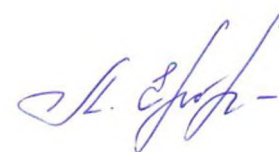


На правах рукописи



Ерофеевская Лариса Анатольевна

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОЧИСТКИ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ И ГРУНТОВ
ОТ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ

03.02.08 – Экология (биология)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Томск – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель: доктор биологических наук,
старший научный сотрудник
Терещенко Наталья Николаевна

Официальные оппоненты:

Градова Нина Борисовна, доктор биологических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», кафедра биотехнологии, профессор

Дегтярева Ирина Александровна, доктор биологических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», отдел агроэкологии и микробиологии Татарского научно-исследовательского института агрохимии и почвоведения – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН, главный научный сотрудник

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук

Защита состоится 28 декабря 2018 г. в 14 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.267.10, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36 (корпус НИИ ББ, конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке ТГУ и на официальном сайте федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» www.tsu.ru.

Материалы по защите диссертации размещены на официальном сайте ТГУ: <http://www.ams.tsu.ru/TSU/QualificationDep/co-searchers.nsf/newpublicationn/ErofeevskayaLA28122018.html>

Автореферат разослан «___» ноября 2018 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Носков Юрий Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время загрязнение природной среды нефтяными углеводородами (УВ) является одной из актуальных экологических проблем. Из общего количества загрязнённых нефтью земель требуют рекультивации более 95 % (Ивасишин, 2012).

Проблема восстановления нарушенных земель после аварийных нефтеразливов особенно актуальна для территорий, занятых криолитозоной, где процессы деструкции нефти и её производных могут длиться 50 и более лет (Пиковский, 1988; Оборин, Калачикова, и др., 1988; Foght, Westlike, 1992).

Особенностью достаточно большого количества работ российских и зарубежных исследователей, посвященных способам восстановления нарушенных земель, является то, что аналитические данные закрыты, а информация о микробных препаратах для ликвидации нефтеразливов ограничена и проходит, в основном, либо под грифом «коммерческая тайна», либо на уровне рекламы и не внедренных в практику патентов и научных разработок (Нечаева и др., 2006; Иванова и др., 2008; Новгородов и др., 2009; Рогозина и др., 2010; Глязнецова и др., 2011; Способы очистки ..., 2015).

В целом, можно сделать вывод о том, что проблематика реабилитации нефтезагрязненных мерзлотных почв определяется дефицитом биопрепаратов и технологий, эффективных для практического применения в природно-климатических условиях Крайнего Севера.

Цель исследований – разработать способ биологической очистки мерзлотных почв и грунтов от нефтяных загрязнений, адаптированный к природно-климатическим условиям Якутии.

Задачи исследований:

1. Методом автоселекции получить из нефтезагрязненных почв и грунтов накопительные культуры микроорганизмов, перспективные для целей биоремедиации мерзлотных почв Якутии.

2. Исследовать микробный состав полученных накопительных культур, выделив в чистую культуру доминантные штаммы. Сформировать рабочую коллекцию УВ-окисляющих микроорганизмов.

3. Изучить влияние пониженных положительных температур (+ 4..+10 °С) на морфо-тинкториальные и культурально-биохимические свойства выделенных УВ-окисляющих микроорганизмов.

4. В лабораторных тестах исследовать характер межмикробных взаимодействий наиболее активных штаммов и на основании этого составить смешанную культуру в качестве основы для получения комплексного биопрепарата для биоремедиации мерзлотных почв.

5. Исследовать природный цеолит месторождения Хонгуруу (Якутия) в качестве сорбента-носителя для иммобилизации смешанной культуры УВ-окисляющих микроорганизмов.

6. Получить опытный образец нового комплексного биопрепарата для биоремедиации мерзлотных почв и исследовать его свойства в условиях

модельных лабораторных экспериментов, а также при длительном нахождении штаммов в мерзлотной почве при отрицательных температурах (-45..-50 °С) воздушной среды в открытой системе.

7. Испытать эффективность применения нового комплексного биопрепарата для биоремедиации нефтезагрязненных почв в полевых экспериментах в природно-климатических условиях Якутии.

Научная новизна. Получены новые данные о биоразнообразии УВ-окисляющих микроорганизмов, выделенных из мерзлотных почв и грунтов Республики Саха (Якутия) и определен их метаболический потенциал в процессе биохимического окисления нефтезагрязнений.

Впервые составлена смешанная культура психрофильных и психротолерантных штаммов, активно окисляющих УВ нефти, в составе: *Rhodococcus* sp. Ac-2626D + *Serratia plymuthica* Ac-2819D + *Bacillus vallismortis* B-11017 + *Exiguobacterium mexicanum* B-11011.

Установлено, что штаммы при внесении в мерзлотную почву даже при отрицательной температуре (-45..-50 °С) воздушной среды (BC), сохраняют жизнеустойчивость и после оттаивания способны восстанавливать УВ-окисляющую активность, что показывает возможность их применения для очистки почв от нефтезагрязнений вне периода вегетации (зимой).

Установлено, что для повышения деструкционного потенциала УВ-окисляющих микроорганизмов предпочтительно применение метода иммобилизации микроорганизмов на природный цеолит.

Обоснована перспектива использования цеолита месторождения Хонгуруу для активации процессов биodeградации нефтезагрязнений в мерзлотных почвах Якутии.

Доказана эффективность разработанного биопрепарата комплексом аналитических методов, указывающих на изменение химического состава нефтезагрязнения в процессе деструкции.

Научно-практическая значимость. Расширен спектр микроорганизмов, способных утилизировать нефть и НП при пониженных положительных температурах (+ 4...+10 °С) BC.

С использованием методов полифазной таксономии, описаны 14 родов и 27 видов психрофильных и мезофильных УВ-окисляющих микроорганизмов, перспективных для применения в качестве объектов биотехнологии. Микроорганизмы идентифицированы и депонированы в ВКПМ ФГУП «ГосНИИгенетика» (Москва) и ВКМ ИБФМ РАН (Пушино) с присвоением коллекционных номеров: *Artrobacter antarcticus* AC-2022, *Artrobacter gandavensis* AC-2023, *Artrobacter citreus* AC-2014, *Bacillus atropheus* B-10592, *Bacillus vallismortis* B-11017, *Bacillus simplex* B-2817D, *Bacillus subtilis* B-12239, *Bacillus* sp. B-2815D, *Brevundimonas naejangsanensis* B-12651, *Exiguobacterium mexicanum* B-11011, *Exiguobacterium* sp. B-2813D, *Kocuria rosea* ЛП-1.4-Ж, *Kocuria* sp. Ac-2624D, *Lysinibacillus fusiformis* B-2816D, *Lysinibacillus* sp. B-2814D, *Microbacterium paraoxydans* Ac-2619D, *Microbacterium* sp. Ac-2625D, *Micrococcus luteus* Ac-2627D, *Pseudomonas panipatensis* B 10593, *Pseudomonas aeruginosa* ELA-1, *Rhodococcus* sp. Ac-2626D, *Rhodococcus erythropolis* Ac-

2628D, *Rhodotorula mucilaginosa* Y-4271, *Serratia plymuthica* Ac-2819D, *Staphylococcus vitulinus* B-12651, *Stenotrophomonas* sp. B-2818D, *Stenotrophomonas maltophilia* B-12247.

Разработаны 25 патентов РФ на изобретения, в том числе: новые штаммы – деструкторы нефти и НП (патенты РФ № 523584, 2482179, 2484130, 2525930, 2560279, 2560272, 2558299, 2564105, 2617950, 2617951); новые биопрепараты для очистки почв и воды от нефтезагрязнений (патенты РФ № 2600868, 2600872, 2422219, 2565549, 2565817, 2615464, 2617953); новые способы очистки почв от нефтезагрязнений с применением полученных штаммов (патенты РФ № 2513702, 2521654, 2525932, 2513699, 2535746; 2571943; 2617949; заявка № 2013111507 от 14.03.2013).

Результаты интеллектуальной деятельности, полученные в процессе выполнения диссертационной работы, послужили созданию Малого инновационного предприятия (МИП) «Саха-Биоселекция» (ИНН 1435305433), организованного в ИПНГ СО РАН в 2016 г., в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 2 августа 2009 г. N 217-ФЗ.

Реализация работы. Диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ ИПНГ СО РАН за период с 2008 по 2017 гг.:

1. «Геолого-геохимические условия и история формирования месторождений нефти и газа в Лено-Вилуйском осадочном бассейне» (Проект VII.59.2.4, научный руководитель: к.г.-н.м. О.Н. Чалая), 2010-2012 гг.;

2. «Разработка технологии обезвреживания разливов нефти и нефтепродуктов на основе использования местных сорбентов, активированных микроорганизмами нефтедеструкторами» (Государственный контракт № 611 от 27.03.2008 г. по проекту № 1.2.2.1; заказчик – Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия), руководители: вед. н.с., к.г.-м.н. Новгородов П.Г., вед. н.с., к.г.-м.н. Зуева И.Н.), 2008-2010 гг.;

3. «Изыскание способов и средств нейтрализации аварийных разливов нефти на нефтепроводах в местах подводных переходов, болотистых мест в условиях низких температур Якутии» (Государственный контракт № 845 от 05.10.2009 г., заказчик ГУ «Служба спасения Республики Саха (Якутия)», руководитель зам. директора по научной работе, д.т.н., профессор Попов С.Н.), 2009-2011 гг.;

4. «Разработка способа восстановления плодородия почвы после техногенного нарушения (разлив нефти) с использованием дернообразующих видов многолетних трав и биопрепаратов» (Государственный контракт № 1109 от 14.06.2011 г. по теме 1.4.2; заказчик Министерство сельского хозяйства Республики Саха (Якутия), руководитель н.с. Ерофеевская Л. А.), 2011 г.

