

## АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе Хожанепесовой Фаризы Мусабековны на тему «Разработка метода очистки загрязненных нефтью почв адсорбционно-иммобилизованными микроорганизмами-деструкторами», представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05201 (6D060800) - «Экология»

### **Оценка современного состояния решаемой научной или научно-технологической проблемы**

Стратегия Республики Казахстан по вхождению в число 30 наиболее развитых стран мира тесно связана с переходом к «зеленой экономике». В этом направлении приоритетными задачами являются восстановление загрязненных территорий и эффективное управление производственными отходами. Интенсивное развитие нефтегазовой отрасли, особенно в Западно-Казахстанской и Мангистауской областях, приводит к масштабному нефтяному загрязнению почв. В указанных регионах аридный климат, высокая засоленность и низкая биологическая активность затрудняют восстановление почв. Хотя в мировой практике для иммобилизации микроорганизмов применяются различные носители, использование агропромышленных растительных отходов и их эффективность в засушливых регионах недостаточно изучены, что определяет актуальность научных исследований в данном направлении.

### **Основа и исходные данные для разработки темы**

Основой для разработки темы диссертационной работы послужила актуальность вопросов обеспечения экологической безопасности Республики Казахстан, охраны природной среды нефтегазодобывающих регионов и восстановления нефтезагрязненных почв. Интенсивное развитие нефтедобычи в западных регионах Казахстана, особенно в Мангистауской области, приводит к увеличению уровня загрязнения почвенного покрова нефтяными углеводородами, что вызывает деградацию экосистем и усиление техногенной нагрузки.

Тема исследования выбрана в соответствии с приоритетами научно-технического развития Республики Казахстан, концепцией перехода к «зеленой экономике», а также государственными программами в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Кроме того, в качестве исходных источников исследования использовались результаты лабораторных экспериментов, проведенных автором в предыдущие годы, данные микробиологического, физико-химического и аналитического анализа, а также материалы, полученные в рамках научно-исследовательского проекта (ИРН AP25796069) в рамках программы «Жас ғалым» РК.

Таким образом, тема диссертационной работы вытекает из конкретных экологических проблем, разработана на основе современных научных данных и экспериментальных результатов, и ее научная и практическая значимость полностью обоснована исходными данными.

### **Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы**

В настоящее время интенсивное развитие нефтегазовой промышленности, особенно в западных регионах Казахстана, в том числе в Мангистауской области, приводит к масштабному загрязнению почв нефтяными углеводородами. Нефтяные углеводороды нарушают физико-химические и биологические свойства почв, ограничивая естественное восстановление экосистем. Высокая стоимость традиционных физико-химических методов очистки нефтезагрязненных почв, их экологические риски и низкая эффективность в условиях аридного климата обуславливают необходимость развития экологически безопасных методов биоремедиации.

В последние годы использование углеводородокисляющих микроорганизмов рассматривается как эффективный метод, однако низкая устойчивость свободных клеток к неблагоприятным экологическим факторам ограничивает их практическое применение. В связи с этим совершенствование методов иммобилизации микроорганизмов на носителях является актуальной научной задачей. Литературные данные указывают на ряд недостатков минеральных носителей, что требует поиска дешевых, доступных и экологически чистых альтернативных носителей.

В этом контексте использование растительных носителей на основе агропромышленных отходов является актуальным с научной и практической точки зрения. Их возможности в повышении жизнеспособности микроорганизмов и эффективности биodeградации в условиях аридного климата недостаточно изучены. Поэтому подходы основаны на разработке технологий биоремедиации нефтезагрязненных почв путем иммобилизации углеводородокисляющих микроорганизмов на растительных носителях.

### **Научная новизна**

В ходе диссертационного исследования были получены следующие научные результаты, определяющие его научную новизну:

— Впервые в стандартных лабораторных условиях (25–28°C, pH 7,0–7,5) была проведена сравнительная оценка эффективности биodeградации консорциума *Dietzia maris* 22К и *Rhodococcus erythropolis* АТ7, иммобилизованного на минеральных (цеолит, керамзит) и агропромышленных отходах (шелуха гречихи и риса), и установлено преимущество органических носителей в 1,3–4,7 раза (шелуха гречихи — 58,4%, шелуха риса — 52,1% в сравнении с цеолитом — 42%, керамзитом — 23%).

— Обоснована роль рутина (28,8 мг/100 г) шелухи гречихи в защите микроорганизмов. Шелуха гречихи превосходила шелуху риса во всех исследованных условиях: в стандартных условиях — 58,4% в сравнении с 52,1%; при оптимальной температуре и высокой засоленности (+32°C, 10%

NaCl) — 75,0% в сравнении с 35,0%; при комбинированном стрессе (+42°C, 10% NaCl) — 54,0% в сравнении с 38,4%. Однако по мере усиления экстремальных условий степень превосходства гречихи снижается: при +32°C разница составляет 2,1 раза, при +42°C — 1,4 раза, что свидетельствует о наличии предела антиоксидантной защитной способности рутина.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

— Изучены физико-химические, адсорбционные и морфологические свойства минеральных (цеолит, керамзит) и растительных (шелуха риса, шелуха гречихи) носителей для иммобилизации микроорганизмов-деструкторов нефтяных углеводородов:

цеолит — упорядоченная микропористая алюмосиликатная структура, высокая катионообменная ёмкость; керамзит — макропористая агрегатная структура, высокая механическая устойчивость; шелуха риса — целлюлоза 35–45%, лигнин 20–25%, диоксид кремния SiO<sub>2</sub> 15–20%, развитая пористая поверхность; шелуха гречихи — целлюлоза 20–27%, лигнин 8–15%, рутин 28,8 мг/100 г, гидроксильные и карбоксильные функциональные группы обеспечивают прочное закрепление клеток. Эффективность иммобилизации по данным СЭМ-анализа: шелуха гречихи — 92,3±2,1%, шелуха риса — 87,6±3,4%.

