена методика окрашивания препаратов корней (trypanblue 1%) с их предварительной мацерацией согласно стандартным методикам и использованием метода световой микроскопии (Лабутова, 2014). Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Частота встречаемости и интенсивность развития грибной инфекции, %

<i>Варианты опыта</i>	<i>Частота встречаемости грибной инфекции (%)</i>	<i>Интенсивность развития грибной инфекции (%)</i>
A1B0(F;0%)	40	2
A1B1(F;1%)	33	1,7
A1B2(F;2,5%)	46,7	2,3
A1B3(F;5%)	26,7	1,3
A1B4(F;7,5%)	13,3	0,7
A1B5(F;10%)	13,3	0,7
A2B0(C;0%)	53,3	2,7
A2B1(C;1%)	33	1,7
A2B2(C;2,5%)	26,7	1,3
A2B3(C;5%)	26,7	1,3
A2B4(C;7,5%)	20	1
A2B5(C;10%)	46,7	2,3

Примечание: F – *Fusarium equiseti*, C – *Cylindrocarpon magnusianum*

В варианте без внесения нефти инфицирование растений *Cylindrocarpon magnusianum* было более активным. Внесение разных концентраций нефти оказало влияние на частоту встречаемости и интенсивность микоризной инфекции у обоих видов грибов.

У *Fusarium equiseti* в контроле (на субстрате без внесения нефти) частота встречаемости грибной инфекции в корнях растений составила 40%, а интенсивность – 2%. Внесение нефти в концентрации 2,5% стимулировало развитие инфекции: частота встречаемости составила 46,7%, а интенсивность инфекции – 2,3%. В вариантах с концентрацией нефти выше 5%

наблюдалось устойчивое снижение частоты встречаемости и интенсивности грибной инфекции в корнях растений в 2–3 раза. Но даже при таком уровне инфекции грибы оказали положительное действие на устойчивость растений – мелиорантов к влиянию нефти.

Существенно отличалась результаты у растений-мелиорантов, инокулированных *Cylindrocarpon magnusianum*. При отсутствии нефти в субстрате частота встречаемости грибной инфекции составила 53,3%, а интенсивность – 2,7%. Затем по мере увеличения концентрации нефти в субстрате от 1 до 7,5% наблюдалось устойчивое снижение частоты встречаемости и интенсивности грибной инфекции в корнях растений в 1,5–2 раза. А при 10% нефтезагрязнении, наоборот, наблюдалось увеличение этих показателей. Частота встречаемости составила 46,7 и интенсивность грибной инфекции – 2,3%. Полученные результаты подтверждают результаты лабораторного опыта о том, что *Fusarium equiseti* лучше использовать при низких концентрациях нефти в субстрате, а *Cylindrocarpon magnusianum* при длительном нефтезагрязнении и высоких концентрациях нефти.

Таким образом, исследуемые грибы существенно отличаются по устойчивости к разным концентрациям нефти в субстрате. Они показали разную чувствительность к стрессовому фактору нефтяного загрязнения. Такая реакция свидетельствует о специфичности реакции грибов. Признаком выживания послужило партнерство растений-мелиорантов и эндотрофных грибов.

Библиографический список

1. Куликова О.А., Терехова В.А., Мазлова Е.А., Нишкевич Ю.А., Кыдралиева К.А. Экотоксикологические характеристики нефтезагрязненных грунтов (шламов) после их реагентной обработки // Теоретическая и прикладная экология. 2019. №3. С. 120–126.
2. Лямзин В.И., Бухарина И.Л., Здобяхина О.В., Исламова Н.А., Загребина В.С. Исследование эффективности совместного применения биопрепарата-нефтедеструктора и эндотрофных грибов на этапе биологического восстановления нефтезагрязненных земель // Астраханский вестник экологического образования. 2018. №3 (45). С.94–98.
3. Мифтахова А.М. Некоторые аспекты взаимоотношений высших растений и микроскопических грибов в почвах, загрязненных нефтью // Вестник Башкирского университета. 2005. №3. С. 41–46.
4. Назарько М.Д., Щербаков В.Г., Александрова А.В. Перспективы использования микроорганизмов для биодegradации нефтяных загрязнений почв // Известия вузов. Пищевая технология. 2004. №4. С. 89–91.