Часть исследований и полевых экспериментов проведены в рамках НИР по экспедиционным темам СО РАН и договорным работам.

Положения, выносимые на защиту:

1. Геохимическими данными установлено, что применение накопительных культур УВ-окисляющих микроорганизмов, иммобилизованных на цеолите, в зависимости от срока давности загрязнения, в природно-

климатических условиях Якутии, обеспечивает 72–99% степень очистки мерзлотных почв от нефтезагрязнения.

2. Показано, что наиболее эффективной основой для создания биопрепарата, для биоремедиации нефтезагрязненных мерзлотных почв является консорциум психрофильных и психротолерантных штаммов в составе: *Rhodococcus* sp. Ac-2626D, *Serratia plymuthica* Ac-2819D, *Bacillus vallismortis* B-11017, *Exiguobacterium mexicanum* B-11011, сохраняющих жизнеустойчивость при экстремальных температурах ВС (-45...-50°C) и метаболическую активность при низких положительных температурах (+ 4..+10° С) и влажности почвы в диапазоне 20–40% от полевой влагоемкости.

3. На основе геохимических исследований доказано, что применение полученного биопрепарата в зимний сезон до и после формирования снежного покрова обеспечивает 44–62% степень очистки почвы при 1%-м уровне нефтезагрязнения и 34–46% – при 5%-м уровне нефтезагрязнения.

Апробация работы. Результаты исследований сообщены на 37 международных и всероссийских научных конференциях; представлены на 13 международных и региональных выставках и удостоены 15 золотых, 2 серебряных и 1 бронзовой медалей, в том числе: «Нефть. Газ. Экология. Энерго» (Якутск, 2012; 2015); «Газ. Нефть. Новые технологии – Крайнему Северу» (Новый Уренгой, 2013); «ИнтерЭкспоГеоСибирь» (Новосибирск, 2013); «Архимед» (Москва, 2013); «БиоИндустрия» (Санкт-Петербург, 2014); Лучшие товары и услуги «Гемма» (Новосибирск, 2014); «РосБиоТех» (Москва, 2013–2015); «Мир биотехнологии» (Москва, 2013–2015); «Инновационная Арктика» (Губкинский, 2014); «Sakha Innovation» (Якутск, 2014–2015); «Startup Tour» (Владивосток, 2016), «СахаЭкспо» (Якутск, 2017) и др.

Публикации. По материалам диссертационных исследований подготовлены и опубликованы лично и в соавторстве 58 печатных работ, в том числе 10 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук; 25 патентов Российской Федерации на изобретения; 4 публикации в других научных изданиях; 19 докладов и тезисов в материалах международных, всероссийских и региональных научных и научно-практических конференций, международных конгрессов, международных полевых симпозиумов (из них 5 публикаций на русском и английском языках).

Личный вклад автора. Научные результаты, представленные в диссертации, получены автором лично, а также в ходе совместной работы с научными сотрудниками лаборатории геохимии каустобиолитов ИПНГ СО РАН и другими соавторами. Автором проведён аналитический обзор литературы по теме диссертации, спланированы и проведены микробиологические исследования, выполнены лабораторные и полевые эксперименты, сформирована рабочая коллекция УВ-окисляющих микроорганизмов, разработаны технические условия (ТУ) на получение биопрепарата, подготовлены публикации и патенты РФ на изобретения.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов, списка использованной литературы, списка сокращений, приложений.

Объем диссертации. Общий объем диссертации 248 машинописных страницы, в том числе объем приложений – 86 страниц. Работа иллюстрирована 76 рисунками и содержит 41 таблицу. Список литературы включает 337 источников, в том числе 275 отечественных и 57 зарубежных работ, 5 электронных ресурсов.

Благодарности. Автор благодарен сотрудникам лаборатории геохимии каустобиолитов ИПНГ СО РАН за участие в проведении лабораторно-полевых испытаний, и лично, заведующей лабораторией, к.г.-м.н. О. Н. Чалой, к.х.н. Ю. С. Глязнецовой, к.г.-м.н. И. Н. Зуевой, к.х.н. С. Х. Лифшиц за полезные советы при интерпретации геохимических результатов. Особая благодарность научному руководителю д.б.н. Н. Н. Терещенко за всестороннюю помощь при подготовке к защите диссертационной работы и руководству компаний ООО «Транснефть-Восток», ООО «НИИ «Транснефть», ОАО «Саханефтегазсбыт», за помощь в организации экспедиционных и полевых работ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В главе рассмотрены вопросы загрязнения почв нефтью и НП, методы восстановления нарушенных земель, влияние нефтезагрязнения на почвенную экосистему; дана характеристика основных типов мерзлотных почв Якутии, описаны геоморфологические условия почвообразования и роль почвенных микроорганизмов в процессах биodeградации нефтяных УВ.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основными объектами исследований послужили УВ-окисляющие микробные культуры, выделенные преимущественно из образцов нефтезагрязненной почвы и грунтов, отобранных на территории Республики Саха (Якутия). Полевые опыты проводили на аварийных объектах нефтегазового комплекса (НГК) Якутии; трассы нефтепровода «Талакан-Витим», Юго-Западная Якутия (N 59°33,840'; E 112°06,656'), нефтебазы п. Амга, Центральная Якутия (N60°54.067'; E 132°03.060'), склада ГСМ с. Хонуу, Северо-Восточная Якутия (N 66°27'18.63"; E 143°13'58.64"), территории ДЭС с. Чапчылган, Центральная Якутия (N 60°69'069"; E 132°09'062"), трассы нефтепровода «ВСТО», Юго-Западная Якутия (N 60°93'07.2"; E 114°35'22,5").

Методы исследования выбирались исходя из постановки решаемых задач, с учетом особенностей исследуемых объектов и включали выделение УВ-окисляющих микроорганизмов методом накопительных культур на минеральной среде с нефтью с последующими многократными пересевами на агаризированные питательные среды для получения чистых культур.

Видовую идентификацию штаммов проводили с привлечением анализа нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК.

В качестве модельных площадок для испытания полученных штаммов выбирали участки с различными ландшафтными условиями (многолетнемерзлые грунты, болота, торфяники, залесенные участки), с различной степенью загрязнения.

Для дифференцированной оценки вклада природного органического вещества при определении нефтезагрязнения почв и грунтов до и после проведения биоремедиационных работ использовали метод ИК-Фурье спектроскопии и аттестованные методики.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с применением пакета прикладных программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel 2007, используя текстовый редактор Microsoft Word 2007.

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕОЛИТОВ И НАКОПИТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР УВ-ОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ИЗ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ, ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЯКУТИИ

3.1. Получение накопительных культур УВ-окисляющих микроорганизмов и оценка их эффективности в условиях модельного эксперимента

На начальном этапе работы из нефтезагрязненных мерзлотных почв получали накопительные культуры микроорганизмов (НКМ). Полученные НКМ вносили в грунт опытных участков в двух вариантах: в виде жидкой суспензии и после иммобилизации на природном цеолите. Контролем служили участки почвы, необработанные НКМ, а также почвы с внесением чистой цеолитсодержащей крошки без бактерий (Таблица 1).

Таблица 1 – Биодеградация нефтепродуктов в почвах опытных участков

Вариант опыта	Содержание НП (г/кг)		Деградация НП, %
	до очистки	после очистки	
Тяжелосуглинистый грунт, 5 месяцев после разлива			
Контроль (Почва + Нефть)	0,895	0,876	2,1
Почва + Нефть + Цеолит	3,417	2,478	27,4
Почва + Нефть + НКМ	4,385	2,334	46,8
Почва + Нефть + НКМ + Цеолит	62,930	0,401	99,4
Насыпной песчано-гравийный грунт, 3 года после разлива			
Контроль (Почва + Нефть)	5,960	5,561	6,7
Почва + Нефть + Цеолит	131,716	96,812	26,5
Почва + Нефть + НКМ	186,075	117,912	36,6
Почва + Нефть + НКМ + Цеолит	96,800	27,283	71,8

Примечание: НКМ – накопительные культуры микроорганизмов.

По геохимическим данным установлено, что за один вегетационный период деградация НП в почвах, обработанных НКМ, составила 36–54%, в почвах, обработанных НКМ, иммобилизованными на цеолит – 71–99%. В контрольных вариантах, не обработанных биопрепаратами, степень биодеградации НП была значительно меньше.

Таким образом, показано, что использование метода накопительных культур является высокоэффективным приемом выделения активных УВ-окисляющих микроорганизмов, а обработка нефтезагрязненной почвы полученными накопительными культурами – перспективным способом биоремедиации нефтезагрязненных почв в природно-климатических условиях Якутии.

3.2. Исследование эффективности накопительных культур УВ-окисляющих микроорганизмов в условиях модельного полевого эксперимента

Полевые эксперименты проводили на аварийной площадке Амгинской нефтебазы (Центральная Якутия). Почву опытных делянок обрабатывали накопительными культурами УВ-окисляющих микроорганизмов, предварительно выделенными из нефтезагрязненной территории.

Геохимическими анализами установлено, что через три недели, после обработки почв накопительными культурами деградация нефтезагрязнения составила от 26,4 до 61,3% в зависимости от специфики нефтедеструкторов. Процессами деградации оказались затронуты и алкановые УВ, что отражает изменения в характере их распределения. На это указывало и уменьшение отношения относительно низкомолекулярных n-алканов к высокомолекулярным, повышение коэффициентов изопреноиды/n-алканы, пристан/n-гептадекан, фитан/n-октадекан.

3.3. Исследование эффективности применения накопительных культур УВ-окисляющих микроорганизмов для биоремедиации нефтезагрязненных почв в условиях производственных испытаний

Оценку эффективности метода накопительных культур для очистки мерзлотных почв от нефтезагрязнений провели в рамках производственных испытаний на аварийном участке склада ГСМ в с. Хонуу (Момский район) в субарктической зоне Якутии.

Перед проведением биоремедиации из почв загрязненного участка получили накопительные культуры УВ-окисляющих микроорганизмов, которые иммобилизовали на цеолит месторождения Хонгуруу, в соотношении 1 : 10. После иммобилизации полученный биопрепарат высушивали контактным способом при комнатной температуре в течение 2 суток. Полученный биопрепарат вносили в почву под поверхностную обработку, из расчета 200 г биопрепарата на 1 м² загрязненной почвы.

Через 2 месяца после внесения в почву биопрепарата установлено снижение остаточного содержания нефтяных УВ почти на порядок, что

соответствовало 85% степени очистки почвы опытного участка от НП в отличие от контроля, где деградация НП составила лишь 17% (Таблица 2).

Таблица 2 – Эффективность биоремедиации в почвах опытных участков

Вариант опыта	№ пробы	Выход ХЭ*, г/кг	Деградация НП, %	Групповой состав ХЭ, %		
				масла	смолы	асфальтены
Фон		0–1,516		6,23–13,79	58,22–69,34	21,94–32,70
Почва + НП (контроль): июнь	1	25,823	17,80	92,64	6,87	0,49
	август	2		21,247	81,99	13,23
Почва + НП + НКМ+ цеолит: июнь	7	19,803	85,48	93,13	6,51	0,36
	август	8		2,875	17,05	71,14

Примечание: * – содержание НП определяли по выходу хлороформного экстракта (ХЭ).

Результаты анализа химической структуры ХЭ по данным ИК-спектроскопии и масс-хроматограмм УВ фракций ХЭ проб после внесения полученного биопрепарата подтвердил активное протекание в почве процессов биodeградации нефтяных загрязнений (Рисунок 1).

После внесения биопрепарата установлены значительные изменения в составе насыщенных ациклических УВ: снизилась доля н-алканов, которые представлены более длинным гомологическим рядом, от н-С13 до н-С33 (Рисунок 2, В).

В составе ациклических УВ, по сравнению с первоначальными НП, значительно увеличилось содержание относительно высокомолекулярных гомологов н-С21 – н-С25, что выражено в уменьшении отношения низкомолекулярных н-алканов к высокомолекулярным н-алканам (Рисунок 2, А).

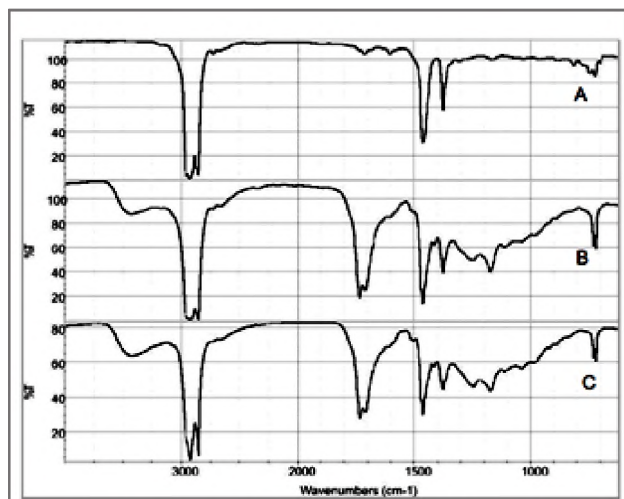


Рисунок 1 – ИК-спектры ХЭ почв: А – проба 7 (до опыта), В – проба 8 (после опыта); С – фоновая проба (Глязнецова, Зуева и др., 2011; 2015).

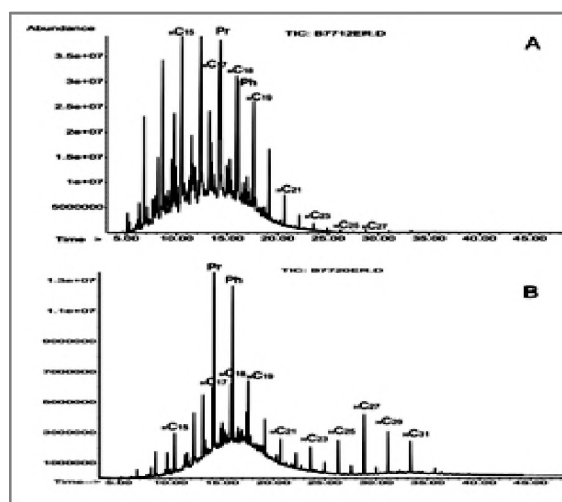


Рисунок 2 – Масс-хроматограммы УВ фракций ХЭ проб: А – проба 7 (до опыта), В – проба 8 (после опыта) (Глязнецова, Зуева и др., 2011; 2015).

Таким образом, показано, что при внесении в загрязненные почвы накопительных культур УВ-окисляющих микроорганизмов, иммобилизованных на цеолите, всего за одно лето возможно обеспечение высокой степени деградации НП в условиях субарктических регионов.

3.4. Характеристика природного цеолита месторождения Хонгуруу

Цеолит месторождения Хонгуруу - это изоструктурный алюмосиликат вулканогенного происхождения, светло-зеленого цвета, с трехмерным каркасным строением кристаллической решетки, имеющим слоистую структуру, с размерами частиц 4-10 мкм. В состав хонгурина входят главным образом минералы клиноптилолит-гейландитового ряда (70-90%).

3.5. Исследование стимулирующего воздействия цеолита месторождения Хонгуруу на деструкцию нефтяных УВ в почве

Для исследований применяли цеолит фракций 0,5–1,0 мм и менее 0,25 мм. В качестве минеральной подкормки в почву вносили карбамид и двойной суперфосфат в дозе 60 кг/га действующего вещества азота и P_2O_5 . Для поддержания оптимальной влажности и создания условий аэрации проводили периодический полив почвы и ее рыхление.

Показано, что на протяжении всего опыта степень деградации нефтяных УВ в вариантах с использованием цеолитовой крошки оставалась несколько выше, чем в контроле без цеолита (Таблица 3).

Через 4 месяца от начала опыта максимальной активностью окислительно-восстановительных ферментов (каталазы, дегидрогеназы) отличались варианты с использованием цеолита фракцией менее 0,25 мм. Усиление активности ферментативных процессов положительно коррелировало с увеличением количества УВ-микроорганизмов в почве и ускорением биодegradации нефтезагрязнения.

Таблица 3 – Результаты исследования стимулирующего воздействия цеолита месторождения Хонгуруу на деградацию нефтяных УВ

Варианты опыта	Численность УВ-окисляющих микроорганизмов, $N \cdot 10^5$ клеток / 1 г	Дегидрогеназа, мг ТТХ / 10 г за сутки	Каталаза, мл O_2 / 1 г за 1 мин	Степень деградации НП, %
10 суток от начала опыта				
Контроль	1200,0	5,46	2,10	22,5
П+Н+NP+Ц (0,5–1,0 мм)	3738,0	11,98	3,96	34,0
П+Н+NP+Ц (< 0,25 мм)	1683,0	11,73	4,20	32,0
4 месяца от начала опыта				
Контроль	1970,0	1,19	2,00	56,0
П+Н+NP+Ц (0,5–1,0 мм)	920,0	2,93	2,30	60,0
П+Н+NP+Ц (< 0,25 мм)	1020,0	2,99	3,00	64,0

Примечание: П – почва, Н – нефть, NP – мин. удобрение; Ц – цеолит.

Таким образом, установлено, что цеолит обеспечивает активацию биодеструкции нефтяных УВ в почве. При этом более интенсивное протекание процессов происходит на начальном этапе (до 2,5 месяцев от начала опыта). Среди исследованных фракций цеолита наиболее тонкая фракция (менее 0,25 мм) оказала большее стимулирующее воздействие на процессы деградации нефти, чем фракция 0,5–1,0 мм.

Глава 4. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБНОГО СОСТАВА НАКОПИТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР

Из природных и техногенных экосистем Якутии методом накопительных культур, выделено большое разнообразие микроорганизмов, способных расти на минеральной среде с нефтью в условиях пониженных положительных температур (+4...+10 °С).

Установлено, что основная роль в деградации НП в мерзлотных почвах Якутии принадлежит прокариотам различных таксономических групп царства *Bacteria*. Штаммы представлены преимущественно (на 82%) грамположительными палочковидными и коккообразными клетками, более 50% из которых относятся к семейству *Bacillaceae*, роду *Bacillus*.

Для дальнейших исследований отобраны культуры, обладающие наибольшей эмульгирующей и окислительной активностью по отношению к нефти и НП, не продуцирующие такие факторы патогенности, как плазмокоагулазу и гемолизины.

После испытаний на антагонистическую активность, штаммы в составе: *Exiguobacterium mexicanum* B-11011, *Bacillus vallismortis* B-11017, *Rhodococcus* sp. Ac-2626D и *Serratia plymuthica* Ac-2819D, обладающие нейтральным действием друг на друга отобраны в качестве основы для получения биопрепарата для биоремедиации нефтезагрязненных почв.

4.1. Краткая характеристика штаммов

Методом дифференциации установлено, что культуры УВ-окисляющих микроорганизмов, отобранные в качестве основы для биопрепарата, обладают рядом общих биохимических свойств: не ферментируют лактозу, не утилизируют цитрат и малонат натрия, не продуцируют фенилаланин, не выделяют сероводород и индол, не декарбоксилируют лизин и орнитин, окисляют сорбит; резистентны к пefллоксацину.

В лабораторном опыте установлена способность полученных штаммов активировать процессы очистки почвы от нефтезагрязнения. Почву, обработанную суспензией селективированных штаммов перемешивали и экспонировали при температурах +4 и +18 °С в течение двух месяцев (Таблица 4).

Через 2 месяца после внесения суспензии отдельных штаммов в почву, с различной концентрацией нефтяного загрязнения, установлено снижение остаточного содержания нефтяных УВ на порядок, что соответствовало 11–27% деградации НП при температуре + 4 °С и 35–58% – при температуре + 18 °С, в отличие от контроля (без внесения штаммов), где деградация НП составила только 8–12% и 11–26% соответственно.

Таким образом, полученные результаты опыта наглядно демонстрируют способность селективированных штаммов утилизировать НП в почве при температурах +4 °С и +18 °С.

Таблица 4 – Деградация нефтезагрязнения в почве под влиянием штаммов

Вариант опыта	Содержание НП, г/кг		Деградация НП, %
	до опыта	после опыта	
Температура +4° С			
Контроль: почва + нефть	13,41±0,4	11,71±0,5	12,65
Почва + нефть + <i>B. vallismortis</i> В-11017	13,41±0,4	10,52±0,5	21,54
Почва + нефть + <i>E. mexicanum</i> В-11011	13,41±0,4	9,73±0,5	27,45
Почва + нефть + <i>Rhodococcus</i> sp. Ас-2626D	13,41±0,4	11,21±0,5	16,40
Почва + нефть + <i>S. plymuthica</i> Ас-2819D	13,41±0,4	11,21±0,5	16,40
Контроль: почва + нефть	31,42±0,3	28,75±0,1	8,49
Почва + нефть + <i>B. vallismortis</i> В-11017	31,42±0,3	27,33±0,2	13,01
Почва + нефть + <i>E. mexicanum</i> В-11011	31,42±0,3	27,87±0,2	11,49
Почва + нефть + <i>Rhodococcus</i> sp. Ас-2626D	31,42±0,3	27,81±0,2	11,49
Почва + нефть + <i>S. plymuthica</i> Ас-2819D	31,42±0,3	27,81±0,2	11,49
Температура +18° С			
Контроль: почва + нефть	13,41±0,4	9,91±0,2	26,11
Почва + нефть + <i>B. vallismortis</i> В-11017	13,41±0,4	5,53±0,5	58,74
Почва + нефть + <i>E. mexicanum</i> В-11011	13,41±0,4	5,18±0,5	61,37
Почва + нефть + <i>Rhodococcus</i> sp. Ас-2626D	13,41±0,4	5,81±0,4	56,70
Почва + нефть + <i>S. plymuthica</i> Ас-2819D	13,41±0,4	5,81±0,4	56,70
Контроль: почва + нефть	31,42±0,3	27,73±0,2	11,77
Почва + нефть + <i>B. vallismortis</i> В-11017	31,42±0,3	20,42±0,2	35,02
Почва + нефть + <i>E. mexicanum</i> В-11011	31,42±0,3	16,96±0,4	46,22
Почва + нефть + <i>Rhodococcus</i> sp. Ас-2626D	31,42±0,3	14,47±0,4	53,95
Почва + нефть + <i>S. plymuthica</i> Ас-2819D	31,42±0,3	14,47±0,4	53,95

4.2. Исследование УВ-окисляющей активности микробных штаммов, изолированных из состава накопительных культур

На следующем этапе работ из штаммов *B. vallismortis* В-11017, *E. mexicanum* В-11011, *Rhodococcus* sp. Ас-2626D и *S. plymuthica* Ас-2819D, взятых в равных соотношениях (1:1:1:1) составили смешанную культуру. Оценку УВ-окисляющей активности смешанной культуры проводили в лабораторном опыте в жидкой минеральной среде Мюнца с нефтью в условиях постоянной аэрации.

Установлено, что под влиянием полученной смешанной культуры биодегградация НП в жидкой минеральной среде в условиях постоянной аэрации за 14 суток при температуре + 4 °С составила 43%; при температуре + 18 °С – 82% (Рисунок 3).

Пик общей численности УВ-окисляющих микроорганизмов в той же среде при температуре +4 °С достигнут на 14-е сутки исследований; при температуре + 18 °С – на 12-е сутки (Рисунок 4).

Таким образом показана способность составленной смешанной культуры активировать биодегградацию нефтезагрязнения в жидкой минеральной среде в условиях постоянной аэрации при температурах + 4 °С и + 18 °С.

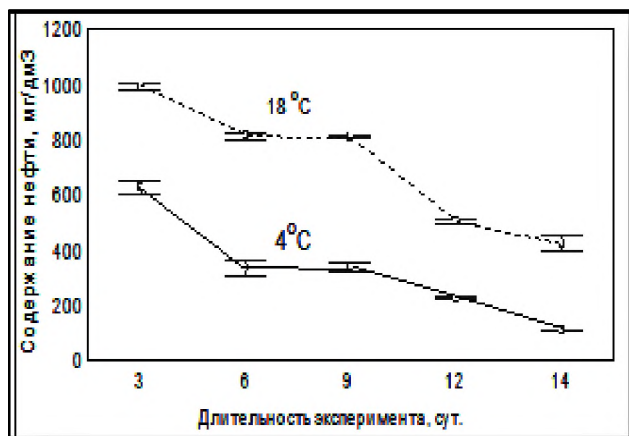


Рисунок 3 – Динамика содержания нефти в жидкой минеральной среде

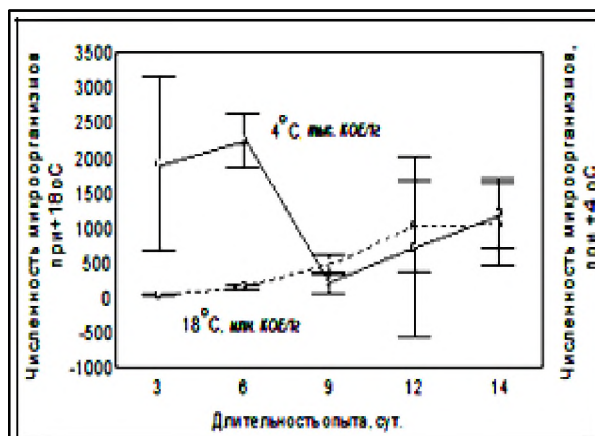


Рисунок 4 – Динамика численности УВ-окисляющих микроорганизмов

Глава 5. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО БИОПРЕПАРАТА ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Биопрепарат получен на основе непатогенных штаммов УВ-окисляющих микроорганизмов, разрешенных Минздравом РФ, выделенных из природных биоценозов, в составе: *Exiguobacterium mexicanum* В-11011, *Bacillus vallismortis* В-11017, *Rhodococcus* sp. Ас-2626D и *Serratia plymuthica* Ас-2819D, иммобилизованных на природный цеолит месторождения Хонгуруу.

Биопрепарат соответствует значениям Таблицы 5.

Таблица 5 – Краткая характеристика биопрепарата

Наименование показателя	Норма
Внешний вид, цвет	крошка светло-зелёного цвета
Предел содержания живых клеток продуцента, кл/г	не менее $1 \cdot 10^7$
Колиформные бактерии в 1,0 г	отсутствие
Патогенные энтеробактериями, в т.ч. <i>Salmonella</i> , в 1,0 г	отсутствие
Степень контаминации <i>Staphylococcus aureus</i> в 1,0 г	отсутствие
Посторонняя микрофлора, не более	10 в поле зрения

Глава 6. РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОЧИСТКИ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ И ГРУНТОВ ОТ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ

6.1. Исследование эффективности применения биопрепарата при отрицательных температурах окружающей среды

Оценку эффективности полученного биопрепарата при отрицательных температурах (-45...-50 °C) ВС, проводили в натурных опытах на дерново-луговой суглинистой почве. Концентрация нефтезагрязнения в почве – 1 и 5%. Продолжительность опыта – 7 месяцев (январь–август).

Установлено, что эффективность биодеградации нефтезагрязнения за весь период исследований составила 44–62% при 1%-й концентрации нефтезагрязнения и 34-46% при 5%-й концентрации нефтезагрязнения.

Деградация нефтезагрязнения в контрольных почвенных образцах, не обработанных биопрепаратом, составила всего лишь 4–8%.

