

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки 19.04.01 Биотехнология
 Кафедра биотехнологии и органической химии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Определение эффективности сорбции радионуклидов гибридным материалом в модельных водных средах УДК 661.183.5.081:628.34:628.518

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ41	Новикова Анастасия Леонидовна	<i>Novikova</i>	

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чубик Марианна Валериановна	к.м.н., доцент	<i>Chubik</i>	

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Елена Александровна		<i>Grakhova</i>	19.05.2018

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Рафик Равильевич	д.б.н	<i>Akhmedjanov</i>	25.05.18

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Биотехнологии и органической химии	Краснокутская Елена Александровна	д.х.н., профессор	<i>Krasnokutskaya</i>	

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



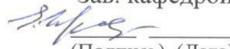
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки (специальность) - Биотехнология
Кафедра биотехнологии и органической химии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 Краснокутская Е.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ41	Новиковой Анастасии Леонидовне

Тема работы:

Определение эффективности сорбции радионуклидов гибридным материалом в модельных водных средах

Утверждена приказом директора (дата, номер) №3085\с от 25.04.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Объектом исследования является композитный сорбент на основе плесневых грибов <i>A.niger</i>, <i>P. pinophilum</i> и наноматериалов (наночастиц оксида меди, и нанотрубок диоксида титана) способный сорбировать радионуклиды в различных средах. Производство композитного сорбента экономически выгодно, т.к. его получение не требует больших затрат. Сорбент экологически безопасен т.к. состоит из экологически безопасных компонентов.</i>

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><i>Перечень разделов, разработанных в данной работе:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы 2. Экспериментальная часть 3. Результаты и обсуждение 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность 6. Заключение 7. Раздел на иностранном языке
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Грахова Е.А., ассистент кафедры МЕН
Социальная ответственность	Ахмеджанов Р.Р., профессор кафедры ЭБЖ, д.б.н.
Раздел на иностранном языке	Сумцова О.В., старший преподаватель кафедры ИЯФВТ

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Экспериментальная часть
Результаты и обсуждение

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чубик Марианна Валериановна	к.м.н.	<i>Чубик</i>	14.03.16г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ41	Новикова Анастасия Леонидовна	<i>Novikova</i>	14.05.16г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ41	Новиковой Анастасии Леонидовне

Институт	ИФВТ	Кафедра	БИОХ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Биотехнология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	При проведении исследования используется база лаборатории кафедры БИОХ НИ ТПУ и база лаборатории кафедры ГЭГХ НИ ТПУ, в исследовании задействованы 4 человека: 2 студента-исполнителя, руководитель и специалист.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Инициация научного исследования (Определение концепции проекта, Потенциальные потребители результатов исследования анализ Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, Оценка готовности научно-исследовательского проекта к коммерциализации, диаграмма Исикавы
2. Разработка устава научно-технического проекта	Разработка устава не требуется
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	-Планирование научного исследования (организационная структура проекта, определение трудоемкости выполнения работ, разработка графика проведения НИ, контрольные события научного исследования) - Формирование бюджета научного исследования
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма Исикавы
5. График проведения и бюджет НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Елена Александровна			29.04.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ41	Новикова Анастасия Леонидовна		29.04.2016

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ41	Новиковой Анастасии Леонидовне

Институт	ИФВТ	Кафедра	БИОХ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Биотехнология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Объект исследования: композитный биосорбент.</i></p> <p><i>Рабочая зона: учебно-исследовательская лаборатория биотехнологии кафедры БИОХ НИ ТПУ.</i></p> <p><i>Область применения: предприятиях горно-обогатительного комплекса, АЭС, радиохимических производствах и в металлургической промышленности.</i></p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p><i>В помещении обеспечено искусственное освещение с нормальным уровнем не ниже 300 люкс в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 (люминесцентные лампы). К вредным проявлениям факторов производственной среды относятся:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - условно-патогенные микроорганизмы: плесневые грибы <i>A.niger</i> и <i>Penicillium riporphilum</i> ГОСТ 12.1.008-76 <p><i>В ходе выполнения работы рекомендуется использовать средства индивидуальной защиты (халаты, перчатки, респираторы). К опасным проявлениям факторов производственной среды относятся:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - осколки стеклянной посуды; - оборудование, работающее под давлением; - электроприборы. <p><i>При выполнении работ с оборудованием возможно короткое замыкание электропроводок. В связи с этим вся электрическая цепь оснащена заземлительным контуром [ГОСТ 12.1.030 -81]</i></p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 	<p><i>Возможны следующие воздействия на окружающую природную среду в процессе выполнения работы и направления утилизации отходов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Контаминация воздушной среды микроорганизмами. Необходимо работать в ламинарном шкафу при включенной

<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>вентиляции и бактерицидной лампе, утилизация отработанного материала непосредственно после опыта;</p> <p>- Биологическое загрязнение водотоков в результате попадания в хозяйственно бытовую канализацию спор микроорганизмов. В связи с этим проводится стерилизация микроорганизмов и их спор</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>К чрезвычайным ситуациям относится возникновение пожара на рабочем месте. В случае возникновения ЧС предусмотрены первичные средства пожаротушения: огнетушители ОУ и ОУ-5 для тушения электрооборудования.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>- Специальные правовые нормы трудового законодательства: « Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация » (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005), Российская энциклопедия по охране труда : В 3 т.-2-е изд., перераб. И доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2007, ПНД Ф 12.13.1-03.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.05.2016
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Рафик Равильевич	д.б.н		16.04.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ41	Новикова А.Л.		16.04.2016

Планируемые результаты обучения
по ООП 19.04.01 «Биотехнология» (магистр)
профиль «Биотехнология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Профессионально эксплуатировать современные биотехнологические производства, обеспечивая их высокую эффективность и безопасность
P2	Разрабатывать и внедрять новые биотехнологические процессы и оборудование в рамках проектирования новых и усовершенствования действующих производств
P3	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в различных областях прикладной биотехнологии
<i>Универсальные компетенции</i>	
P4	Ставить и решать задачи инженерного анализа для создания инновационных биотехнологических процессов и продуктов
P5	Эффективно организовывать и участвовать в работе коллективов, в том числе международных, демонстрировать ответственность за результаты инженерной деятельности
P6	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и правовых аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P7	Постоянно повышать интеллектуальный и общекультурный уровень и профессиональную квалификацию, способствовать обучению персонала

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 106 с., 11 рис., 36 табл., 71 источник, 5 прил.

Ключевые слова: биосорбция, наночастицы, нанотрубки, плесневые грибы, биосорбент, радионуклиды, сточные воды, природные воды, уранил-ионы.

Объектом исследования является композитный сорбент на основе плесневых грибов *A.niger*, *P. pinophilum* и наноматериалов (наночастиц оксида меди, и нанотрубок диоксида титана) способный сорбировать радионуклиды в различных средах.

Цель работы – Определение эффективности сорбции радионуклидов гибридным материалом в модельных водных средах.

В процессе исследования была изучена кинетика сорбции композитным сорбентом на основе мицелия плесневых грибов *A.niger* (штамм F-894), *P. pinophilum* (штамм F-896) и наноматериалов (TiO_2 , CuO) уранил ионов из модельных растворов с заданной концентрацией.

В результате исследования была определена эффективность сорбции радионуклидов композитным сорбентом на основе плесневых грибов *A.niger* (штамм F-894), *P. pinophilum* (штамм F-896), и наноматериалов. Была исследована сорбция урана из модельных растворов уранила азотнокислого.

Область применения: экобиотехнология и охрана окружающей среды, промышленная экология.

В дальнейшем планируется исследование сорбции урана композитным сорбентом в статических и динамических условиях, при которых он будет проявлять наибольшую сорбционную способность. Нами ведется разработка способов регенерации, безопасного применения и утилизации отработанного композитного сорбента.

Оглавление

Введение	11
1. Обзор литературы	13
1.1 Токсическое действие урана на организм человека	13
1.2 Методы очистки сточных вод от радионуклидов	16
1.3 Сорбционные материалы, используемые для очистки сточных вод от радионуклидов и тяжелых металлов и их необходимые параметры	18
1.4 Виды биосорбентов	19
2. Экспериментальная часть	23
2.1 Характеристики исходных веществ и материалов	23
2.2 Получение композитного сорбента	25
2.3 Методика приготовления растворов	28
2.4 Проведение сорбции урана композитным сорбентом	28
3 Результаты и обсуждение	30
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	37
5. Социальная ответственность	62
Заключение	76
Список публикаций	78
Список использованных источников	79
Приложение А. Сертификат на нанопорошок оксида меди	86
Приложение Б. Паспорт штамма плесневых грибов <i>A.niger</i>	88
Приложение В. Паспорт штамма плесневых грибов <i>P. pinophilum</i>	89
Приложение Г. Спектрофлуориметр Флюорат-02-Панорама	90
Приложение Д. Диаграмма Исикавы	91
Приложение Ж. Разделы, выполненные на иностранном языке № 2-3	92

Список сокращений

АЭС – атомная электростанция

ГОСТ – государственный стандарт

ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент

ПДК – предельно-допустимая концентрация

ПДК_{рх} – предельно-допустимая концентрация для водоёмов
рыбохозяйственного назначения

СанПиН – санитарные правила и нормы

СНиП – строительные нормы и правила

Введение

В последние годы в связи с активным развитием атомной энергетики возникает проблема с переработкой радиоактивных отходов промышленных предприятий, лабораторий работающих с радиоактивными элементами разных концентраций превышающих ПДК (предельно-допустимые концентрации). Одним из видов отходов ядерных предприятий и энергетических установок являются сбросные радиоактивные жидкости – это значит, что основной удар загрязнения приходится на водную среду[1].

Решение проблемы загрязнения природных водоемов жидкими радиоактивными отходами состоит в разработке экологически безопасных и эффективных методов удаления радионуклидов и тяжелых металлов из загрязненных водоемов. Существуют различные методы очистки сточных и производственных вод от радионуклидов. К ним относятся физический, химический, электрохимический и физико-химический методы, а также методы очистки микробными биомассами. Но не все они решают проблему утилизации радиоактивных материалов или оказываются эффективными. В данное время используют наночастицы для очистки сточных вод от радионуклидов, которые адсорбируют загрязняющие вещества благодаря своей высокой удельной поверхности. Но существует проблема с извлечением из очищенной воды этих наночастиц с адсорбированным загрязнителем, в следствие чего возникает вторичное загрязнение воды [2].

Решением проблемы извлечения наночастиц стало их нанесение на носители, которые не сложно извлекать из очищаемой среды. В качестве таких носителей нами были выбраны плесневые грибы *Aspergillus niger* и *Penicillium pinophilum*. В качестве наноматериалов были нанотрубки диоксида титана TiO_2 и нанопорошки CuO , В процессе работы в лабораторных условиях были получены несколько видов композитных биосорбентов (*A.niger* + TiO_2 , *A.niger*+ CuO , *P. pinophilum*+ TiO_2 , *P. pinophilum*+ CuO).

Объектом исследования является композитные биосорбенты на основе плесневых грибов *A.niger* и *Penicillium pinophilum*, наноматериалов (наночастиц оксида меди, и нанотрубок диоксида титана) способные сорбировать радионуклиды в различных средах.

Целью работы является определение эффективности сорбции радионуклидов композитным биосорбентом.

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие **задачи**:

Исследование сорбционных свойств композитных биосорбентов;

Оценка финансовой эффективности проекта, ресурсоэффективности и ресурсосбережения;

Оценка производственной и экологической безопасности проекта.

Научная новизна – впервые проведено исследование кинетики сорбции из растворов урана композитными сорбентами на основе мицелия плесневых грибов и нанотрубок TiO_2 и наночастиц CuO .

1 Литературный обзор

Добыча и переработка урановых руд для ядерно-энергетических предприятий приводит к значительным количествам радиоактивных сточных вод, которые содержат тяжелые металлы в том числе и уран [3]. Разработка эффективных материалов для извлечения радионуклидов и тяжелых металлов из водных растворов актуальна в связи с важностью экологических проблем и проблем, связанных с ухудшением здоровья населения, вызванных накоплением и распространением радиоактивных загрязнений в окружающей среде.

До 80% антропогенных радиоактивных загрязнений поступает в водную среду [3], превращая её в наиболее мощное депо радионуклидов. Поэтому основная проблема в создании технологий для извлечения радионуклидов из окружающей среды заключается в изобретении материалов или методов, которые могут эффективно и безопасно выделять радиоактивные вещества из водных объектов, тем самым предотвращая действие на здоровье человека и на окружающую среду.

1.1 Токсическое действие урана на организм человека

Уран в любом виде представляет опасность для здоровья человека. Причем химическая токсичность урана представляет большую опасность, чем его радиоактивность. Уран – общеклеточный яд, поражает все органы и ткани; его действие обусловлено химической токсичностью и радиоактивностью. ПДК для растворимых соединений урана $0,015 \text{ мг/м}^3$, для нерастворимых – $0,075 \text{ мг/м}^3$ [4].

Все изотопы и составы урана являются ядовитыми, тератогенными (действуют на плод во время беременности) и радиоактивными. Уран, как известно, испускает альфа-, бета- и гамма-излучение. Альфа-излучение – наиболее опасный фактор, так как задерживается клетками ткани и приводит к изменениям на клеточном уровне. Энергетика у каждого радионуклида своя.

Непосредственную опасность уран представляет для шахтёров урановых шахт, рудников по добыче полиметаллов, угольных шахт (особенно- с бурым углем), а также для работников урановых обогатительных фабрик. Прочее население может быть подвергнуто действию урана (или дочерних продуктов его распада, например, радона) при вдыхании пыли или поглощении воды и пищи. Содержание урана в воздухе обычно очень мало, но рабочие фабрик по производству фосфорных удобрений или жители регионов вблизи предприятий по производству или испытанию ядерного оружия, жители областей, в которых в ходе военных боёв использовалось оружие с обеднённым ураном, или жители вблизи электростанций или теплоцентралей на каменном угле, урановых шахт, обогатительных фабрик и заводов по обогащению урана и производству ТВЭЛов (тепловыделяющий элемент), могут подвергаться действию урана.

Почти весь уран, попавший в организм, быстро выводится из него, но 5% поглощаются телом, если при глотании поступил растворимый уранил-ион, и лишь 0,5% – если поступила нерастворимая форма урана (его оксид). Однако растворимые соединения урана выводятся намного быстрее, чем нерастворимые. Особенно это касается поглощения лёгкими пыли. Вошедший в кровотоки уран биоаккумулируется и много лет остаётся в костях (из-за склонности образовывать фосфаты). Через кожный покров уран в организм проникнуть не может.

При большом потреблении уран поражает почки, поскольку является токсичным металлом (вне связи с его радиоактивностью, довольно слабой). Уран – репродуктивный яд. Радиологические эффекты являются локальными, из-за малого пробега α -частиц, образующихся при распаде ^{238}U . Установлено, что уранил ионы, UO^{2+} , входящих в триоксид урана, уранилнитрат или другие соединения шестивалентного урана вызывают у лабораторных животных врожденные дефекты и повреждения иммунной системы. Уран не приводит к возникновению рака у человека, но продукты его распада, особенно радон, могут вызывать онкологические заболевания. Изотопы типа ^{90}Sr , ^{90}J и других продуктов деления не возникают сами собой из урана, но они могут проникнуть

в организм человека в ходе некоторых медицинских процедур, при контакте с отработанным ядерным топливом или с выпадениями после испытания атомного оружия. Известны случаи случайной ингаляции гексафторида урана высокой концентрации, приведшие к смертям, но они не связаны с ураном как таковым. Тонко размолотый металлический уран пожароопасен из-за своей пирофорности и спонтанности малых частиц урана спонтанно загораться в воздухе даже при комнатной температуре.

Химическая токсичность соединений урана сильно колеблется в зависимости от типа вещества. На основании экспериментов, проведенных на животных, установлены следующие закономерности:

а) даже в больших дозах относительно не ядовиты: UO_2 , U_3O_8 , UF_4 (практически нерастворимые соединения), однако они могут быть опасны при вдыхании;

б) в больших дозах ядовиты: UO_3 (медленно растворяется в организме);

в) в умеренных количествах ядовиты: $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$, $\text{UO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ (растворимые соединения);

г) даже в малых дозах сильно ядовиты: UO_2F_2 , UF_6 (токсичность урана усиливается токсичностью аниона).

Таким образом, химическая токсичность урана и его соединений близка к токсичности ртути или мышьяка и их соединений. Следует отметить, что соединения уранила (например, $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ растворяются в липидах и могут проникать через неповрежденную кожу.

1.2 Методы очистки сточных вод от радионуклидов

Специфические свойства радиоактивных отходов требуют применения специальных методов переработки, которые сводятся к концентрированию отходов и рассеиванию в окружающей среде при соблюдении предельно допустимого содержания в ней радиоактивных изотопов.

Концентрированию подвергаются сточные воды высокой активности и с большим периодом полураспада радиоактивных загрязнений. После концентрирования радиоактивные отходы хранят в специальных резервуарах или переводятся в твердое состояние связывающими материалами. Применяется также сплавление отходов с керамическими материалами, стеклом, после чего полученные блоки закапывают глубоко в землю.

Обезвреживание сточных вод, содержащих радиоактивные изотопы с небольшим периодом полураспада (до 60 дней), производится в резервуарах с целью снижения радиоактивности до допустимых норм. Для отвода тепла, выделяющегося в результате естественного распада радиоактивных веществ, необходимо предусматривать водяное охлаждение резервуаров. В целях защиты от радиации над резервуарами насыпается слой земли толщиной до 3 м.

Все сточные воды, содержащие радиоактивные вещества, перед сбросом в почву или водоем подвергаются очистке.

В настоящее время существует множество методов очистки сточных вод: электролитические (электролиз, электродиализ); биологические (использование микроорганизмов, хитина грибов и насекомых); физико-химические (флотация, коагулирование, сорбция, ионообмен, экстрагирование, выпаривание).

При очистке стоков от радиоактивных изотопов способом осаждения в очищаемую воду добавляется неактивный изотоп того же элемента или другой элемент, являющийся изо - аморфным с радиоактивными микрокомпонентами. Так удаляют, например, радиоактивный ^{131}J .

Способ коагулирования с последующим осаждением применяют при наличии в воде радиоактивных коллоидов. В случае необходимости производят, кроме того, фильтрование воды. Так, например, при помощи сульфата алюминия удаляют до 96-99,6% радиоактивного ^{32}P , присутствующего в воде в виде PO_3^- . Еще лучшие результаты получаются при применении в качестве коагулянта хлорида железа.

Способ реагентного умягчения воды с применением извести и соды, широко известный в практике водоснабжения, используется для извлечения из воды до 74-84% радиоизотопов ^{89}Sr и ^{90}Sr , образующихся при делении урана. Более полное извлечение стронция может быть достигнуто способом ионного обмена.

Способ ионного обмена является эффективным методом очистки слабоактивных сточных вод, предварительно освобожденных от растворенных органических веществ на биофильтрах.

Электролитические способы находят применение для удаления из раствора некоторых продуктов деления урана в ионной форме.

Способ сорбции радиоактивных ионов на взвешенных в воде веществах или на активированном угле с последующим их осаждением является высокоэффективным: достигается удаление ^{144}Ce и плутония ^{239}Pu и урана до 99%.

Способы биологической очистки используются для обработки бытовых сточных вод, содержащих небольшие количества радиоактивных веществ. Этот способ основан на способности радиоизотопов сорбироваться на взвешенных веществах и избирательно биологически ассимилироваться биоценозами, населяющими аэротенки, биофильтры, биопруды.

Более полное извлечение радиоактивных веществ достигается на очистных станциях, работающих по схеме двухступенчатой биологической очистки. Станции очистки этих сточных вод должны быть полностью автоматизированы и герметизированы.

В числе перечисленных методов особо выделяют метод сорбентов – твердых тел или жидкостей, избирательно поглощающих из окружающей среды, растворённые в ней вещества. Благодаря тому, что этот способ привлекателен своей высокой эффективностью и является экономически выгодным, свойства многих видов сорбентов уже изучены и введены в коммерческое использование.

1.3 Материалы для сорбции радионуклидов и тяжелых металлов из сточных вод

Для извлечения радионуклидов из водных сред широко применяются различные сорбционные материалы: природные и синтетические ионообменники, комплексообразующие, модифицированные, композиционные сорбенты, а также биологические сорбенты.

Неорганические сорбенты, используемые для переработки жидких радиоактивных отходов, имеют некоторые преимущества перед синтетическими органическими ионообменниками. Они обладают высокой химической и радиационной устойчивостью и проявляют селективность к некоторым радионуклидам при их сорбции из водных сред [5].

Помимо селективности сорбционные материалы должны обеспечивать высокую скорость извлечения веществ. В последнее время все больше используются сорбенты волокнистой структуры, обладающие лучшими кинетическими свойствами по сравнению с традиционными гранульными сорбентами.

При выборе сорбционного материала необходимо учитывать устойчивость сорбента в водных средах, а также такие факторы, как простота получения сорбента, доступность и стоимость используемых для синтеза материалов [1].

В общем случае, синтетические сорбенты должны отвечать следующим требованиям [4-21]:

1) Необратимая и перманентная адсорбция для захвата радиоактивных катионов в сорбент во избежание вторичного загрязнения;

2) Селективная сорбция. Очень важно, чтобы синтетические сорбенты обладали селективностью к поглощению радиоактивных ионов, даже если эти ионы присутствуют в следовых количествах, и концентрация других, нерадиоактивных, ионов, находящихся в загрязненной воде, значительно превышает концентрацию радиоактивных катионов;

3) Высокая стабильность. Сорбенты должны быть устойчивыми к радиации, химикатам и температуре, а также механически устойчивыми;

4) Практическое применение и низкая стоимость. Простота использования и стоимость также являются важными факторами при выборе сорбирующего материала для извлечения радиоактивных ионов из природных вод.

В данное время в связи с большими техногенными авариями (Чернобыль, Фукусима) появляется все больше и больше работ связанных с очисткой водных сред от радионуклидов и тяжелых металлов биологическими материалами. Данное направление является перспективным и интересным с точки зрения удобства эксплуатации и низкой стоимости данного вида сорбентов.

1.4 Виды биосорбентов

Использование биомассы водорослей в качестве биосорбента показано в работах [32,41,42]. В этих исследованиях приводятся доводы в пользу водорослей ввиду их неприхотливости в питании и размножении. Большие количества биоматериала водорослей позволяет их широко использовать в технологических процессах для регионов их произрастания, в первую очередь стран морских и океанических побережий. Извлечение ионов свинца сухой биомассой зеленых водорослей *Chlorella vulgaris* в диапазоне его концентраций

25–200 мг/л описывается в работе [43]. Изучены влияние рН, температуры и начальной концентрации ионов свинца на сорбционный процесс, описываемый уравнением изотермы Фрейндлиха. Голан и Волеский (Holan Z. & Volesky B.) [32] исследовали биосорбцию ионов тяжелых металлов морскими водорослями в мультиметаллической системе Ni–Pb. Подобные исследования были проведены в [44] с бурыми морскими водорослями *Ascophyllum nodosum*. Используя бинарную систему Cu-Zn, Cu-Cd, Zn-Cd этими исследователями было показано, что каждый металл ингибирует сорбцию другого. В работах [45–47] было установлено, что бурые водоросли *Sargassum* sp. обладают способностью извлекать из водных растворов ионы меди (1,08 ммоль/г), Cr (1,3 ммоль/г), а *Ectocarpus* – Ni (II) [48]. Киран (Kiran B.) и др. [49] сделали сообщение, что извлечение Cr(VI) из водных растворов водорослями *Lyngbya putealis* штамм НН-15 наблюдалось в диапазоне рН 2,0–10,0. Максимум биосорбции наблюдался при рН=3 при начальной концентрации хромат-иона 50 мг/л и достигал 94,8 %, а в присутствии 0,2 % посторонних солей снизился до 90,1 %. Наиболее представительные обзоры по применению различных типов водорослей в качестве биосорбентов тяжелых металлов приведены в [34,39].

Исследователи из Мичиганского университета [13] вывели новый штамм бактерий, которые могли бы быть использованы для эффективной переработки ядерных материалов и очистки местности, зараженной радиоактивными отходами и другими тяжелыми металлами. У бактерий, как обнаружили ученые, ключевую роль катализатора в нейтрализации радиоактивных ионов выполняют крошечные нанопроводники, волоски, густо покрывающие бактериальную оболочку. Эти нанопроводники выполняют защитную функцию, а значит, содержат хитин и хитозан. Бактерий вида *Geobacter* подверглись ряду генетических изменений, направленных на выведение микроорганизмов, более густо покрытых нанопроводниками, чем отличались от их предшественников естественного происхождения. Оказалось, что эффективность переработки ядерных отходов этими бактериями прямо зависит от количества нанопроводников на поверхности бактериальной оболочки.

Японскими учеными [14] было проведено масштабное исследование с использованием 83 видов микроорганизмов: 20 видов актиномицетов, 15 видов дрожжей, 16 видов плесневых грибов и 20 видов 32 видов бактерий. Работа заключалась в исследовании селективной сорбции ионов тяжелых металлов из водных систем.

В результате исследования было выяснено, что количество адсорбированных тяжелых металлов различается для разных видов микроорганизмов, как и способность к селективному поглощению того или иного иона металла.

