

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
БОТАНИЧЕСКИЙ САД УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА»

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И МОНИТОРИНГ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

Материалы XI Всероссийской научной конференции  
с международным участием  
Сатка, 12–16 сентября 2022 г.

Сатка  
2022

УДК 502.521  
ББК 28.088.1

*Рецензент – доктор биологических наук, профессор,  
главный научный сотрудник ин-та Экологии растений  
и животных УрО РАН В. А. Мухин*

Редакционная коллегия:

доктор сельскохозяйственных наук С. Л. Менщиков;  
кандидат биологических наук М. А. Глазырина (отв. редактор);  
доктор географических наук Г. Г. Борисова (отв. за выпуск);  
кандидат биологических наук Н. В. Лукина (отв. за выпуск)

Б 63 Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель : материалы  
XI Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Сатка, 12–16 сентября 2022 г. –  
Сатка: Изд-во «Принтоника», 2022. – 299 с.

ISBN 978-5-6046776-7-4

Материалы сборника включают доклады, отражающие достижения основные результаты исследований в области изучения экологических основ и разработки методов биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель, выполненных за последние 5–10 лет в России и других странах, в которых уровень добычи и переработки нефти, газа, руды и других ископаемых остается высоким и сопровождается интенсивным приростом загрязненных и нарушенных территорий. Обосновываются принципы рекультивации нарушенных земель, адекватные условиям природной среды в различных природно-климатических зонах. В сборнике статей по материалам конференции отражены результаты исследований последствий негативного влияния на природную среду промышленного производства на всех этапах техногенеза: воздействие разработки полезных ископаемых, угледобычи, рудных месторождений, карьерно-отвалных комплексов, нефтедобычи, отходов цветной и черной металлургии. Кроме того, часть материалов, опубликованных в сборнике посвящена актуальным проблемам озеленения крупных мегаполисов, а также депонированию углерода в техногенных ландшафтах.

Сборник рассчитан на широкий круг специалистов, в том числе в области ботаники, экологии, биоэкологи, охраны окружающей среды, лесоведения и лесоводства, ландшафтной архитектуры; специалистов, занимающихся проблемами антропогенной трансформации наземных экосистем и рекультивации нарушенных земель.

УДК 502.52  
ББК 28.088.1

ISBN 978-5-6046776-7-4

© Ботанический сад УрО РАН, 2022  
© ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого  
Президента России Б. Н. Ельцина», 2022

## Содержание

Предисловие.....	10
<i>Алемасова А. С., Сафонов А. И.</i> Экологический мониторинг содержания тяжелых металлов в фитосубстратах индикационной значимости.....	12
<i>Андроханов В. А., Госсен И. Н., Уфимцев В. Н.</i> Итоги рекультивации на Назаровском угольном разрезе.....	16
<i>Банникова Л. А., Хриченков А. В., Бурицев А. Г., Тиганова И. А., Третьякова А. С., Груданов Н. Ю., Владыкина В. Д.</i> Принципы формирования подхода к благоустройству озелененных пространств Екатеринбурга.....	20
<i>Барашкова Н. В., Мартынова Л. В.</i> Восстановление природного разнообразия травостоя и почвенного плодородия остепненных лугов центральной Якутии.....	24
<i>Бухарина И. Л., Исупова А. А., Лямзин В. И.</i> Перспективы использования консорциумов микроорганизмов и высших растений в восстановлении нефтезагрязненных земель.....	28
<i>Бушуева Ю. О., Егошина Т. Л., Гудовских Ю. В., Ярославцев А. В., Лугинина Е. А.</i> Особенности нарушенных растительных сообществ в подзоне северной тайги Республики Коми.....	32
<i>Воробьева И. Б., Власова Н. В.</i> Мониторинг состояния снежного покрова нарушенных земель при открытой разработке угольного месторождения Восточной Сибири.....	36
<i>Глазырина М. А., Лукина Н. В., Филимонова Е. И. Баркова Н. Ю., Коробицина С. Н.</i> Виды трибы Rurgoleae на промышленных отвалах (Средний Урал).....	41
<i>Глухова Е. В., Голубева Е. И.</i> Фиторекультивация нарушенных прибрежных экосистем Терского берега Белого моря.....	48
<i>Глянцева Ю. С., Зуева И. Н., Лифшиц С. Х., Чалая О. Н., Попова Н. И.</i> Углеводородное состояние мерзлотных почв в районе нефтебаз на территории Якутии.....	51
<i>Двуреченский В. Г.</i> Способы реабилитации почв, деградирующих под влиянием предприятий цветной металлургии.....	55
<i>Дорогая Е. С., Абакумов Е. В., Гаршин М. В., Сулейманов Р. Р., Миннегалиев А. О.</i> Исследование микробиома карьера по добыче строительных материалов в Зауралье Республики Башкортостан.....	59
<i>Ермакова М. В.</i> Рост и формирование культур сосны при рекультивации дражных отвалов.....	63
<i>Ермакова М. В.</i> Создание декоративных форм сосны обыкновенной при озеленении урбанизированной среды.....	67
<i>Жуков С. П.</i> Трансформированные биогеоценозы реки Богодухова г. Донецка.....	71
<i>Ильбулова Г. Р., Семенова И. Н., Суюндукова М. Б.</i> Загрязнение почв окрестностей Зилаирского медеплавильного завода Зилаирского района Республики Башкортостан...	75
<i>Калинина А. В. Oenothera salicifolia</i> Desf. ex G. Don в техногенных экотопах г. Макеевки (ДНР).....	79
<i>Кочубей А. А., Петрова И. В.</i> Особенности сфагнового субстрата в постприродных и негорелых сосняках на верховых болотах Западной Сибири.....	83
<i>Крюкова С. А., Катаев Г. Д.</i> Оценка состояния наземных экосистем по данным биологического мониторинга на примере мелких млекопитающих.....	86
<i>Кузьмина Н. А., Менищikov С. Л., Севик Х.</i> Биоаккумуляция металлов в ассимиляционных органах сосны и изменение почв в условиях текущего и накопленного аэротехногенного загрязнения .....	90
<i>Кулагин А. Ю.</i> Лесная рекультивация нарушенных ландшафтов – экологически корректный ресурсосберегающий способ ликвидации накопленного экологического ущерба и восстановления биологической продуктивности.....	98