Полученные результаты исследований показывают, что при длительном нахождении штаммов УВ-окисляющих микроорганизмов в мерзлотной почве при отрицательных температурах (-45..-50°C), их метаболизм и развитие не прекращаются, а только замедляются. При оттаивании продуктивность интродуцированной с биопрепаратом смешанной культуры постепенно восстанавливается, вследствие размножения сохранивших жизнеспособность микроорганизмов. Это позволяет проводить обработку почв полученным биопрепаратом вне периода вегетации в условиях труднодоступных местностей и в отсутствии подъездных путей к месту аварии в зимнее время.

6.2. Исследование эффективности применения биопрепарата на разных типах почв

Полученный биопрепарат испытан в условиях производственных испытаний на опытных участках с различными типами мерзлотных почв (многолетнемёрзлый суглинистый грунт, торфяник, насыпной супесчаный грунт, болотистая и мерзлотно-таёжная почвы). Продолжительность эксперимента составила 1,5 года.

Показано, что деградация нефтезагрязнения в почвах опытных участков за весь период достигала от 94 до 97%. По результатам анализа группового компонентного состава установлено, что в составе почвенных экстрактов после обработки почв биопрепаратом уменьшилось количество УВ компонентов и увеличилось количество смол и асфальтенов (Рисунки 5 и 6).

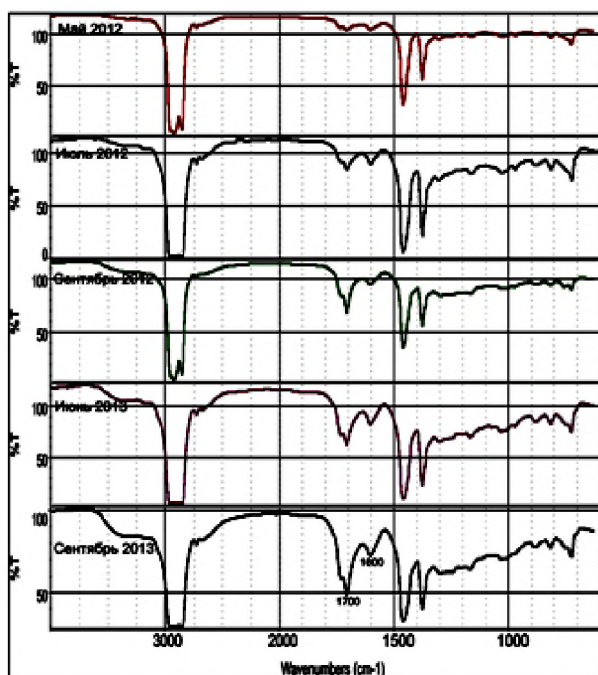


Рисунок 5 – ИК-спектры экстрактов почв, отобранных с экспериментальных площадок в разное время

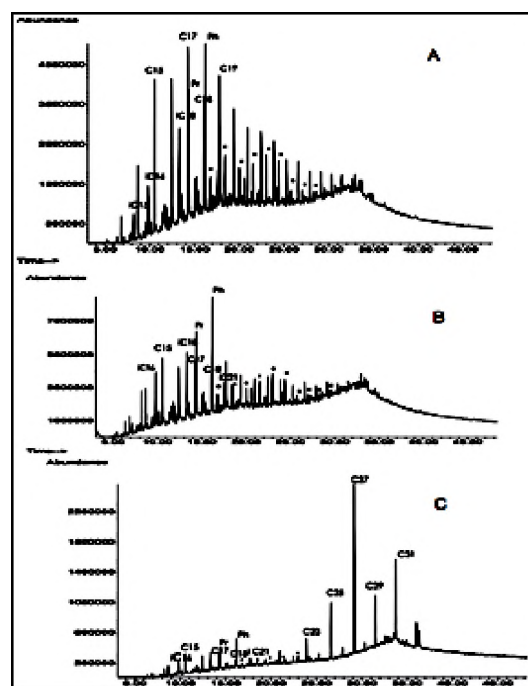


Рисунок 6 – Масс-хроматограммы УВ фракций ХЭ проб: А – до опыта, В – контроль без применения биопрепарата; С – после применения биопрепарата

По данным ИК-Фурье спектроскопии в пробах, отобранных после применения биопрепарата, зафиксировано изменение структурно-группового состава почвенных экстрактов: увеличилось количество кислородсодержащих соединений – карбонильных групп (п.п. 1710 см^{-1}), эфирных связей (п.п. 1170 см^{-1}), гидроксильных групп в области $3300\text{--}3400\text{ см}^{-1}$ по сравнению с алифатическими структурами и ароматическими циклами, что указывает на процессы биодegradации нефтезагрязнения (Рисунок 5).

По данным хромато-масс-спектрометрии в почвах, обработанных биопрепаратом, произошли изменения состава, которые сопровождаются изменением соотношения УВ как внутри гомологических рядов, так и между различными рядами гомологов (Рисунок 6). В составе насыщенных УВ возросла доля алканов нормального строения, а среди них доля тяжелых компонентов. Максимум n-алканов сдвинулся в высокомолекулярную область с $\text{nC}_{15,17}$ на nC_{27} . Снизилось содержание изопреноидов и 12, 13-метилалканов. Значительно увеличилось отношение n-алканов с нечетным числом атомов углерода к n-алканам с четным числом и отношение суммы пристана и фитана к сумме рядом элюирующихся n-алканов ($\text{Pr}+\text{Ph}/\text{nC}_{17}+\text{nC}_{18}$), которое рассматривается как коэффициент биодegradации.

Таким образом, результаты геохимических исследований свидетельствуют об эффективности полученного биопрепарата для биоремедиации нефтезагрязненных мерзлотных почв.

В рамках настоящей работы приготовлено 7485 кг экспериментальной серии биопрепарата. Полученным биопрепаратом очищено от нефтезагрязнений 41,7 га нарушенных земель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты исследований послужили научной основой для разработки комплексного биопрепарата и технологии его применения для биоремедиации нефтезагрязненных мерзлотных почв.

Преимущество биопрепарата заключается в совокупности уникальных свойств природного цеолита месторождения Хонгуруу, как источника макро– и микроэлементов, сорбента для нефти и носителя для УВ-окисляющих микроорганизмов, способных стимулировать биодegradацию нефтезагрязнений в различных типах мерзлотных почв.

Очистка почвы от нефтезагрязнений полученным биопрепаратом позволяет предотвратить распространение нефтезагрязнения на сопряженные ландшафты, добиться устранения пятен нефтезагрязненного грунта, снизить токсичность почв, что стимулирует появление естественного растительного покрова на загрязненных участках и значительно улучшает санитарно-экологическое состояние нарушенной территории.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Внесение в нефтезагрязненные мерзлотные почвы жидкой суспензии накопительных культур микроорганизмов, предварительно выделенных из очищаемых почв, обеспечивает, в зависимости от типа почвы 36–54% степень

очистки от НП. Применение накопительных культур, иммобилизованных на природном цеолите, обеспечивает 71–99% биодеструкцию нефтезагрязнения против 8–23% на контрольном участке. Биодеструкция нефтяных УВ в почве под воздействием накопительных культур микроорганизмов наряду с уменьшением общего содержания УВ сопровождается увеличением количества асфальто-смолистых компонентов, изменением соотношения алканов нормального и изопреноидного строения.

2. Из числа доминантных штаммов накопительных микробных культур сформирована рабочая коллекция мезофильных и психрофильных УВ-окисляющих микроорганизмов, перспективная для биотехнологического производства. Штаммы идентифицированы и депонированы в ВКМ и ВКПМ с присвоением коллекционных номеров: *Artrobacter antarcticus* AC-2022, *Artrobacter gandavensis* AC-2023, *Artrobacter citreus* AC-2014, *Bacillus atropheus* B-10592, *Bacillus vallismortis* B-11017, *Bacillus simplex* B-2817D, *Bacillus subtilis* B-12239, *Bacillus* sp. B-2815D, *Brevundimonas naejangsanensis* B-12651, *Exiguobacterium mexicanum* B-11011, *Exiguobacterium* sp. B-2813D, *Kocuria rosea* ЛП-1.4-Ж, *Kocuria* sp. Ac-2624D, *Lysinibacillus fusiformis* B-2816D, *Lysinibacillus* sp. B-2814D, *Microbacterium paraoxydans* Ac-2619D, *Microbacterium* sp. Ac-2625D, *Micrococcus luteus* Ac-2627D, *Pseudomonas panipatensis* B 10593, *Pseudomonas aeruginosa* ELA-1, *Rhodococcus* sp. Ac-2626D, *Rhodococcus erythropolis* Ac-2628D, *Rhodotorula mucilaginosa* Y-4271, *Serratia plymuthica* Ac-2819D, *Staphylococcus vitulinus* B-12651, *Stenotrophomonas* sp. B-2818D, *Stenotrophomonas maltophilia* B-12247.

3. Изолированные в составе накопительных культур микроорганизмы в процессе 5–7 суточного культивирования в жидкой минеральной среде Мюнца утилизировали от 4 до 16% НП при температуре + 4...+10°C, сохраняя при этом все морфо-тинкториальные и культурально-биохимические свойства.

4. Полученный консорциум УВ-окисляющих психрофильных и психротолерантных микроорганизмов, в составе: *Exiguobacterium mexicanum* B-11011, *Bacillus vallismortis* B-11017, *Rhodococcus* sp. Ac-2626D, *Serratia plymuthica* Ac-2819D, послужил основой биопрепарата для биоремедиации нефтезагрязненных почв в климатических условиях Крайнего Севера.