Было доказано, что бактерии, актиномицеты и дрожжи имеют выраженную зависимость между способностью поглощать уран из раствора, содержащего только уран, и их способностью к селективному поглощению урана. *Streptomyces viridochromogenes*, *Bacillus subtilis*, *Penicillium lilacinum*, *Pseudomonas saccharophilia*, *Pseudomonas stutzeri*, *Actinomyces flavoviridis*, *Streptomyces obiraceus*, *Neurospora sitophila* и *Penicillium chrysogenum* показали наиболее высокую способность к поглощению урана. Хотя некоторые организмы показали способность накапливать большое количество урана из раствора, содержащего только уран, но селективная адсорбция из раствора смеси 9 ионов металлов, по сравнению с остальными микроорганизмами, низкая.

Дрожжи показали наихудший результат в адсорбционной способности. Среди актиномицетов имеется самое большое число видов с высокой способностью к сорбции урана. Самые эффективные, с точки зрения накопления ионов урана, микроорганизмы сорбировали до 90 мг урана на 1 грамм микробной биомассы (сухого веса) в течение 1 часа.

Марганец, кобальт, никель, медь, цинк, кадмий, ртуть, свинец и уран были взяты в равных концентрациях, для поведения эксперимента по скорости накопления ионов тяжелых металлов микроорганизмами. Ионы цинка, марганца, кобальта, никеля и кадмия сорбировались микроорганизмами в низких количествах. В результате исследования было выяснено, что уран,

ртуть, свинец поглощаются клетками плесеней, бактерий и актиномицетов быстрее, чем ионы других металлов. С другой стороны, зависимость между поглощением урана и адсорбцией ртути не одинакова для всех групп микроорганизмов. Почти для всех видов бактерий и дрожжей количество адсорбированной ртути выше, чем урана, а для плесеней и актиномицетов количество накопленной ртути меньше, чем урана.

Разница в результатах среди разных видов микроскопических грибов может быть объяснена тем, что процентное содержание хитина и хитозана в плесневых грибах и актиномицетах варьируется в зависимости от видов плесеней, возраста, штамма.

Преимущества сорбции и десорбции урана из водных систем микроорганизмами:

- производство микробиологических масс дешевое;
- скорость накопления урана достаточно высока, 2 часа;
- легкая утилизация микроорганизмов;
- растущие и мертвые клетки также имеют способность сорбировать уран;
- микробные клетки имеют высокую адсорбционную способность;
- микробные клетки могут селективно накапливать уран;

2. Экспериментальная часть

2.1. Описание используемых материалов и растворов

В качестве одной из составляющей композита, использовали коммерческие нанопорошки оксида меди и оксида титана. Данные порошки были получены методом электрического взрыва медного проводника в атмосфере воздуха. Средний размер частиц 45 нм (таблица 2.1). Порошки производятся на российском предприятии ООО «Передовые порошковые технологии».

Описание порошка оксида меди: Отдельные частицы порошка образуют микроагломераты. Насыпная плотность около 2,2 г/см³. Удельная поверхность, измеренная методом БЭТ 15 - 20 м²/г. Средний размер частиц 45 нм. Порошок оксида меди находит применение в материаловедении. Микроагломераты разбиваются ультразвуковой лабораторной установкой на отдельные частицы, что увеличивает их удельную поверхность, и как следствие их степень сорбции. Сертификат на нанопорошок оксида меди находится в приложении А.

Таблица 2.1 – Характеристика наноматериалов [50]

Наименование нанопорошка	Внешний вид	Химическая формула	Химический состав, % масс.	Среднеарифметический размер частиц, нм	Удельная поверхность, м ² /г
Нанопорошок оксида меди	Черные частицы, без запаха	<i>CuO</i>	<i>CuO</i> не менее 98, других элементов - не более 0,05	50-80	15-20
Нанотрубки диоксида титана	Частицы белого цвета, имеет структуру нановолокон	<i>TiO₂</i>	<i>TiO₂</i> не менее 98, других элементов - не более 0,05	-	100

Так как существуют предположения о том, что при осаждении нанотрубок металлов на поверхность мицелия, сорбционная способность

композитного материала увеличится, также появится возможность более легкого извлечения данного композитного сорбента из раствора. Исходя из вышеизложенных предположений, были культивированы грибы рода *Aspergillus niger* и *Penicillium pinophilum* с нанотрубками оксидов титана и наночастицами оксида меди.

В качестве носителей наночастиц использовались плесневые грибы из рода *Aspergillus*, так как они являются одними из наиболее широко распространенных в природе и обладают устойчивостью к воздействию факторов внешней среды [51]. *Aspergillus niger* – низшие грибы рода *Aspergillus* относятся к царству Грибов (*Fungi*), отделу *Ascomycota*. Это широко распространенный сапрофит. Вегетативное тело данных грибов - очень ветвистый мицелий, пронизывающий субстрат. Иногда развивается и обильный воздушный мицелий[52].

В исследовании был использован штамм F-894 плесневых грибов *Asp.niger* (Приложение Б).

Так же как носитель нами был выбран плесневый гриб *Penicillium pinophilum*, он устойчив к изменениям среды (температуры, pH). Обладает высокой способностью к адаптации в различных условиях. Штаммы гриба использовали как первый в истории источник антибиотика пенициллина. Естественное местообитание плесневелых грибов *Penicillium pinophilum* – верхние слои почвы. Пенициллы часто можно увидеть в виде зеленого или голубого плесневого налета на разнообразных субстратах, в основном, растительных [53].

В исследовании был использован штамм F-896 плесневых грибов *Penicillium pinophilum* (Приложение В).

Для культивации плесневых грибов была выбрана питательная среда (ГРМ-9 САБУРО сухой) состав которой представлен в таблице 2.1.2.

Таблица 2.2 - Состав питательной среды "Питательный бульон сухой (ГРМ-бульон)"

Компонент среды	Содержание, г/л
Панкреатический гидролизат рыбной муки	8,0
Пептон ферментативный	8,0
Натрия хлорид	4,0

2.2. Получение композитного сорбента

Исследования проводились в учебно-научной биотехнологической лаборатории кафедры БИОХ ИФВТ ТПУ. Лаборатория оснащена необходимым специальным оборудованием, которое позволяет создать благоприятные условия для культивирования плесневых грибов и проведения экспериментов.

Для проведения работ в биотехнологической лаборатории требуется специальное оборудование, обеспечивающее определенный уровень стерильности. Для предотвращения попадания посторонних микроорганизмов в питательную среду все работы проводились в ламинарном шкафу с вертикальным потоком воздуха (1 класс биологической безопасности) серии «Клиника – 573».

Вентиляция ламинарного шкафа забирает воздух из помещения, стерилизуя его (проводя через бактериальные фильтры), затем происходит равномерная, вертикальная подача воздуха в рабочую камеру, после чего воздух удаляется через входное окно. Чистота воздуха в камере Ламинарного шкафа соответствует классу чистоты Р6 (1000).

Технические характеристики [54]:

Таблица 2.2.1 – Технические характеристики канального вентилятора KV 250 L Kanalflakt

Наибольший расход воздуха, м ³ /час	1005
Частота вращения, об/мин	2645
Потребляемый ток, А	0,84
Потребляемая мощность, Вт	180
Уровень звукового давления 3 м, дБ (А)	46
Наибольшее давление воздуха, Па	480

Таблица 2.2.2 – Технические характеристики фильтров тонкой очистки воздуха (тип ФТОВ НЕРА)

Класс фильтра по ГОСТ Р 51251-99	H-13
Производительность, м ³ /час	20-4000
Сопротивление конечное	420
Сопротивление начальное	140
Эффективность очистки по частицам 0,3 мкм	99,95-99,9995%

В ламинарном шкафу установлен бактерицидный облучатель типа УФО-А44-1x15 с источником облучения TUV 15W. Мощность Бактерицидного облучателя, Вт 15.

Для приготовления питательной среды была взята навеска порошка питательной среды (ГРМ-9) 20 г, которую размешивали в 1 л дистиллированной воды, кипятили в течение 3 мин, после чего фильтровали через бумажный фильтр, затем разливали по 100,0 мл в стерильные колбы и стерилизовали автоклавированием при температуре 121 °С в течение 15 минут.

В колбы с ГРМ-бульоном (рН 7,2) объемом 250 мл были помещены споры грибов *A. niger* и споры *Penicillium pinophilum* при помощи петли Пастера, при включенном ультрафиолетовом излучении. Петля Пастера предварительно была прокалена докрасна во избежание попадания чужеродных микроорганизмов. Культивирование проводилось в термостате суховоздушном при температуре 37 °С в течение 24 часов. Главное предназначение термостата суховоздушного это проведения

бактериологических и серологических исследований в лабораториях клиник, научно-исследовательских институтах.