<b>Кулагин А. Ю., Тагирова О. В.</b> Региональные особенности лесной рекультивации территорий, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых: перспективы рекреационного использования карьерно-отвального ландшафтно-природного комплекса Кумертауского бурогольного разреза (Южное Предуралье).....	101
<b>Ламанова Т. Г., Шеремет Н. В., Доронькин В. М.</b> Редкие и исчезающие виды растений Сибирской флоры при восстановлении биоразнообразия на вскрышных породных отвалах в Кузбассе.....	104
<b>Леухин И. В.</b> Анализ загрязненности компонентов природной среды на территории Шорского национального парка за период с 2016 по 2021 гг. ....	109
<b>Лиханова И. А., Кузнецова Е. Г., Лаптева Е. М.</b> Особенности разработки технологических карт по восстановлению нарушенных земель на севере (Республики Коми).....	114
<b>Лиханова И. А., Кузнецова Е. Г., Холопов Ю. В., Денева С. В., Лаптева Е. М.</b> Специфика формирования почвенного органического вещества и депонирование углерода в процессе первичного почвообразования на Северо-Востоке европейской части России.....	119
<b>Малева М. Г., Чукина Н. В., Борисова Г. Г., Новиков П. Е., Раева Я. Ю., Воропаева О. В., Филимонова Е. И.</b> Влияние рекультивационных мероприятий на содержание биогенных элементов и продукционный процесс у <i>Listera ovata</i> (Orchidaceae) в условиях золоотвала.....	123
<b>Мартынюк А. А., Коженков Л. Л., Жидков А. Н.</b> Использование осадков сточных вод для рекультивации техногенно нарушенных земель.....	128
<b>Машков И. А., Потапенко А. М., Толкачева Н. В., Митин Н. В.</b> Состояние антропогенно нарушенных торфяных участков, переданных в лесной фонд минлесхоза.....	132
<b>Менщиков С. Л., Мухин В. А., Ташев А. Н.</b> Диагностика негативных изменений в лесных экосистемах по выявлению техногенного нарушения и методов рекультивации нарушенных земель.....	137
<b>Миннегалиев А. О., Дорогая Е. С., Сулейманов Р. Р., Асылбаев И. Г.</b> Затопленные почвы ложа водохранилищ: особенности формирования и перспективы восстановления.....	141
<b>Мирненко Н. С.</b> Анализ развития пыльцевых зерен некоторых видов древесных растений Донецкой агломерации.....	144
<b>Михайловская Л. Н., Гусева В. П., Михайловская З. Б.</b> Радиационный мониторинг почвенного покрова в зоне влияния атомных предприятий.....	147
<b>Михаищев Р. В., Валдайских В. В., Симолян Р. С.</b> Особенности роста побегов представителей семейства сосновые ( <i>Pinaceae</i> Lindl.) в условиях культуры в ботаническом саду УрФУ.....	152
<b>Мохначев П. Е., Махнева С. Г., Менщиков С. Л., Терехов Г. Г., Потапенко А. М., Клеткин А. А.</b> Изменчивость признаков генеративной системы <i>Pinus sylvestris</i> L. в условиях аэротехногенного загрязнения.....	156
<b>Некрасова О. А., Радченко Т. А., Бетехтина А. А., Учаев А. П., Петрова Т. А.</b> Изменение физико-химических свойств зольного субстрата на начальных этапах почвообразования.....	161
<b>Никитина Е. С., Сродных Т. Б.</b> Предложения по схемам посадки живых изгородей декоративного назначения.....	165
<b>Опекунова М. Г., Опекунов А. Ю., Кукушкин С. Ю.</b> Результаты многолетних мониторинговых исследований на территории лицензионных участков нефтегазодобычи ЯНАО.....	168
<b>Пермитина В. Н.</b> Основы биологической рекультивации нарушенных земель рудных месторождений Северного Казахстана.....	174
<b>Потапенко А. М., Машков И. А., Толкачева Н. В., Митин Н. В., Шабалева М. С.</b> Биологическая устойчивость древостоев <i>Betula pendula</i> Roth в 30-километровой зоне ЧАЭС.....	178