5. Доказана перспективность применения природного цеолита месторождения Хонгуруу (Якутия) для активации процессов биодеструкции нефтезагрязнения в почве, а также в качестве носителя УВ-окисляющих микроорганизмов. Показано, что внесение чистого цеолита без бактерий обеспечивает ускорение биодеструкции нефтяных УВ (до 54%) только на начальном этапе (до 2 месяцев от начала опыта). Установлено, что при большей длительности происходит снижение каталазной и дегидрогеназной активностей в нефтезагрязненных почвах, что указывает на снижение процессов биодеструкции нефтяных УВ.

6. В климатических условиях Якутии применение нового комплексного биопрепарата для биоремедиации мерзлотных почв до и после формирования снежного покрова способствует снижению нефтяных УВ за 7 месяцев на 44–62% при 1%-й исходной концентрации нефтезагрязнения и 34–46% при 5%-

й исходной концентрации нефтезагрязнения. Сохранение жизнеустойчивости УВ-окисляющих микроорганизмов при экстремально низких температурах (-45...-50°C) и возобновление их метаболической активности при оттаивании почвы позволяет применять биопрепарат вне периода вегетации (т.е. зимой или «под зиму») в труднодоступных районах, в отсутствие подъездных путей к месту аварии в зимнее время.

7. Применение нового комплексного биопрепарата методом «in-situ» (непосредственно на месте, без передвижения почвенного слоя) за 2 вегетационных сезона позволяет достигнуть 84–99% биодеструкции нефти и НП в мерзлотных почвах и грунтах по сравнению с контролем, где степень естественной деградации за тот же период составила всего 17–23%.

8. Полученный биопрепарат является экологически безопасным, поскольку основой для его приготовления являются природные образования – природный цеолит месторождения Хонгуруу (Якутия) и непатогенные УВ-окисляющие микроорганизмы, выделенные из нефтезагрязненных мерзлотных почв Якутии утилизирующие разлитую нефть.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Ерофеевская Л. А.** Влияние природных факторов на развитие почвенной микрофлоры и её участие в восстановлении плодородия техногенно-нарушенных земель / Л. А. Ерофеевская // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2017. – № 1. – С. 3–8. – 0,35 а.л.

2. **Ерофеевская Л. А.** Потенциал использования *Rhodococcus* для активации процессов очищения почв от нефтезагрязнений / Л. А. Ерофеевская, В. Ф. Чернявский // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные технические науки. – 2016. – № 9–10. – С. 3–6. – 0,23 / 0,17 а.л.

3. Томский И. С. Оценка качества рекультивации нефтезагрязненных земель по показателям ферментативной активности почв [Электронный ресурс] / И. С. Томский, **Л. А. Ерофеевская**, Л. А. Томская // Современные проблемы науки и образования (электронный журнал). – 2015. – № 2, ч. 2. – 7 с. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=23167> (дата обращения: 30.08.2018) – 0,4 / 0,14 а.л.

4. Шихранов О. Г. Способы биоремедиации нефтезагрязненных почв для климатических условий Крайнего Севера и оценка их эффективности / О. Г. Шихранов, Ю. С. Глязнецова, **Л. А. Ерофеевская**, А. В. Николаева // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2015. – № 1 (17). – С. 90–97. – 0,52 / 0,17 а.л.

5. **Ерофеевская Л. А.** Мониторинг биологической активности почвенных

экосистем в условиях нефтяного загрязнения / Л. А. Ерофеевская // Перспективы науки. – 2014. – № 3 (54). – С. 117–120. – 0,17 а.л.

6. **Ерофеевская Л. А.** Штамм *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-10592 – деструктор нефти / Л. А. Ерофеевская // Инновации и инвестиции. – 2014. – № 4. – С. 141–144. – 0,17 а.л.

7. **Ерофеевская Л. А.** Биоремедиация мерзлотных почв с использованием аборигенных микроорганизмов в условиях Якутии / Л. А. Ерофеевская // Глобальный научный потенциал. – 2014. – № 3 (36). – С. 77–80. – 0,23 а.л.

8. Глязнецова Ю. С. Влияние нефтедеструкторов на деградацию нефтезагрязнения почв в субарктических условиях при аварийном разливе дизельного топлива «Арктика» / Ю. С. Глязнецова, И. Н. Зуева, О. Н. Чалая, С. Х. Лифшиц, **Л. А. Ерофеевская** // Наука и образование. – 2011. – № 1. – С. 66–71. – 0,35 / 0,07 а.л.

9. Новгородов П. Г. Первый опыт создания почвенно-растительного покрова на территории объекта ПЯВ «Кратон-3» / П. Г. Новгородов, С. Х. Лифшиц, **Л. А. Ерофеевская**, О. Н. Чалая, А. Р. Александров // Наука и образование. – 2010. – № 4. – С. 66–69. – 0,23 / 0,05 а.л.

10. **Ерофеевская Л. А.** Использование дернообразующих растений в биоремедиации нефтезагрязненных мерзлотных почв / Л. А. Ерофеевская, Ю. С. Глязнецова, О. Н. Чалая // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 11, ч. 1. – С. 128–129. – 0,12 / 0,10 а.л.

Патенты:

11. Патент 2617949 Российская Федерация, МПК: В09С 1/10 (2006.01), С02F 3/34(2006.01), С12N 1/20(2006.01), С12R 1/01 (2006.01). Способ очистки почвы и водной среды от нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**; Салтыкова А. Л., Вит А. А.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Малое инновационное предприятие «СахаНефтеБиоСорб» (RU). – № 2015157250; заявлено 31.12.2015; опубл. 28.04.2017, Бюл. № 13. – 10 с.

12. Патент 2617950 Российская Федерация, МПК: С12 N1/20 (2006.01), В09С 1/10 (2006.01), С02F 3/34 (2006.01) , С12R 1/125 (2006.01). Штамм бактерий *Stenotrophomonas maltophilia* – деструктор нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**; Салтыкова А. Л., Вит А. А.; патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью Малое инновационное предприятие «СахаНефтеБиоСорб» (RU). – № 2015157251; заявл. 31.12.2015; опубл. 28.04.2017, Бюл. № 13. – 10 с.

13. Патент 2617951 Российская Федерация, МПК: С12N 1/20 (2006.01), С02F 3/34 (2006.01), В09С 1/10 (2006.01), С12R 1/125 (2006.01). Штамм бактерий *Bacillus subtilis* – деструктор нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**; Салтыкова А. Л., Вит А. А.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Малое инновационное предприятие «СахаНефтеБиоСорб» (RU). – № 2015157225; заявл. 31.12.2015; опубл. 28.04.2017, Бюл. № 13. – 10 с.

14. Патент 2617953 Российская Федерация, МПК: С02F 3/34 (2006.01), В09С 1/10 (2006.01), С12N 11/14 (2006.01), С12N 1/20 (2006.01) , С12R 1/07 (2006.01). Препарат для очистки почв и воды от нефти и нефтепродуктов /

Ерофеевская Л. А.; Салтыкова А. Л., Вит А. А.; патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью Малое инновационное предприятие «СахаНефтеБиоСорб» (RU). – № 2015157248/10; заявл. 31.12.2015; опубл. 28.04.2017, Бюл. № 13. – 15 с.

15. Патент 2615464 Российская Федерация, МПК: C12N 1/26 (2006.01), C02F 3/34 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C12N 1/20 (2006.01), C12Q 1/02 (2006.01). Препарат для очистки почв и водных объектов от нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**, Салтыкова А. Л., Вит А. А.; патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью Малое инновационное предприятие «СахаНефтеБиоСорб» (RU). – № 2015157249; заявл. 31.12.2015; опубл. 04.04.2017, Бюл. № 10. – 21 с.

16. Патент 2600868 Российская Федерация, МПК: B09C 1/10 (2006.01), C12N 1/26 (2006.01), C12N 1/20 (2006.01), C12Q 1/02 (2006.01). Препарат для очистки почв от нефтезагрязнений / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2014138219/10; заявл. 22.09.2014; опубл. 27.10.2016, Бюл. № 30. – 15 с.

17. Патент 2600872 Российская Федерация, МПК: C02F 3/34 (2006.01), C12N 1/20 (2006.01), B09C 1/10(2006.01), C12R 1/38(2006.01). Препарат для очистки почв и воды от нефтезагрязнений / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2014146529/10; заявл. 19.11.2014; опубл. 27.10.2016, Бюл. № 30. – 15 с.

18. Патент 2571943 Российская Федерация. МПК: C02F 3/34 (2006.01), C12N 1/20 (2006.01), C12R 1/01 (2006.01). Способ очистки водной среды от нефти и нефтепродуктов. / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2014146850/10; заявл. 20.11.2014; опубл. 27.12.2015, Бюл. № 36. – 8 с.

