

## **АННОТАЦИЯ**

диссертации, представленной на соискание ученой степени  
доктора философии (PhD) по специальности 8D07105 – «Космическая  
техника и технологии»

**БЕКЕШЕВА ЕРЛАНА АХМЕДОВИЧА**

### **Разработка технологии детоксикации почв, загрязненных углеводородным компонентом ракетного топлива**

#### **Актуальность исследования**

Ракетно-космическая деятельность (РКД) космодрома «Байконур» с учетом сложившейся многолетней практикой по сопровождению пусков ракет космического назначения (РКН), ликвидаций последствий аварий ракет космического назначения и динамического наблюдения прилегающих территорий, свидетельствует о том, что система обеспечения экологической безопасности деятельности космодрома «Байконур» нуждается в постоянном совершенствовании с учетом современных требований.

Одной из ключевых проблем обеспечения экологической безопасности в Казахстане в сфере ракетно-космической деятельности космодрома «Байконур» является необходимость обезвреживания объектов окружающей природной среды от загрязнений токсичными компонентами ракетных топлив в районах падения отделяющихся ступеней ракет-носителей и на территориях, подвергшихся аварийным ситуациям.

Районы падения отделяющихся частей ракет-носителей, где происходят проливы токсичных ракетных топлив при приземлениях ступеней ракет космического назначения имеются только на территории Республики Казахстан и Российской Федерации. В мировой практике отделяющиеся части ракет-носителей приземляются в Мировой океан.

В связи с интенсивной эксплуатацией космодрома «Байконур» в Казахстане происходит массовое уничтожение природных комплексов в районах падения, которые расположены в девяти областях нашей страны и имеют общую площадь более 4,1 млн.га.

На сегодняшний день Российская Федерация как запускающая сторона, арендуя комплекс Байконур не проводит мероприятия по обезвреживанию загрязненной токсичным ракетным топливом территории Республики Казахстан, в связи с отсутствием методов и технологии обезвреживания почв, загрязнённых токсичными углеводородными компонентами ракетного топлива.

Таким образом, в условиях функционирующего космодрома Байконур и отсутствия в стране методов очистки почв от ракетного топлива, остро встал актуальный вопрос о разработке экологически безопасной технологии обезвреживания почв от токсичных углеводородных ракетных топлив с учётом природно-климатических особенностей и почв Казахстана.

**Целью исследования** является разработка эффективной и экологически безопасной технологии детоксикации почв, подвергшихся загрязнению токсичными компонентами ракетного топлива.

#### **Задачи исследования**

1. Исследования поведения и влияния загрязнителя:
  - изучения стабильности ракетного топлива – керосина в почвах Республики Казахстан;
  - исследования миграции ракетного топлива в почвах;
  - изучение фитотоксичности ракетного керосина;
  - микробиологические исследования.
2. Проведение натуральных исследований по обезвреживанию ракетного топлива в позиционном районе космодрома Байконур.
3. Разработка технологии детоксикации почв, загрязненных углеводородным компонентом ракетного топлива.

#### **Методы исследования**

При решении задач, необходимых для достижения поставленной цели, использовались следующие методы: стандартные почвенно-геохимические, общепринятые экологические и специальные методы микробиологических исследований.

#### **Научная новизна проведенных исследований**

Впервые проведено исследование процессов стабильности и миграции токсичного углеводородного компонента ракетного топлива в различных типах почв, характерных для территории Республики Казахстан.

Впервые осуществлён комплекс исследований, направленных на фитотоксичность углеводородного ракетного топлива в почвенных образцах и микробиологических исследований на экспериментальных образцах почв, отобранных в разных регионах Казахстана, а также в модельном почвенном эталоне.

Кроме того, впервые разработан экологически безопасный способ очистки почв, загрязнённых токсичным углеводородным ракетным топливом, с учётом специфики природно-климатических условий и разнообразия почвенно-географических зон Казахстана.

#### **Научная и практическая значимость диссертационной работы**

Разработанная экологически безопасная технология детоксикации почв на основе ассоциации аборигенных штаммов микроорганизмов как *Acinetobacter calcoaceticus* 18, *Bacillus sp.*20, *Micrococcus roseus* 25, *Candida sp.* 12/5, от загрязнения токсичным компонентом углеводородного ракетного топлива поможет восстановить почвенно-растительный покров на территории подверженной ракетно-космической деятельностью комплекса «Байконур».