<b>Рафикова О. С., Веселкин Д. В.</b> Проверка гипотезы об аллелопатической активности <i>Acer negundo</i> в экспериментах разного дизайна.....	181
<b>Сафонов А. И., Глухов А. З.</b> Методические аспекты фитомониторинга в техногенно трансформированных регионах.....	184
<b>Старцев В. В., Яковлева Е. В., Кутявин И. Н., Дымов А. А.</b> Подзолистые почвыпостпирогенных еловых лесов средней тайги европейского севера и центральной Сибири...	188
<b>Суюндуков Я. Т., Исанбаева Г. Т., Хасанова Р. Ф.</b> Применение аборигенной растительности для биологической рекультивации отвалов медноколчеданного месторождения.....	193
<b>Тихменев Е. А., Тихменев П. Е.</b> Экологические аспекты рекультивации золоторудных месторождений криолитозоны Северо-Востока России.....	198
<b>Трещевская С. В., Трещевская Э. И., Князев В. И., Бобрешова А. О.</b> Лесная рекультивация техногенно нарушенных земель Курской магнитной аномалии: итоги и перспективы.....	203
<b>Филимонова Е. И., Глазырина М. А., Лукина Н. В., Давляев Ф. Д.</b> Восстановление растительности на территории карьерно-отвальных комплексов после добычи карбонатного сырья.....	207
<b>Филимонова Е. И., Лукина Н. В., Давляев Ф. Д., Глазырина М. А.</b> Систематическая и биоэкологическая структуры флоры отвалов Сухореченского месторождения карбонатных пород.....	214
<b>Чибрик Т. С., Лукина Н. В., Глазырина М. А., Филимонова Е. И.</b> Подходы к реабилитации породных отвалов угольных предприятий путем биологической рекультивации (на примере Уральского региона).....	220
<b>Чибрик Т. С., Лукина Н. В., Филимонова Е. И., Глазырина М. А.</b> Формирование флоры и растительности на отвалах Кемпирсайского никелевого месторождения (Северный Казахстан).....	225
<b>Ширяев Г. И., Тептина А. Ю., Малева М. Г., Борисова Г. Г., Собенин А. В.</b> Геохимические особенности субстратов и видовое разнообразие прибрежно-водных растительных сообществ в окрестностях Карабашского медеплавильного комбината.....	230
<b>Шишкин А. С.</b> Карбоновые полигоны и лесная рекультивация.....	236
<b>Юсупов И. А., Голиков Д. Ю.</b> Древесные и кустарниковые растения в озеленении дендропарка в г. Екатеринбурге.....	240
<b>Aricak B., Cetin M., Erdem R., Sevik H.</b> Change of Mg concentrations in some forest soils depending on plant species.....	249
<b>Kalender A., Yavruoğlu S., Oktan E., Yücesan Z.</b> Rehabilitation of burned forest areas in Turkey: natural vegetation dynamics and rehabilitation process.....	254
<b>Oktan E., Atar N.</b> Can clone individuals from monumental trees be used in degraded areas...	261
<b>Sevik H., Erdem R., Cetin M., Aricak B.</b> Change of Zn concentrations in some forest tree species, organs and soils.....	270
<b>Turgut B., Güler S., Ayan S.</b> Monitoring of the natural remediation by NDVI in an abandoned copper mine site; Bakirkoy-Artvin in Turkey .....	276
<b>Yavruoğlu S., Kalender A., Yücesan Z., Oktan E.</b> Using forest fields for mining activity and biological reclamation in terms of forest sustainability in Turkey.....	285
<b>Zhumagulova M., Turgut B.</b> The effect of landform and climatic factors on changing normalized vegetation index (NDVI) on the west part of Altai mountain.....	290

12. Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. М.: РАСХН, 1995. 173 с.
13. Методическое пособие по агроэнергетической оценке технологий и систем кормопроизводства. М.: ВНИИК, 2000. 52 с.
14. Мартынова Л. В. Сравнительная оценка воздействия пирогенного фактора на растительный покров степной зоны // Вестник КрасГАУ. 2016. № 6. С. 112–119.

УДК 502.6:654:631.6

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСОРЦИУМОВ МИКРООРГАНИЗМОВ И ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ В ВОССТАНОВЛЕНИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

*Бухарина И. Л., Исупова А. А., Лямзин В. И.*

*Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия  
buharin@udmlink.ru*

**Ключевые слова:** микроорганизмы, рекультивация, нефтяное загрязнение, инокуляция, фиторемедианты.

**Аннотация:** Проведены исследования пределов устойчивости к действию различных концентраций нефти у ряда изолятов (культур) микроскопических эндотрофных грибов, выделенных из урбанопочв с высоким уровнем загрязнения. Выявлены широкие пределы толерантности микроскопических грибов *Fusarium equiseti* и *Cylindrocarpon magnusianum* к содержанию нефти. Исследована эффективность очистки и восстановления биологической активности нефтезагрязненных земель при использовании консорциума биоремедиантов: биопрепарата «Микрозим Петро Трит», содержащего ряд бактерий деструкторов нефти, фиторемедианта – мятлика лугового (*Poa pratensis* L.) и микроскопических грибов. Проведен лабораторный эксперимент по моделированию 5 и 10 % загрязнения земель (разного гранулометрического состава) нефтью. Установлена наибольшая эффективность при использовании *Cylindrocarpon magnusianum*. По окончании эксперимента в вариантах с 5 % внесением нефти на обоих типах почв и при 10 % загрязнении нефтью (супесь) содержание нефти было достоверно ниже, чем в контроле (использование лишь биопрепарата). На среднесуглинистой почве при 5 и 10 % содержании нефти показатель инвертазной активности почв по окончании эксперимента превышал контроль в варианте фитомелиорант + грибы, и максимально в варианте полного консорциума биоремедиантов. На супесчаных почвах достоверное увеличение биологической активности почв по сравнению с контролем установлено лишь при 5 % внесении нефти и лишь в варианте использования полного консорциума мелиорантов. Полученные результаты позволяют констатировать эффективность совместного действия биопрепарата и микроскопических грибов в очистке и восстановлении нефтезагрязненных почв.

## PROSPECTS FOR THE USE OF CONSORTIUMS OF MICROORGANISMS AND HIGHER PLANTS IN THE RESTORATION OF OIL-CONTAMINATED LANDS

*Bukharina I. L., Isupova A. A., Lyamzin V. I.*

*Udmurt State University, Izhevsk, Russia*

**Key words:** microorganisms, reclamation, oil pollution, inoculation, phytoremediants.

**Abstract:** The limits of resistance to various concentrations of oil in a number of isolates (cultures) of endotrophic fungi isolated from urban soils with a high level of pollution have been studied. Wide limits of tolerance of fungi *Fusarium equiseti* and *Cylindrocarpon magnusianum* to oil content were revealed. The efficiency of cleaning and restoring the biological activity of oil-contaminated lands was studied using a consortium of bioremediants: the biopreparation

«Mikrozim Petro Tret», containing a number of oil-degrading bacteria, a phytoremediant (*Poa pratensis* L.) and fungi. A laboratory experiment was carried out to simulate 5 and 10 % soil pollution (of different granulometric composition) by oil. The greatest efficiency was established when using *Cylindrocarpon magnusianum*. At the end of the experiment, in the variants with 5 % oil application on both types of soils and at 10 % oil pollution (sandy loam), the oil content was significantly lower than in the control (using only a biological product). On medium loamy soil at 5 and 10 % oil content, the index of soil invertase activity at the end of the experiment exceeded the control in the phytoremediant + fungi variant, and maximally in the variant of the full consortium of remediantes. On sandy loamy soils, a significant increase in the biological activity of soils compared to the control was established only at 5 % oil application and only in the variant using the full consortium of ameliorants. The results obtained allow us to state the effectiveness of the joint action of the biological product and fungi in the purification and restoration of oil-contaminated soils.

**Введение.** В природных условиях с непостоянством климатических и физико-химических параметров, а также наличием факторов, ингибирующих рост микроорганизмов, продолжительность утилизации нефтяных углеводородов значительно возрастает и требует многократного внесения биопрепаратов и минеральных удобрений. Существует проблема узкого диапазона применения углеводородокисляющих микроорганизмов при проведении биологического этапа рекультивации нефтезагрязненных почв. Появляется необходимость в применении биологических препаратов совместно с популяциями других биологических агентов, которые способны не только поддерживать необходимый микроэлементный состав в очищаемой почве, но и полностью формировать почвенную экосистему. Такими биологическими агентами являются, к примеру, микроскопические эндотрофные грибы, которые способны усиливать роль нефтеразрушающих микроорганизмов и повышать устойчивость растений при проведении биологического этапа рекультивации земель. Микроскопические эндотрофные грибы создают благоприятную среду для углеводородокисляющих микроорганизмов, поддерживая оптимальное значение рН почвенного раствора, уровень влажности почвы, эффективное использование минеральных элементов [1–5].