19. Патент 2565549 Российская Федерация, МПК: B09C 1/10 (2006.01), B01J 20/16 (2006.01), C09K 17/40 (2006.01), C12N 11/14 (2006.01), C12N 1/20 (2006.01), C12R 1/07 (2006.01), C12R 1/425 (2006.01). Биопрепарат для биоремедиации нефтезагрязненных почв для климатических условий Крайнего Севера / **Ерофеевская Л. А.**, Глязнецова Ю. С.; патентообладатели: Общество с ограниченной ответственностью «Транснефть-Восток» (ООО «Транснефть-Восток») (RU), Открытое акционерное общество «Акционерная компания по транспорту нефти «Транснефть» (ОАО АК «Транснефть») (RU), Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт транспорта нефти и нефтепродуктов Транснефть» (ООО «НИИ Транснефть») (RU). – № 2013155969/10; заявл. 17.12.2013; опубл. 20.10.2015, Бюл. № 29. – 16 с.

20. Патент 2565817 Российская Федерация, МПК: C12N 1/20 (2006.01), C12N 1/26 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C12R 1/07 (2006.01). Консорциум микроорганизмов *Exiguobacterium mexicanum* и *Bacillus vallismortis* для очистки мерзлотных почв от нефтезагрязнений / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2014138689/10; заявл. 24.09.2014; опубл. 20.10.2015, Бюл. № 29. – 12 с.

21. Патент 2564105 Российская Федерация, МПК: C12N 1/20 (2006.01), C02F 3/34 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C02F 101/32 (2006.01), C12R 1/01 (2006.01). Штамм бактерий *Exiguobacterium* sp. – деструктор нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2014146521/10; заявл. 19.11.2014; опубл. 27.09.2015, Бюл. № 27. – 8 с.

22. Патент 2560272 Российская Федерация, МПК: C12N 1/20 (2006.01), C02F 3/34 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C12R 1/01 (2006.01). Штамм бактерий *Serratia plymuthica* – деструктор нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2014138294/10; заявл. 22.09.2014; опубл. 20.08.2015, Бюл. № 23. – 9 с.

23. Патент 2560279 Российская Федерация, МПК: C12N 1/20 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C02F 3/34 (2006.01), C12R 1/01 (2006.01). Штамм бактерий *Kocuria* sp. – деструктор нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**, Чернявский В. Ф., Явловская Л. Л.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2014138316/10; заявл. 22.09.2014; опубл. 20.08.2015, Бюл. № 23. – 8 с.

24. Патент 2558299 Российская Федерация, МПК: C12N 1/20 (2006.01), C02F3/34 (2006.01), B09C 1/10(2006.01) , C12R 1/01(2006.01). Штамм бактерий *Rhodococcus* sp. – деструктор нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**, Чернявский В. Ф.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2014138257/10; заявл. 22.09.2014; опубл. 27.07.2015, Бюл. № 21. – 8 с.

25. Патент 2535746 Российская Федерация, МПК: B09C 1/00 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01). Способ восстановления нефтезагрязненных почв путем внесения микробно-растительных сообществ / Лифшиц С. Х., Глязнецова Ю. С., Чалая О. Н., Зуева И. Н., **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2013104437/13; заявл. 01.02.2013; опубл. 20.12.2014, Бюл. № 35. – 7 с.

26. Заявка на изобретение 2013111 507 Российская Федерация, МПК: B09C 1/10 (2006.01), C12N 1/20 (2006.01). Способ очистки мерзлотных почв и грунтов от загрязнений нефтью и нефтепродуктами / **Ерофеевская Л. А.**, Глязнецова Ю. С., Новгородов П. Г., Чалая О. Н., Зуева И. Н., Лифшиц С. Х., Ефимов С. Е., Александров А. Р.; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского

отделения Российской академии наук (RU). – № 2013111507/13; заявл. 14.03.2013; опубл. 20.09.2014, Бюл. № 26. – 1 с.

27. Патент 2525930 Российская Федерация, МПК: C12N 1/20 (2006.01), C02F 3/34 (2006.01), B09C1/10 (2006.01), C12R 1/07 (2006.01). Способ очистки мерзлотных почв и водной среды от нефти и нефтепродуктов спорообразующими бактериями *Bacillus vallismortis* / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2013118890/10; заявл. 23.04.2013; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 23. – 6 с.

28. Патент 2525932 Российская Федерация, МПК: C02F 3/34 (2006.01), C02F 101/32 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C12R 1/38 (2006.01). Способ очистки воды и мерзлотных почв от нефти и нефтепродуктов штаммом бактерий *Pseudomonas panipatensis* ВКПМ В-10593 / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2013122020/10; заявл. 13.05.2013; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 23. – 9 с.

29. Патент 2523584 Российская Федерация, МПК: C12N 1/26 (2006.01), C02F 3/34 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C12R 1/01 (2006.01), C02F 101/32 (2006.01). Штамм бактерий *Exiguobacterium mexicanum* – деструктор нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2013113811/10; заявл. 27.03.2013; опубл. 20.07.2014, Бюл. № 20. – 8 с.

30. Патент 2521654 Российская Федерация, МПК: C12N 1/20 (2006.01), C02F 3/34 (2006.01), B09C 1/10(2006.01), C12R 1/01 (2006.01). Способ очистки мерзлотной почвы и водной среды от нефти и нефтепродуктов штаммом бактерий *Exiguobacterium mexicanum* / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2013118841/10; заявл. 23.04.2013; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 19. – 6 с.

31. Патент 2513699 Российская Федерация, МПК: C12N 1/20 (2006.01), C02F 3/34 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C12R 1/07 (2006.01). Способ очистки мерзлотных почв и водной среды спорообразующими бактериями *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-10592 / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2013118842/10; заявл. 23.04.2013; опубл. 20.04.2014, Бюл. № 11. – 7 с.

32. Патент 2513702 Российская Федерация, МПК: C12N 1/26 (2006.01), C02F 3/34 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C12R 1/07 (2006.01), C02F 101/32 (2006.01). Штамм бактерий *Bacillus vallismortis* – деструктор нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2013113813/10;

заявл. 27.03.2013; опублик. 20.04.2014, Бюл. № 11. – 8 с.

33. Патент 2484130 Российская Федерация, МПК: C12N 1/20 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C02F 3/34 (2006.01), C02F 101/32 (2006.01), C12R 1/38 (2006.01). Штамм бактерий *Pseudomonas panipatensis* ВКПМ В-10593 – деструктор нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2012114908/10; заявл. 16.04.2012; опублик. 10.06.2013, Бюл. № 16. – 6 с.

34. Патент 2482179 Российская Федерация, МПК: C12N 1/26 (2006.01), C02F 3/34(2006.01) , B09C 1/10(2006.01) , C12R 1/57 (2006.01). Штамм бактерий *Bacillus atropheus* – деструктор нефти и нефтепродуктов / **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU). – № 2012114907/10; заявл. 16.04.2012; опублик. 20.05.2013, Бюл. № 14. – 7 с.

35. Патент 2422219 Российская Федерация, МПК: B09C 1/10 (2006.01). Состав для очистки почвы от нефтяных загрязнений / Сысоева Л. Н., Алексеева Т. П., Бурмистрова Т. И., Трунова Н. М., **Ерофеевская Л. А.**; патентообладатель Государственное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа Сибирского отделения Россельхозакадемии (ГНУ СибНИИСХиТ СО Россельхозакадемии) (RU) . – № 2009134767/10; заявл. 16.09.2009; опублик. 27.06.2011, Бюл. № 18. – 7 с.

Статьи в прочих научных журналах:

36. **Erofeevskaia L. A.** Properties of strain *Exiguobacterium mexicanum* / L. A. Erofeevskaia, L. L. Popova, A. L. Saltycova // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 11 (53), ч. 2. – С. 123–126. – DOI: 10.18454/IRJ.2016.53.046. – 0,29 / 0,17 а.л.

37. **Ерофеевская Л. А.** Антропогенно измененная микрофлора почвенной экосистемы, как возможное звено в цепочке оппортунистических инфекций / Л. А. Ерофеевская // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2016. – Вып. 4 (191). – С. 148–152. – 0,2 а.л.

38. **Erofeevskaia L.** Properties of strain *Pseudomonas panipatensis* [Электронный ресурс] / L. Erofeevskaia, A. Saltycova // Бюллетень науки и практики (Bulletin of science and practice). – 2016. – № 11 (12). – С. 54–60. – URL: <http://www.bulletennauki.com/2016-g-vypusk-11-12> (дата обращения: 30.08.2018). – 0,29 / 0,17 а.л.

39. **Ерофеевская Л. А.** Влияние радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr на микробное сообщество почв территории объекта подземного ядерного взрыва «Кратон-3» (Якутия) [Электронный ресурс] / Л. А. Ерофеевская, А. Р. Александров // Арктика и Север. – 2012. – № 8. – 11 с. – URL: https://narfu.ru/aan/article_index_years.php?ELEMENT_ID=43759 (дата обращения: 30.08.2018). – 0,7 / 0,5 а.л.

Публикации в сборниках материалов конференций:

40. Александров А. Р. Применение биоминеральной композиции для

очистки загрязненных нефтью мерзлотных почв / А. Р. Александров, **Л. А. Ерофеевская** // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН. Якутск, 05–07 апреля 2017 г. – Якутск, 2017. – Т. 2. – С. 281–285. – 0,35 / 0,17 а.л.

41. Александров А. Р. Использование хонгурина в экологии нефтегазового комплекса / А. Р. Александров, **Л. А. Ерофеевская** // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России : материалы всероссийской научно-практической конференции. Якутск, 06–08 апреля 2016 г. – Якутск, 2016. – С. 300–303. – 0,23 / 0,12 а. л.

42. **Ерофеевская Л. А.** Влияние нефтяного загрязнения на ферментативную активность мерзлотных почв / Л. А. Ерофеевская, Е. В. Петрова // Тенденции и перспективы развития науки XXI века : сборник статей международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 18 октября 2015 г. – Уфа, 2015. – Ч. 2. – С. 28–31. – 0,29 / 0,17 а.л.

43. **Ерофеевская Л. А.** Анализ сообществ плесневых грибов, выделенных из нефтезагрязненных почв Якутии / Л. А. Ерофеевская // Проблемы и перспективы развития науки в России и мире : сборник статей международной научно-практической конференции. Казань, 08 октября 2015 г. – Уфа, 2015. – С. 10–12. – 0,17 а.л.

44. **Ерофеевская Л. А.** *Enterobacteriaceae* в биоремедиации нефтезагрязненных земель / Л. А. Ерофеевская // Научные открытия в эпоху глобализации : сборник статей международной научно-практической конференции. Казань, 20 сентября 2015 г. – Уфа, 2015. – С. 22–24. – 0,17 а.л.

45. **Ерофеевская Л. А.** Исследование свойств эковаты в качестве биосорбента для нефти и нефтепродуктов / Л. А. Ерофеевская, Д. А. Солдатов // Биотехнология: состояние и перспективы развития : материалы VIII Московского международного конгресса. Москва, 17–20 марта 2015 г. – Москва, 2015. – Ч. 2. – С. 310–311. – 0,12 / 0,06 а. л.

на английском языке: **Erofeevskaya L. A.** The study of the properties of wool as a biosorbent for oil and oil products / L. A. Erofeevskaya, D. A. Soldatov // Biotechnology: State of the Art and Prospects of Development : proceedings of the VIII Moscow International Congresses. Moscow, March 17–20, 2015. – Moscow, 2015. – Part 2. – P. 311.

46. Глязнецова Ю. С. Оценка качества биологической очистки почв на территории нефтебаз в условиях Крайнего Севера / Ю. С. Глязнецова, И. Н. Зуева, С. Х. Лифшиц, О. Н. Чалая, **Л. А. Ерофеевская** // Биотехнология: состояние и перспективы развития : материалы VIII Московского международного конгресса. Москва, 17–20 марта 2015 г. – Москва, 2015. – Ч. 2. – С. 315. – 0,12 / 0,03 а.л.

на английском языке: Glyaznetsova Ju. S. Estimation quality biological treatment of soils of tank farms territories in the Far North / Ju. S. Glyaznetsova, I. N. Zueva, S. H. Lifshits, O. N. Chalaya, **L. A. Erofeevskaya** // Biotechnology: State of the Art and Prospects of Development : proceedings of the VIII Moscow International Congresses. Moscow, March 17–20, 2015. – Moscow, 2015. – Part 2. – P. 315–316.

47. **Ерофеевская Л. А.** Торфоминеральные композиции в очистке нефтезагрязненных территорий Якутии / Л. А. Ерофеевская, А. Р. Александров, Б. Е. Куприянов, Н. И. Кондратьева // Проблемы изучения и использования торфяных ресурсов Сибири : материалы Второй Международной научно-практической конференции. Томск, 18–21 августа 2014 г. – Томск, 2014. – С. 169–172. – 0,23 / 0,17 а.л.

48. **Ерофеевская Л. А.** Характеристика микрофлоры заболоченных экосистем в условиях криолитозоны / Л. А. Ерофеевская // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее : материалы Четвёртого Международного полевого симпозиума. Новосибирск, 04–17 августа 2014 г. – Томск, 2014. – С. 63–64. – 0,12 а.л.

49. **Ерофеевская Л. А.** Биотехнологический подход к рекультивации нефтезагрязненных болотистых почв / Л. А. Ерофеевская // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее : материалы Четвёртого Международного полевого симпозиума. Новосибирск, 04–17 августа 2014 г. – Томск, 2014. – С. 321–323. – 0,17 а.л.

50. **Ерофеевская Л. А.** Биопрепараты на основе природного сырья в процессах очистки мерзлотных почв от нефтяного загрязнения / Л. А. Ерофеевская, Ю. С. Глязнецова, О. Н. Чалая, И. Н. Зуева, С. Х. Лифшиц, А. Р. Александров, С. Е. Ефимов, Е. В. Петрова // Биотехнология и качество жизни : материалы международной научно-практической конференции. Москва, 18–20 марта 2014 г. – Москва, 2014. – С. 399. – 0,06 / 0,03 а.л.

на английском языке: **Erofeevskaya L. A.** Biological products on the basis of natural raw materials for purification processes of the frozen soils from oil pollution / L. A. Erofeevskaya, Yu. S. Glyaznetzova, O. N. Chalaya, I. N. Zueva, S. H. Lifshits, A. R. Alexandrov, S. E. Efimov, E. V. Petrova // Biotechnology and Quality of Life : materials of the International Conference. Moscow, March 18–20, 2014. – Moscow, 2014. – P. 400.

51. Глязнецова Ю. С. Изучение эффективности использования биопрепаратов для очистки нефтезагрязненных почв / Ю. С. Глязнецова, И. Н. Зуева, С. Х. Лифшиц, О. Н. Чалая, **Л. А. Ерофеевская** // Биотехнология и качество жизни : материалы международной научно-практической конференции. Москва, 18–20 марта 2014 г. – Москва, 2014. – С. 400–401. – 0,12 / 0,02 а.л.

на английском языке: Glyaznetsova Ju. S. Study on the effectiveness of the use of biological preparations for the purification of petroleum-polluted soil / Ju. S. Glyaznetsova, I. N. Zueva, S. H. Lifshits, O. N. Chalaya, **L. A. Erofeevskaya** // Biotechnology and Quality of Life : materials of the International Conference. Moscow, March 18–20, 2014. – Moscow, 2014. – P. 401.

52. Лифшиц С. Х. Роль растений в процессах биодegradации нефтезагрязненных почв / С. Х. Лифшиц, Ю. С. Глязнецова, О. Н. Чалая, И. Н. Зуева, **Л. А. Ерофеевская** // Биотехнология и качество жизни : материалы международной научно-практической конференции. Москва, 18–20 марта 2014 г. – Москва, 2014. – С. 401–402. – 0,17 / 0,02 а.л.

на английском языке: Lifshits S. H. Role of plants in processes of biodegradation of petroleum-polluted soils / S. H. Lifshits, Ju. S. Glyaznetsova,

O. N. Chalaya, I. N. Zueva, **L. A. Erofeevskaya** // Biotechnology and Quality of life : materials of the International Conference. Moscow, March 18–20, 2014. – Moscow, 2014. – P. 402–403.

53. **Ерофеевская Л. А.** Мониторинг загрязнений в природных экосистемах после аварийных разливов нефти / Л. А. Ерофеевская // Природно-техногенные комплексы: рекультивация и устойчивое функционирование : материалы международной научной конференции. Новосибирск–Новокузнецк, 10–15 июня 2013 г. – Новосибирск, 2013. – С. 293–295. – 0,17 а.л.

54. **Ерофеевская Л. А.** Биоремедиация как один из факторов оптимизации природной среды на объектах с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов / Л. А. Ерофеевская, Ю. С. Глянцева // Природно-техногенные комплексы: рекультивация и устойчивое функционирование : материалы международной научной конференции. Новосибирск–Новокузнецк, 10–15 июня 2013 г. – Новосибирск, 2013. – С. 295–296. – 0,12 / 0,06 а.л.

55. Глянцева Ю. С. Экологическое сопровождение и мониторинг объектов нефтегазового комплекса Якутии и проблемы рекультивации нарушенных земель / Ю. С. Глянцева, **Л. А. Ерофеевская**, И. Н. Зуева, С. Х. Лифшиц, О. Н. Чалая // Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология : материалы международной научной конференции. IX Международная выставка и научный конгресс «Интерэкспо Гео-Сибирь-2013». Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г. – Новосибирск, 2013. – Т. 3. – С. 15–20. – 0,37 / 0,08 а.л.

56. **Ерофеевская Л. А.** Изучение микробиологических факторов ремедиации мерзлотных почв / Л. А. Ерофеевская // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты : сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Новосибирск, 12 марта 2013 г. – Новосибирск, 2013. – С. 8–11. – 0,23 а.л.

57. **Ерофеевская Л. А.** Влияние вермикулита на деструкцию нефтяных углеводородов / Л. А. Ерофеевская // Синтез знаний в естественных науках. Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование : материалы международной научной конференции. Пермь, 21–25 ноября 2011 г. – Пермь, 2011. – Т. 2. – С. 65–68. – 0,23 а.л.

58. Новгородов П. Г. Микробиологический метод реабилитации нефтезагрязнённых мерзлотных почв Якутии / П. Г. Новгородов, **Л. А. Ерофеевская**, Т. П. Алексеева, Т. И. Бурмистрова, М. П. Неустроев, Н. П. Тарабукина // Научное обеспечение реализации мегапроектов в Республике Саха (Якутия) : материалы научной сессии Академии наук Республики Саха (Якутия). Якутск, 13 марта 2009 г. – Якутск, 2009. – С. 146–154. – 0,52 / 0,17 а.л.

Издание подготовлено в авторской редакции.
Отпечатано на участке цифровой печати
Издательского Дома Томского государственного университета
Заказ № 37-1018 от «26» октября 2018 г. Тираж 100 экз.
г. Томск Московский тр.8 тел. 53-15-28