По результатам исследования получены Акты внедрения на «Технологию детоксикации почв, загрязненных углеводородным компонентом ракетного топлива» от Акционерного общества «Совместное Казахстанско–Российское предприятие «БАЙТЕРЕК», Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Российская Федерация), Филиала РГП «Инфракос» в г.Алматы

Аэрокосмического комитета МЦРИАП РК, АО «ФГУП Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» (Российская Федерация).

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

1. Обоснованы и экспериментально подтверждены оптимальные параметры технологии микробиологической детоксикации почв, загрязнённых углеводородным компонентом ракетного топлива, включающие закономерности его стабильности и миграции в различных типах почв, показатели фитотоксичности, характеристики микробиоценоза, а также потенциал аборигенных штаммов микроорганизмов как деструкторов углеводородов.

2. Установлена применимость и эффективность ассоциации аборигенных штаммов микроорганизмов в детоксикации почвы от токсичного углеводородного ракетного топлива в природных условиях на площадках космодрома «Байконур».

3. Разработана технология детоксикации почв, загрязнённых углеводородным компонентом ракетного топлива в виде проекта Технологического регламента микробиологической детоксикации почв, загрязнённых углеводородным ракетным топливом, включающий разделы, описывающие: исходные материалы, средства измерений, технические и вспомогательные устройства, нормы расхода сырья, перечень нормативно-методической документации, порядок проведения детоксикации, а также требования по технике безопасности.

#### **Личный вклад соискателя**

Автор провел анализ литературных данных по изучаемой проблеме, экспериментальные лабораторные исследования в специализированных аккредитованных лабораториях и натурные исследования на площадках позиционного района космодрома «Байконур», а также анализ результатов этих исследований с написанием и оформлением рукописи диссертации.

#### **Апробация результатов диссертации**

Основные положения диссертационной работы доложены и опубликованы в материалах:

- XI-Международной научной конференции «Проблемы эволюции открытых систем «ПЭОС-2021»», посвященной 75-летию профессора Сомсикова Вячеслава Михайловича (2021, КазНУ им аль Фараби);

- Международной научно-практической конференции «Приоритеты механики и теории автоматического управления в развитии космической техники и технологий» посвящённой 75-летию юбилею профессора, академика Национальной академии наук Республики Казахстан и Национальной инженерной академии Республики Казахстан Молдабекова Мейрбека (2022, Институт механики и машиноведения имени академика У.А.Джолдасбекова).

#### **Научные публикации**

По результатам исследования опубликовано 12 печатных работ, в том числе:

- статьи в международных журналах, входящих в базу данных Scopus - 5;
- статьи, рекомендованные Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования РК (КОКСНВО РК) – 5;

- статьи, опубликованные в сборниках международных научно-практических конференциях - 2.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, которые разбиты на подразделы, выводов, заключения, списка использованных источников и приложений, содержит 195 страниц, включая 61 рисунок и 54 таблицы.

**Во введении** представлена актуальность исследовательской работы, конкретизирована исследуемая проблема. Показана основная идея, научная новизна, достоверность работы, а также апробация результатов и публикации.

**В главе I** проведен анализ мировых тенденций по методам ликвидации углеводородных загрязнений. По результатам анализа установлено, что в каждом конкретном случае рекомендовано применение комплексного подхода, сочетающего механические, физико-химические и биологические методы очистки, что обеспечивает более полное разрушение и нейтрализацию загрязняющих веществ. Влияние керосина на почвенные системы определяется региональными условиями — типом почв, климатическими особенностями, гидрологическим режимом и биологической активностью. В связи с этим для каждой почвенно-климатической зоны требуется проведение отдельных целенаправленных исследований, направленных на выявление закономерностей поведения керосина в почвенной среде и оптимизацию методов его нейтрализации с учётом местных экологических факторов.

**В главе II** приведены материалы и методы исследования для экспериментальных исследований в лабораторных и натуральных условиях. В диссертационной работе применен комплексный подход, объединяющий методики проведения почвенно-геохимических, экологических и микробиологических исследований.