Были проведены исследования по выявлению пределов устойчивости к действию различных концентраций нефти у ряда изолятов (культур) микроскопических эндотрофных грибов, выделенных из урбанопочв с высоким уровнем загрязнения [6–8]. Микромицеты высаживали на субстраты с внесением нефти в различных концентрациях, наблюдали за динамикой роста и размерами колоний мицелия грибов. Оба микромицета способны выживать при высоких концентрациях нефти (до 10 %) в субстрате, но они используют разные механизмы для выживания. *Fusarium equiseti* в начале эксперимента отличался активным ростом, далее наблюдалось снижение скорости роста колоний. *Cylindrocarpon magnusianum*, наоборот, в начале эксперимента не отличался активным ростом (период адаптации), а со второй недели эксперимента проявлял высокие показатели роста колоний мицелия. Таким образом, можно отметить видоспецифические стратегии адаптации грибов в условиях нефтяного загрязнения, которые показали, что оба вида можно использовать в технологиях биорекультивации, но при разных условиях. *F. equiseti* целесообразно использовать при низких концентрациях нефти в субстрате и при необходимости быстрого восстановления почвы. *C. magnusianum* рекомендовано использовать при длительном нефтяном загрязнении и высоких концентрациях нефти.

**Объекты и методы исследований.** Далее в условиях лабораторных экспериментов было исследовано влияние сочетания биопрепарата «Микрозим Петро Трит», содержащего ряд бактерий деструкторов нефти, и микроскопических грибов на эффективность разложения нефти. Опыт включал ряд вариантов: биопрепарат «Микрозим Петро Трит» (Контроль); фиторемедиант – мятлик луговой (*Poa pratensis* L.); фиторемедиант + микроскопические грибы; «Микрозим Петро Трит» + фиторемедиант + микроскопические грибы (консорциум). Эксперимент проводился на двух типах почв по гранулометрическому составу: супесь и средние суглинки.

Продолжительность эксперимента составила 6 месяцев. Эксперимент был проведен в моделируемых условиях климатической камеры BINDERKBWF: дневной режим: температура +23 °С, максимальное освещение 15000 лк и вентиляция; ночной режим: температура +18 °С, вентиляция и отсутствие освещения. Вносили согласно схеме эксперимента «Микрозим Петро Трит» в виде водной суспензии из расчета 1 и 1,5 г на 1 кг почвы в вариантах 5 и 10 % загрязнения нефтью соответственно. Спустя 10 дней в соответствующие схеме варианты опыта были посеяны семена мятлика лугового (норма высева 10–15 г/м<sup>2</sup>). Через 10 дней после прорастания семян в соответствующие варианты опыта была внесена грибная суспензия (25 мл на 1 делянку). Для производства суспензии («Способ приготовления и внесения микромицетного биопрепарата для повышения устойчивости растений», патент на изобретение 2722206 С1, 28.05.2020) [9], были использованы культуры эндотрофных микромицетов *F. equiseti* и *C. magnusianum*.

По завершении эксперимента был проведен анализ почв на содержание нефти (ПНД Ф 16.1:2.2.22-98) [10–12], а также инвертазной активности почв (метод В. Ф. Купреевича, Т. А. Щербактовой). Обработку результатов эксперимента проводили с использованием статистического пакета Statistica 13.0.

**Результаты исследований.** Результаты исследований показали наибольшую эффективность использования в консорциуме *C. magnusianum*. По окончании эксперимента установлено, что в вариантах с 5 % внесением нефти (средние суглинки), ее содержание составило в Контроле 9900±1500 мг/кг; в вариантах фиторемедиант и фиторемедиант + грибы 13800±3500 и 10100±2500 мг/кг соответственно, что находится в рамках статистической погрешности. Достоверно эффективные различия получены при использовании полного консорциума ремедиантов и составило 5400±1600 мг/кг. Также достоверная разница результатов установлена и при 10 % загрязнении, причем именно при использовании консорциума ремедиантов (Контроль – 20300±2100 и полный консорциум – 14300±2800). На супесчаных почвах также зафиксировано достоверное снижение содержания нефти в варианте полного консорциума по сравнению с контролем (11000±2800 и 7000±1300 соответственно), но лишь при моделировании 5 % загрязнения почв нефтью.

Также оценивали показатель биологической (инвертазной) активности почв. На среднесуглинистой почве при 5 и 10 % содержании нефти показатель инвертазной активности почв превышал контроль (11,5±1,4, доверительный интервал среднего значения 10,1–12,9 и 13,5±1,1 доверительный интервал 12,4–14,6 соответственно) в варианте фиторемедиант + грибы (18,2±0,7 доверительный интервал 17,5–18,9 и 21,1±0,8 доверительный интервал 20,3–21,9 соответственно) и максимально – в варианте полного консорциума биоремедиантов (19,9±0,7, доверительный интервал 19,2–20,6 и 22,3±0,9, доверительный интервал 21,4–23,2 соответственно при 5 и 10 % загрязнении нефтью). На супесчаных почвах достоверное увеличение биологической активности почв по сравнению с контролем установлено при 5 % внесении нефти в варианте использования полного консорциума ремедиантов (27,6±2,4, доверительный интервал 25,2–30,0, где контроль 21,0±3,3, доверительный интервал 17,7–24,3).

**Выводы.** Данные результаты позволяют констатировать эффективность совместного действия биопрепарата и микроскопических грибов в очистке и восстановлении нефтезагрязненных земель.

### Список литературы

1. 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.
2. Domka A. M., Rozpadek P., Turnau K. Are Fungal Endophytes Merely Mycorrhizal Copycats? The Role of Fungal Endophytes in the Adaptation of Plants to Metal Toxicity [Электронный ресурс] // *Frontiers in Microbiology*. 2019. V. 10: 371. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00371



3. Halleen F., Schroers H. J., Groenewald J. Z., Crous P. W. Novel species of *Cylindrocarpon* (*Neonectria*) and *Campylocarpon* gen. nov. associated with black foot disease of grapevines (*Vitis* spp.) // *Studies in Mycology*. 2004. V. 50. P. 431–455.
4. Hou L., Yu J., Zhao L., He X. Dark Septate Endophytes Improve the Growth and the Tolerance of *Medicago sativa* and *Ammopiptanthus mongolicus* Under Cadmium Stress // *Frontiers in Microbiology*. 2020. V. 10. P. 1–17.
5. Maciá-Vicente J. G., Jansson H.-B., Talbot N. J., Lopez-Llorca L. V. Real-time PCR quantification and live-cell imaging of endophytic colonization of barley (*Hordeum vulgare*) roots by *Fusarium equiseti* and *Pochonia chlamydosporia* // *New Phytologist*. 2009. V. 182(1). P. 213–228. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02743.x
6. Бухарина И. Л., Исламова Н. А., Жавад А. Ф., Лебедева М. А., Шашов Л. О. Влияние инокулята *Cylindrocarpon magnusianum* на формирование адаптивных реакций растений к стрессовым факторам // *Аграрная Россия*. 2019. № 12. С. 26–32. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-12-26-32
7. Bukharina I. L., Islamova N. A., Lebedeva M. A. Species of fungi in the root system of woody plants in urban plantations // *The Fourth International Scientific Conference Ecology and Geography of Plants and Plant Communities, «KnE Life Sciences»*, 2018. P. 49–55. DOI: 10.18502/cls.v4i7.3219
8. Bukharina I., Franken P., Kamasheva A., Vedernikov K., Islamova N. About the species composition of microscopic fungi in soils and woody plant roots in urban environment // *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2016. V. 7(4). P. 1386–1394.
9. Патент на изобретение № 2722206 С1 от 28.05.2020 г. Способ приготовления и внесения грибного биопрепарата для повышения устойчивости растений / И. Л. Бухарина, Н. А. Исламова.
10. ГОСТ Р 54039–2010. Качество почв. Экспресс-метод спектроскопии в ближней инфракрасной области для определения содержания нефтепродуктов. Дата введения: 01.01.2012. М.: Стандартинформ, 2011. 9 с.
11. Другов Ю. С., Родин А. А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов практическое руководство. СПб: «Анатолия», 2000. 250 с.
12. Рябов В. Д. Химия нефти и газа: Учеб. пособие. М.: ИД «ФОРУМ», 2009. 336 с.