После 24 часов культивирования в термостате наблюдалось образование белой пленки на поверхности питательной среды как у *P. pinophilum* так и у *A. niger*. Затем помещенные на шейкер колбы инкубировали при постоянном перемешивании (350 об/мин) в течение 6 суток. Полученный мицелий плесневых грибов очищали от пленки, содержащей черные споры у *A. Niger* и темно зеленые у *P.pinophilum*. Затем мицелий промывали дистиллированной водой (Рис1).



Рисунок 1 – Мицелий *P. pinophilum* и *A.niger* инкубированный на шейкере в течении 6 суток.

В пластиковые пробирки вместимостью 10 мл добавляли навески нанопорошков TiO_2, CuO по 0,01г каждого, затем прилили 5 мл дистиллированной воды. Диспергирование нанопорошков проводили, при помощи ультразвуковой ванны в растворе дистиллированной воды. В ультразвуковую ванну поместили пластиковые пробирки с полученными суспензиями. Диспергировав нанопорошок, мы разбили микроагломераты, увеличив удельную поверхность наночастиц, что положительно сказалось на степени сорбции композитного сорбента.

В колбы вместимостью 100 мл добавляли по 40 мл дистиллированной воды, и 0,01 г диспергированного нанопорошка (TiO_2, CuO). Затем в каждую

колбу помещали по 1 г чистого мицелия (влажного веса), закрывали колбы ватно-марлевыми пробками и помещали на шейкер, при 350 об/мин в течение 24 часов. Влажный мицелий – в обоих случаях представлял собой кремовую волокнистую структуру, очищенную от спор.

Перед работой проводилась стерилизация посуды (колб, скальпелей, щипцов), для этого посуду заворачивали в бумагу и помещали в автоклав «Tuttnauer», модель 2340МК. Главное предназначение автоклава это стерилизация инструментов, материалов и жидкостей, питательных сред, медицинских отходов в лабораториях. Принцип работы автоклава основан на способности насыщенного пара быстро и глубоко проникать в стерилизуемые предметы, способствуя равномерному их прогреву.

По завершении микробиологических работ, отходы питательной среды были утилизированы, посуда проавтоклавирована. Место работы обработано изопропиловым спиртом.

2.3 Методика приготовления растворов

Водные растворы солей $UO_2(NO_3)_2$, для проведения сорбции композитным сорбентом готовили растворением навески 10 г вышеуказанной соли марки «хч» в 1л дистиллированной воды. Для изучения изотерм адсорбции из растворов данных солей, методом последовательного объемного разбавления исходного раствора, готовили серию растворов заданного состава.

2.4 Проведение сорбции урана композитным сорбентом

Исследование сорбционных свойств проводилось путем изучения процесса поглощения урана полученными композиционными биосорбентами. Сорбцию урана проводили при комнатной температуре с использованием серии модельных растворов урана. Растворы готовили путем растворения соли уранила азотокислого $UO_2(NO_3)_2$ в дистиллированной воде. Навеску сорбента

помещали в раствор с известной концентрацией урана и выдерживали 24 часа. По окончании процесса сорбции сорбенты отделяли от растворов и определяли концентрацию уранил-ионов в растворе после сорбции на спектрофлуориметре Флюорат-02-Панорама (Приложение Г).

Метод измерений массовой концентрации урана основан на явлении замедленной флуоресценции уранил-ионов при их возбуждении ультрафиолетовым излучением в присутствии полисиликата натрия. Массовая концентрация урана в растворе вычисляется автоматически при помощи градуировочной характеристики, заложенной в память анализатора «Флюорат-02-2М». Измерения проводились в лаборатории микроэлементного анализа МИНОЦ «Урановая геология» кафедры ГЭГХ ТПУ.

В отобранные пробы добавляли по 5 мл дистиллированной воды и 1 мл полисиликата натрия, затем пробы встряхивали и ожидали 2 минуты. Затем включали анализатор «Флюорат-02-2М» первой измеряли пробу модельного раствора с известной концентрации урана и по ней настраивали анализатор. После этого брали чистую кювету, приливали в нее 3 мл исследуемого раствора и ставили в анализатор, каждую пробу измеряли по 5 раз.

Сорбционную способность оценивали с помощью определения степени сорбции (показателя относительной сорбции) [55]:

$$S = \frac{C_{нач} - C_{кон}}{C_{нач}} \cdot 100 (\%), \quad (3.1)$$

где $C_{нач}$ и $C_{кон}$ - начальная и конечная концентрации урана, мг/л.

Для моделирования зависимости степени сорбции использовалась программа MS Excel.

4. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной научно-исследовательской работе проводится анализ эффективности сорбции радионуклидов гибридным материалом из модельных водных сред.

Целью данного раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности, целесообразности проведения научного исследования с точки зрения ресурсоэффективности.

В задачи раздела входит:

- определение концепции научного исследования (Инициация научного исследования),
- планирование научного исследования,
- расчет бюджета научного исследования,
- определение ресурсоэффективности научного исследования.

4.1. Инициация научного исследования

Данное научное исследование направлено на изучение эффективности, кинетики и динамики сорбции радионуклидов различными видами гибридных материалов из модельных водных сред с разными концентрациями радионуклидов.

Основные цели и результаты научного исследования представлены в таблице 4.1.1

Таблица 4.1.1 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка эффективного и экологически безопасного композитного сорбента
Ожидаемые результаты проекта:	Получение высокоэффективного, недорогого и экологически безопасного композитного сорбента
Критерии приемки результата проекта:	Оценка эффективности композитного сорбента

Требования к результату проекта:	Требование:
	Высокая эффективность композитного сорбента
	Дешевизна композитного сорбента
	Экологичность

Таблица 4.1.2 – Заинтересованные стороны научного исследования

Заинтересованные стороны НИ	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	<ul style="list-style-type: none"> - результаты экспериментальных испытаний образца; - разработка научно-технической документации и проекта технического задания на опытно-конструкторские работы; - удовлетворение требований потенциального заказчика проекта; - принятый комиссией экспериментальный образец разработки; - протоколы приёмочных испытаний и акты приёмки опытного образца (макета) разработки; - расчеты экономической эффективности использования результатов разработки; - Расчет и обоснование экологической безопасности создаваемого продукта; - Создание полного плана эксплуатации образца вплоть до утилизации сорбента; - Предоставление необходимой конструкторской и технологической документации по изготовлению экспериментального образца - Внедрение образца в производство, подгон образца для каждого производства индивидуально; - Предложение способов утилизации отработанных фильтров.

Таблица 4.1.3 – Заинтересованные стороны научного исследования

Заинтересованные стороны НИ	Ожидания заинтересованных сторон
Магистр	Исследование полученных сорбентов
Научный руководитель	Руководство над проектом
Заказчик	Получение результата

К выполнению научного исследования были привлечены:

- Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» лаборатория кафедры биотехнологии и органической химии г. Томск (основной исполнитель),
- Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» лаборатория кафедры геоэкологии и геохимии г. Томск,
- Колледж физики Цилинского университета (КНР).

Потенциальные потребители результатов исследования

В связи с ухудшением экологического состояния окружающей среды, вызванной производственно-хозяйственной деятельностью человека, возникает необходимость разработки высокоэффективных, экологически безопасных и экономически выгодных методов для очистки природной среды от загрязнений. Нашей научной группой разрабатывается один из высокоэффективных и экологически безопасных композитных биосорбентов используемых для очистки водных сред от радионуклидов и тяжелых металлов.

Сегментирование рынка потребителей данной разработки проведено на основе двух факторов: предприятий, использующих и занимающихся переработкой тяжелых металлов и радиоактивных веществ, отходов, образуемых в результате деятельности этих предприятий и возможность использования композитного сорбента для доочистки различных вод от

радионуклидов и тяжелых металлов, как на производстве, так и в домашних условиях.

На рисунке 4.1.1 приведены основные виды водных сред, для которых может применяться разработанный нами композитный биосорбент.

		Промышленные сточные воды	Хозяйственно-питьевые воды
Вид загрязнений	Радионуклиды	▨	
	Тяжелые металлы	▣	▨

Рисунок 4.1.1 – Карта сегментирования водных сред в которых возможно использование потребителями сорбента:



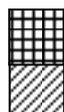
- преобладающие загрязнители

- загрязнители, присутствующие в относительно малом количестве

На рисунке 4.1.2 приведены основные группы предприятий, являющихся потенциальными потребителями разработанного в данном исследовании композитного биосорбента.

		Предприятия			
		АЭС	ГОК	Металлургическая промышленность	Радиохимическое производство
Вид отходов	Радионуклиды	▣	▣	▣	▣
	Тяжелые металлы	▨	▣	▣	▨

Рисунок 4.1.2 – Карта сегментирования рынка потребителей сорбента:



- преобладающие отходы

- отходы, образуемые в относительно малом количестве

Из таблицы видно, что разработанный биосорбент предназначенный для извлечения радионуклидов и тяжелых металлов может быть использован на предприятиях горно-обогатительного комплекса, АЭС, радиохимических

производствах и в металлургической промышленности. Стоит отметить, что композитный биосорбент так же может применяться для доочистки как и промышленных вод, так и для хозяйственно-питьевых вод, в которых могут находиться различные концентрации загрязнителей.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

С целью выявления конкурентоспособности нашей разработки проанализированы сильные и слабые стороны используемых в данное время технологий для очистки водной среды от радионуклидов и тяжелых металлов.

На данный момент в производстве используются различные методы для очистки сточных вод. Основные это химические (К1), электролитические методы (К2).

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (4.1.2.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Детальный анализ конкурирующих методов проведен с помощью оценочной карты и представлен в таблице 4.1.2.1.

Таблица 4.1.2.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_c	B_{K1}	B_{K2}	K_c	K_{K1}	K_{K2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,20	5,00	4,00	4,00	1,00	0,80	0,80
2. Энергоэкономичность	0,20	5,00	4,00	2,00	1,00	0,80	0,40
3. Надежность	0,15	4,00	4,00	5,00	0,60	0,60	0,75
4. Экологичность	0,20	5,00	3,00	2,00	1,00	0,60	0,40

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,10	4,00	2,00	3,00	0,40	0,20	0,30
2. Цена	0,15	4,00	3,00	2,00	0,60	0,45	0,30
Итого	1,00	27,00	20,00	18,00	4,60	3,45	2,95

Из таблицы следует, что композитный биосорбент является конкурентно способным. Это связано с тем, что сорбент в составе фильтра будет удобен в эксплуатации, так как сорбент после поглощения загрязнителей можно заменить на другой фильтр, а первый отправить на десорбцию затем можно использовать его снова. Так же в составе сорбента используются экономически не затратные и экологически безопасные компоненты. К примеру, один из важных компонентов сорбента – мицелий плесневых грибов является отходом производства лимонной кислоты. Если мы совместим два сегмента производств, то получим еще и ресурсоэффективный метод очистки сточных вод от радионуклидов и тяжелых металлов.

Диаграмма Исикавы

Если на предприятии имеется проблема, необходимо выявить и проанализировать причины ее возникновения, а также пути устранения. Существует графический метод анализа причин проблемы и последующего графического представления – диаграмма Исикавы.

В нашем исследовании выявлена проблема, связанная с повышением эффективности сорбента. В силу некоторых причин полученный нами образец сорбента не был эффективен в полном объеме. Для выявления факторов, влияющих на объект анализа, был использован прием 4М:

- персонал (Manpower);
- оборудование (Machine);
- материалы(Material);
- Условия (Conditions)

Причинно-следственная диаграмма Исикавы для данного случая приложение Д. Как видно из диаграммы, было выявлено 4 фактора приводящих к проблеме понижения эффективности сорбента: условия, материалы,

оборудование и персонал. Одной из важных проблем является несоблюдение стерильности в проведении экспериментов, вследствие чего заражаются культуры *A. niger* и *P. pinophilum*. Другая проблема связана с оборудованием, шейкер способен работать только при 100 оборотах в минуту, когда для полноценного роста мицелия плесневых грибов необходимо 350 оборотов в минуту, так же невозможно поддерживать температурный режим, так как в системе шейкера не предусмотрен нагревательный элемент. Самой важной проблемой для сборки сорбента является работа диспергатора, нано частицы диспергируются не достаточно хорошо, а в следствие часть нано частиц оседает на дне колбы, а часть на мицелий, что приводит к уменьшению толщины слоя нано частиц на мицелии, а следствие к снижению эффективности работы композитного биосорбента.

Оценка готовности научно-исследовательского проекта к коммерциализации

Оценка готовности проекта к коммерциализации готовности научно-исследовательского проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (4.1.2.2)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;
 B_i – балл по i -му показателю.

Таблица 4.1.2.2 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического раздела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	4
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
16.	ИТОГО БАЛЛОВ	48	52

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Вывод: Разработанный в данной работе биосорбент предназначенный для извлечения радионуклидов и тяжелых металлов может быть использован на предприятиях горно-обогатительного комплекса, АЭС, радиохимических производствах и в металлургической промышленности. Стоит отметить, что композитный биосорбент так же может применяться для доочистки как и промышленных вод, так и для хозяйственно-питьевых вод, в которых могут находиться различные концентрации загрязнителей. По результатам оценки готовности научного проекта к коммерциализации можно сделать вывод о том, что перспективность разработки на среднем уровне. Необходимо изучение научной группой основ бизнес – планирования и более глубокого изучения маркетинговой системы. Так же следует изучить авторское право и основы патентования.

Композитный биосорбент является конкурентно способным. Это связано с тем, что сорбент в составе фильтра будет удобен в эксплуатации, так как сорбент после поглощения загрязнителей можно заменить на другой фильтр, а первый отправить на десорбцию затем можно использовать его снова. Так же в составе сорбента используются экономически не затратные и экологически безопасные компоненты. К примеру, один из важных компонентов сорбента – мицелий плесневых грибов является отходом производства лимонной кислоты. Если мы совместим два сегмента производств, то получим еще и ресурсоэффективный метод очистки сточных вод от радионуклидов и тяжелых металлов.

4.2 Планирование научного исследования

4.2.1. Организационная структура НИ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Рабочая группа научного исследования и функции исполнителей указаны в таблице 4.2.1.1

Таблица 4.2.1.1 Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1	Новикова А.Л	магистрант	Исследование полученных сорбентов	290
2	Васильева М.М.	Исполнитель по проекту	Исследование полученных сорбентов	290
3	Третьяков А.Н.	Эксперт проекта	специалист, обладающий компетенциями	100
4	Чубик М.В.	Куратор проекта	специалист, обладающий компетенциями	190
5	Чубик М.П.	Руководитель проекта	отвечает за реализацию проекта	100
ИТОГО:				970

Иерархическая структура работ НИ

В дальнейшем проводится структурирование научного исследования. На рисунке 4.2.1.1 представлена иерархическая структура работ по исследованию о разработке композитного биосорбента.

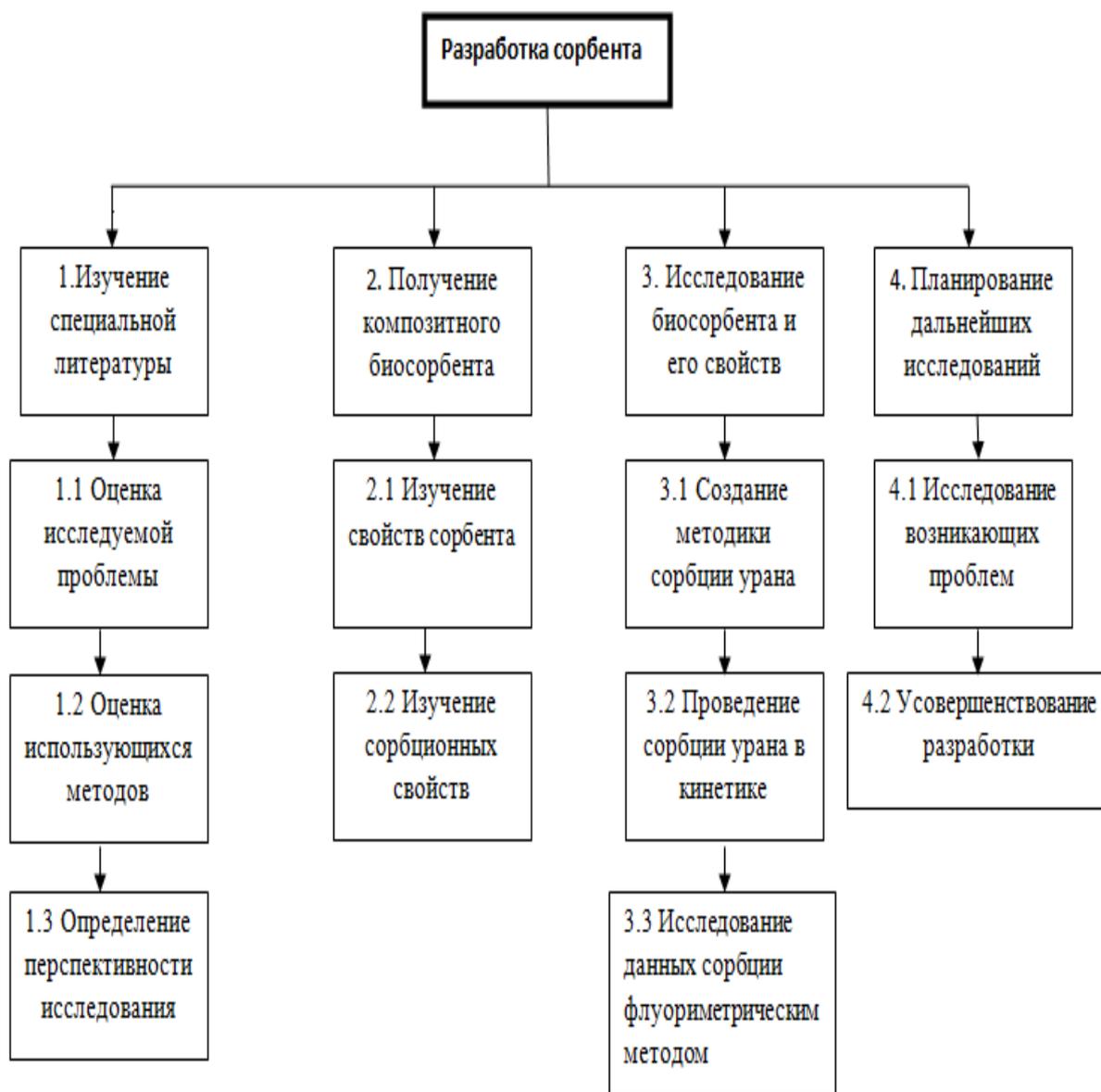


Рисунок 4.2.1.1 - Иерархическая структура работ

Определив структуру намечаемых работ, между специалистами распределяются обязанности и раздаются задания, затем обозначаются сроки работы и сроки подведения промежуточных итогов.

Контрольные события НИ

Участниками научного исследования определяются ключевые события проекта, их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти дни.

Таблица 4.2.1.2 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Изучение задания	02.2016	-
1.1	Выбор направления исследования		
2	Поиск научно-технической литературы	02.2016	Изучение специальной литературы
2.1	Разбор литературных источников		
3	Подготовка эксперимента	03.2016	Методики подготовки материалов; получения сорбента; исследования сорбента флуориметрическим методом ; Методы оценки эффективности сорбента
4	Получение композитного сорбента	03.2016	Композитный сорбентом на основе плесневых грибов <i>A.niger</i> , <i>P. pinophilum</i> и наноматериалов (наночастиц оксида меди, и нанотрубок диоксида титана)
4.1	Культивирование плесневых грибов		
4.2	Выделение мицелия		
4.3	Осаждение наночастиц на мицелии грибов		
5	Исследование свойств сорбента	04.2016	Проведения сорбции урана;
6	Оформление результатов	04.2016	Построение графиков, таблиц; Заключение об эффективности сорбента; Экспериментальная часть научно исследовательской работы
7	Написание НИ отчета	05.2016	Основные разделы отчета

После описания контрольных событий проекта научной группой составляется подробный календарный план исследования. Календарный план научного исследования представлен в таблице 4.2.1.3

Таблица 4.2.1.3 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО)
1.1	Разработка технического задания	2	18.02.16	20.02.16	Новикова А.Л.
1.2	Оценка используемых методик в производстве	5	20.02.16	25.02.16	Новикова А.Л.
1.3	Подготовка эксперимента	2	25.02.16	27.02.16	Новикова А.Л., Васильева М.М., Чубик М.В.
2.1	Изучение свойств сорбента	10	27.02.16	7.03.16	Новикова А.Л.
2.2	Создание сорбента	21	7.03.16	27.03.16	Новикова А.Л., Васильева М.М.
3.1	Составление методики сорбции урана	2	27.03.16	29.03.16	Новикова А.Л.
3.2	Проведение сорбции урана в кинетике	15	29.03.16	5.04.16	Новикова А.Л.
3.3	Исследование данных сорбции флуориметрическим методом	10	5.04.16	15.04.16	Новикова А.Л.
4.1	Исследование возникающих проблем в ходе экспериментальных работ	5	15.04.16	20.04.16	Чубик М.В., Третьяков А.Н., Новикова А.Л., Васильева М.М.
4.2	Сдача результатов НТИ	10	20.04.16	30.04.16	Новикова А.Л., Васильева М.М., Чубик М.В.
Итого:		82	18.02.16	30.04.16	

Таблица 4.2.1.4 – Календарный план-график проведения НИ

ИСР	Вид работ	Исполнители	Т, кал, дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1.1	Разработка технического задания	Руководитель, магистр	2	■												
1.2	Оценка используемых в производстве методик;	магистр	5		■											
1.3	Подготовка эксперимента	Руководитель, магистр	2													
2.1	Изучение свойств сорбента	магистр	10		■	■										
2.2	Создание сорбента	магистр	21			■	■	■								
3.1	Составление методики сорбции урана	магистр	2					■								
3.2	Проведение сорбции урана в кинетике	магистр	15					■	■							
3.3	Исследование данных сорбции флуориметрическим методом		10						■							
4.1	Обсуждение полученных данных	Руководитель, магистр	5							■	■					
4.2	Сдача результатов НИ		10								■	■				

□ – руководитель

■ – дипломник

Вывод: В данной части исследования было определено общее количество трудозатрат и составило 970 часов, также были определены сроки исполнения проекта 82 дня, далее были определены сроки контрольных событий научного исследования.

4.3. Бюджет научного исследования

4.3.1. Расчет материальных затрат

В данном разделе размещена информация о стоимости всех материалов, используемых для выполнения научного исследования. Материальные затраты, необходимые для данного исследования занесены в таблицу 4.3.1.1.

Таблица 4.3.1.1 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Кол-во, Грамм	Цена за единицу, руб. за грамм	Сумма, руб.
Нано порошок оксида меди	20 нм	100	600	6000,00
Нано порошок диоксида титана	20нм	100	840	8 400,00
Питательная среда	Сабуро сухой	250	16,8	4200
Колба круглодонная	К-3-250-34	10	103.75	1030
Чашка Петри	150*15 мм	5	18	90
Перчатки медицинские стерильные	270-280 мм	40 пар в коробке	18,75	750
Цилиндр стеклянный	100 мм	3	15	45
Стакан стеклянный	1 литр	5	70	350
Стакан стеклянный	20 мл	5	50	250
Бумажные фильтры	10 см	1	50	50
Всего за материалы				21165,00
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				2116,50
Итого по статье C_m				23281,50

Материальные затраты представленные в таблице рассчитаны на 1 год работы, для завершения научно исследовательского проекта необходимо как минимум еще года 2.

4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данном разделе представлена информация о уже имеющемся в лаборатории оборудовании, используемом в данном научном исследовании.

Таблица 4.3.2.1 - Специальное оборудование для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Срок службы оборудования, год	Общая стоимость оборудования с учетом доставки и монтажа	Сумма амортизационных отчислений за 4 года, руб.
1.	Шкаф вытяжной	1	52070	20	59880	1734,96
2.	Шкаф ГП-40-ОХ ПЗ Сушильный	1	22944	15	26385	764,48
3.	Шкаф холодильный - морозильный MPR414F	1	145371	15	167176	4843,60
4.	Автоклав-полуавтоматический TuT-2340 МК 19л	1	104500	8	120175	3482,00
5.	Весы аналитические AS/310/C/2	1	57260	5	65849	1907,60
6.	Дистиллятор Д-4	1	18230	8	20964	607,20
7.	Термостат ТС1-20	1	16500	10	18975	549,76
8.	Ультразвуковая лабораторная установка ИЛ100-6/2	1	121 380,00	6	133518	4044
9.	Спектрофлюориметр Флюорат-02-Панорама	1	413 472,00	10	475492,8	12776,88
10.	Холодильник лабораторный Liebherr LKv 3910	1	56 779,66	15	6529,85	1891,60
	Итого	-	1008506	-	1159781,9	32602,30

При применении линейного метода сумма начисленной амортизации за один месяц определяется по формуле (4.3.2.1) как произведение первоначальной стоимости объекта основных средств и соответствующей нормы амортизации, которая определяется по формуле (4.3.2.2):

$$A = C \cdot K, \quad (4.3.2.1)$$

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100\% \quad (4.3.2.2)$$

где A – сумма амортизационных отчислений в месяц;

C – первоначальная стоимость объекта амортизации;

K – норма амортизации в процентах к первоначальной стоимости объекта;

n – срок полезного использования объекта (в месяцах).

Пример расчета амортизации Спектрофлуориметра Флюорат-02-Панорама. Стоимость объекта основных средств составляет 413 472,00 рублей. В соответствии с классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы [52], объект отнесен к пятой амортизационной группе со сроком полезного использования свыше 7-х лет до 10-ти лет включительно. Срок полезного использования установлен 10 лет.

Годовая норма амортизации $K = \frac{1}{10 \cdot 12} \cdot 100\% = 0,83\%$.

Ежемесячная сумма амортизации $A = \frac{413472 \cdot 0,83}{100} = 3431,44$ рублей.

Ежегодная сумма амортизационных отчислений составляет $3431,44 \cdot 12 = 41177,28$ рублей.

Аналогично проводится расчет для всего оборудования. Сумма амортизационных отчислений учитывается за время проведения научного исследования - 4 года. Результаты расчета приведены в таблице 4.3.2.1.

4.3.3 Основная заработная плата

Раздел включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату. Расчет заработной платы представлен в таблице 4.3.4.1.

Таблица 4.3.4.1 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1.	Разбор литературных источников	Руководитель	2	3250	6500
2.	Подготовка эксперимента	Инженер	2	100	2000
3.	Получение сорбента	Инженер	30	833,34	25000
4.	Исследование свойств сорбента	Инженер	21	900	18900
5.	Оформление результатов	Руководитель	7	200	14000
6	Написание магистерской диссертации	Инженер	15	933,34	1400
Итого:80400					

Таблица 4.3.4.2 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	71	71
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	28	30
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	266	264

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.3.4.1)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 4.3.4.3 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	21459	1,3	27617,73	1150,73	9	10356,57
Инженер	18900	1,3	24324,30	1013,51	68	68918,68

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.3.4.4)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (4.3.4.5)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты.

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются по формуле:

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (4.3.4.6)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 4.3.4.4 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	10356,57	68918,68
Дополнительная зарплата	1294,57	8614,83
Зарплата исполнителя	11651,14	77533,69
Отчисления во внебюджетные фонды	3145,80	20934,09
Итого по статье $C_{зп}$	89184,83	

За исследования особенностей сорбции из различных поллютантов композитными сорбентами на основе плесневых грибов *A.niger* и *P. pinophilum* и наноматериалов (наночастиц оксида меди, и нанотрубок диоксида титана), ученые должны были получить 89184,83 рублей.

Таблица 4.3.4.5 – Группировка затрат по статьям

Статьи	Вид работ					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Сырье, материалы покупные изделия и полуфабрикаты, руб.	23281,50					
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, руб.	1008506					
Основная заработная плата, руб.	6500	2000	25000	18900	14000	1400
Дополнительная заработная плата, руб.	877,50	270	3375	2551,50	1890	189
Отчисления на социальные нужды, руб.	1999,30	615,17	7689,62	5813,35	4306,19	430,61
Научные и производственные командировки, руб.	633,20	104,0	2700,0	3722,0	2108,1	120,0
Итого:	1244628,82 руб.					

Вывод: За исследования особенностей сорбции из различных поллютантов композитными сорбентами на основе плесневых грибов *A.niger* и *P. pinophilum* и наноматериалов (наночастиц оксида меди, и нанотрубок диоксида титана), ученые должны были получить 89184,83 рублей. Основная заработная плата для руководителя и исполнителя составила 80400 рублей.

Таким образом, бюджет НТИ составил 1 244 628,82 руб. При этом, себестоимость реализации данной научно-исследовательской работы всего – 236 122,82 рубля (за счет ранее полученного гранта РФИ).

4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), экономической эффективности исследования

4.4.1. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (4.4.1.1)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$\Phi_{p1} = 1008506 + 23281,50 = 1031787,50 \text{ руб.}$$

$$\Phi_{p2} = \Phi_{\text{max}} = 2700620,00 + 250000 = 2950620,00 \text{ руб.}$$

$$\Phi_{p3} = 1800000 + 250000 = 2050000,00 \text{ руб.}$$

Где Φ_{p1} – композитный биосорбент;

Φ_{p2} – химический метод очистки;

Φ_{p3} – электролитический метод очистки.

$$I^{исн.1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{max}} = \frac{1031787,50}{2950620,00} = 0,34$$

$$I^{исн.2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{max}} = \frac{2950620,00}{2950620,00} = 1$$

$$I^{исн.3} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{max}} = \frac{2050000,00}{2950620,00} = 0,69$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.4.1.2)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

$$I_{p1} = 0,2*5+0,1*5+0,3*5+0,2*5+0,2*4=4,8$$

$$I_{p2} = 0,2*3+0,1*4+0,3*5+0,2*4+0,2*5=4,3$$

$$I_{p3} = 0,2*3+0,1*5+0,3*5+0,2*4+0,2*4=4,2$$

Таблица 4.4.1.1 – Оценка характеристик вариантов исполнения научного исследования

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Биосорбент	Химические методы	Электролитические методы
1. Использование высокотехнологичных методов молекулярной биологии производительности труда пользователя	0,2	5	3	3
2. Модель исследования	0,1	5	4	5
3. Надежность	0,3	5	5	5
4. Конкурентоспособность продукта	0,2	5	4	5
5. Финансирование научной разработки	0,2	4	4	4
ИТОГО	0,2	5	5	5

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}} \quad (4.4.1.3)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,8}{0,34} = 14$$

$$I_{исп2} = \frac{4,3}{1} = 4,3$$

$$I_{исп3} = \frac{4,2}{0,69} = 6$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность научного исследования и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность указана в таблице 4.4.1.2.

Таблица 4.4.1.2–Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Сорбент	Химический метод	Электр олит метод
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,34	1	0,69
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	4,3	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	14	4,3	6

Вывод: из приведенных расчетов выявлено, что данное научное исследование по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги.

Таким образом, в разделе ВКР "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение" было:

1) Проведен анализ потенциальных потребителей и сегментирование рынка. Разработанный в данной работе биосорбент предназначенный для извлечения радионуклидов и тяжелых металлов может быть использован на предприятиях горно-обогатительного комплекса, АЭС, радиохимических производствах и в металлургической промышленности. Стоит отметить, что композитный биосорбент так же может применяться для доочистки как и промышленных вод, так и для хозяйственно-питьевых вод, в которых могут находиться различные концентрации загрязнителей. То есть рынок для данного внедрения продукта достаточно велик.

2) Исследована готовность проекта к коммерциализации. По результатам оценки готовности научного проекта к коммерциализации можно сделать вывод о том, что перспективность разработки на среднем уровне. Необходимо изучение научной группой основ бизнес – планирования и более глубокого изучения маркетинговой системы. Так же следует изучить авторское право и основы патентования.

3) Осуществлено планирование НТИ. Определены контрольных событий научного исследования, общее количество трудозатрат и составило 970 часов, сроки исполнения проекта - 82 рабочих дня.

4) Бюджет НТИ составил 1 244 628,82 руб. При этом, себестоимость реализации данной научно-исследовательской работы всего – 236 122,82 рубля (за счет ранее полученного гранта РФФИ, в рамках которого было закуплено все необходимое оборудование для рассматриваемого НТИ).

5) Основным преимуществом проекта по сравнению с другими, заключается в его экологичности, все используемых компоненты не токсичны, мицелий плесневелых грибов *A.niger* и *P. pinophilum* обработан так, чтобы было невозможно спорообразование. Наночастицы оксида меди имеют III класс опасности, нанотрубки диоксида титана имеют IV класс опасности.

Список публикаций

N п/п	Наименование работы, ее вид	Форма работы	Выходные данные	Объем с.	Соавторы
1	2	3	4	5	6
1	Композитный биосорбент и его использование для очистки загрязненных вод от радионуклидов	Эл.	Сборник Тезисов Всероссийской школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Материалы и технологии XXI века»/ Отв. ред. А.В. Герасимов.[Электронный ресурс] – Казань.: Изд-во КФУ, 2014. С 289.	1	
2	Получение композитного биосорбента для очистки водной среды	Эл.	Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ. Том 1\ Юргинский технологический институт – Томск Изд-во Томского политехнического университета . С162-165. 2015	3	
3.	Композитный биосорбент и его использование для очистки загрязненных вод от радионуклидов	Эл.	Сборник трудов Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва\ ТПУ – Томск Изд-во Томского политехнического университета . С 479-480. 2016	2	