**В главе III** представлены результаты исследования влияния углеводородного ракетного топлива на почвы с районов падения боковых блоков РН «Союз», были подготовлены почвенные образцы, в том числе модельный почвенный эталон для проведения экспериментальных работ, изучена стабильность углеводородного ракетного топлива – керосина в зависимости от различных типов почв и определено, что керосин более стабилен в горных бурых пустынных почвах. Исследования по миграции ракетного керосина показали, что в изученных почвах миграция сильно зависит от степени ее загрязнения. Увеличение концентрации ракетного керосина приводит к более глубокому его проникновению по профилю почвы. Данные результаты указывают на высокую миграционную подвижность ракетного керосина в почве. По результатам анализа микробиологического состава почвы, интенсивности дыхания и фитотоксичности почвы установлено, что восстановление микрофлоры песчаной пустынной почвы происходит на первые сутки, серо-бурой пустынной почвы через 10 суток. Опытная песчаная пустынная почва не является фитотоксичной через 10 суток, контрольная через 20 суток, опытная серо-бурая пустынная почва не является фитотоксичной через 20 суток, а контрольная остается фитотоксичной.

Из исследуемых почв отобранных на территориях, подверженных негативному воздействию ракетно-космической деятельности космодрома «Байконур» были выделены 30 изолятов аборигенных штаммов микроорганизмов, из них были выделены микроорганизмы (*Acinetobacter calcoaceticum*-18, *Bacillus sp.*-20, *Micrococcus roseus*-25 и *Candida sp.*-12/5), разлагающие высокие концентрации токсичного углеводородного ракетного топлива. Результаты исследования по утилизации ракетного керосина ассоциацией аборигенных штаммов микроорганизмов показали полную утилизацию ракетного керосина в почвах.

**В главе IV** представлены результаты натуральных экспериментов, выполненных на площадках, расположенных в позиционном районе космодрома «Байконур». Результаты сравнительного анализа физико-химических свойств почв до и после проведения натуральных испытаний показывают, что натурные испытания не вносят существенное изменение в физико-химический состав почвы.

На основании полученных результатов испытаний разработаны технологические условия микробиологической детоксикации почв объектов космодрома Байконур. Анализ полученных результатов показал, что работа выполнена с использованием современных методов. Сравнивая полученные результаты, можно отметить, что данная работа соответствует современным научным исследованиям в использовании ассоциации углеводородоксилирующих микроорганизмов в очистке почв, загрязненных токсичным ракетным керосином.

Проведенные натурные испытания микробиологического метода детоксикации свидетельствуют об его высокой эффективности, позволяющей оперативно ликвидировать проливы токсичного углеводородного ракетного топлива. Данный метод прост и доступен в использовании, результаты разработок могут найти практическое применение в ракетно-космической и нефтеперерабатывающей отраслях.

**В главе V** представлены исследования по разработке технологической схемы процесса микробиологической детоксикации почв, подвергшихся загрязнению углеводородным компонентом ракетного топлива, а также схемы получения сухого микробного препарата, применяемого в процессе биоремедиации. Разработанная технологическая схема детоксикации почв предусматривает поэтапный алгоритм мероприятий, направленных на восстановление экологических и биохимических свойств почвенного покрова посредством биоремедиации.

Разработана технология детоксикации почв, загрязненных углеводородным компонентом ракетного топлива в виде проекта Технологического регламента микробиологической детоксикации почв, загрязнённых углеводородным ракетным топливом, включающий разделы, описывающие: исходные материалы, средства измерений, технические и вспомогательные устройства, нормы расхода сырья, перечень нормативно-методической документации, порядок проведения детоксикации, а также требования по технике безопасности.

Для улучшения дальнейшего внедрения и применения технологии

детоксикации почв загрязненных токсичным углеводородным ракетным топливом получен сухой микробный препарат в таблеточной форме, содержащий микроорганизмы *Acinetobacter calcoaceticus* 18, *Bacillus sp.*20, *Micrococcus roseus* 25, *Candida sp.* 12/5. Получены Акты внедрения на «Технологию детоксикации почв, загрязненных углеводородным компонентом ракетного топлива» от Акционерного общества «Совместное Казахстанско–Российское предприятие «БАЙТЕРЕК», Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Российская Федерация), Филиала РГП «Инфракос» в г.Алматы Аэрокосмического комитета МЦРИАП РК и АО «ФГУП Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» (Российская Федерация).

**В заключении** отражены основные результаты и выводы по диссертационной работе.

**В приложениях приведены:** Акты внедрения на «Технологию детоксикации почв, загрязненных углеводородным компонентом ракетного топлива» и Заключения об исследовании классов опасности культур.