— Эффективность биодegradации нефтяных углеводородов консорциумом *Dietzia maris* 22K и *Rhodococcus erythropolis* AT7 на органических носителях превышает показатели минеральных носителей в 1,3–4,7 раза: шелуха гречихи — 58,4%, шелуха риса — 52,1%, цеолит — 42%, керамзит — 23% (стандартные условия: 25–28°C, pH 7,0–7,5).

— По результатам изучения кинетики биодegradации нефтяных углеводородов иммобилизованными микроорганизмами в стандартных и стрессовых условиях шелуха гречихи обоснована как оптимальный носитель: содержание целлюлозы 20–27%, лигнина 8–15%, эффективность иммобилизации 92,3%, плотность закрепления 3,2±0,4×10<sup>6</sup> КОЕ/см<sup>2</sup>. Дegradация соответствует кинетике первого порядка (R<sup>2</sup>>0,95, k=0,0187 сут<sup>-1</sup>).

— Разработан метод биоремедиации нефтезагрязнённых почв, основанный на использовании местных агропромышленных отходов в качестве носителя для адсорбционной иммобилизации. Преимущество шелухи гречихи подтверждено в полевых испытаниях в Мангистауской области (+22–28°C): 94,0% в сравнении с 57,9% (в 1,6 раза).

#### **Практическая значимость работы**

Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, вносят значительный вклад в развитие теоретических и методологических основ метода биоремедиации нефтезагрязнённых почв.

В ходе исследования получены новые научные знания о механизмах адсорбционной иммобилизации микроорганизмов на растительных материалах, закономерностях влияния абиотических факторов аридного климата (высокая температура, засоленность) на активность иммобилизованных биодеструкторов, кинетических закономерностях

биодegradации нефтяных углеводородов в нефтезагрязненных почвах, а также условно-зависимом влиянии биохимического состава растительных носителей (рутин, лигнин) на микробную активность.

Результаты диссертационного исследования могут стать теоретической и методологической основой для постановки новых фундаментальных и прикладных исследовательских задач в области использования агропромышленных отходов, разработки инновационных методов биоремедиации и реализации принципов перехода к «зеленой экономике».

Разработанный метод может быть применен в нефтедобывающих регионах Западного Казахстана (Мангистауская, Атырауская области) для очистки нефтезагрязненных почв, промышленных площадок, шламонакопителей, а также для ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. Экономическая эффективность метода составляет 30-40% по сравнению с традиционными физико-химическими методами за счет использования доступного растительного сырья (рисовая и нутовая шелуха) и отсутствия необходимости в дорогостоящем оборудовании.

По разработанному методу подана заявка на получение патента на полезную модель Республики Казахстан, что подтверждает инновационный характер метода и возможность его применения в промышленности.

Материалы диссертационной работы могут быть использованы в высших учебных заведениях при подготовке студентов по специальностям «Экология», «Биотехнология», «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», а также при обучении экологических работников нефтегазовых компаний.

#### **Личный вклад автора**

Автор определил задачи исследования биоремедиации нефтезагрязненных почв (Мангистауская область), отобрал образцы проб, провел лабораторные микробиологические и физико-химические анализы. Выполнил экспериментальные работы по иммобилизации микроорганизмов на растительных носителях, определению оптимальных параметров и изучению кинетики биодegradации. Провел статистический анализ и комплексное обобщение полученных результатов.

#### **Апробация работы**

Результаты исследования были доложены и обсуждены на следующих международных научно-практических конференциях: Международная научно-практическая конференция «Современная наука: новые подходы и актуальные исследования» (Modern science: New approaches and actual studies), диплом 3-й степени за участие в конкурсе «Лучшая научная работа» в секции «Биологические науки»; 21 апреля 2020 года, Прага, Чехия; XVI Республиканская научно-практическая конференция студентов, магистрантов, PhD докторантов «Молодежь, наука и инновации»; 9 апреля 2020 года, Актобе; Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Мир Фараби»; 6-9 апреля 2020 года, Алматы; Международный научно-образовательный форум «Каспийский регион на стыке эпох и культур»:

проблемы и перспективы парадигмы устойчивого развития», 22-26 сентября 2025 года, Актау; принята статья на 16-ю Международную конференцию «Будущая окружающая среда и энергетика» (ICFEE 2026), 6-8 марта 2026 года, Фукуока, Япония (будет опубликована в издании E3S Web of Conferences, индексируемом Scopus).

### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе: 3 статьи в журналах, рекомендованных КНМОН МНиВО РК, 2 публикации в журналах, входящих в базу данных Scopus. Остальные статьи опубликованы в сборниках международных научных и научно-практических конференций.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, 192 списков использованной литературы и приложений. Общий объем работы состоит из 27 таблиц и 124 страниц, включая 15 рисунков.

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Экология и безопасность жизнедеятельности» Каспийского университета технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова.