

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



Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 19.04.01 Биотехнология, профиль Биотехнология
 Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии сорбции солей урана с использованием композитных биоматериалов

УДК 661.879.1.081

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ61	Буянкина Алина Сегреевна		15.05.2018

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Чубик М. В.	К.М.Н.		18.05.2018

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына З.В.	к.т.н., доцент		22.05.2018

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Ахмеджанов Р.Р.	Д.б.н., профессор		26.05.18

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ Н.М. Кижнера	Потапов А.С.	Д.х.н., профессор		1.06.18

Томск – 2018г.

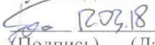
Планируемые результаты обучения
по ООП 19.04.01 «Биотехнология» (магистр)
профиль «Биотехнология»

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

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



Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 19.04.01 Биотехнология, профиль Биотехнология
 Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 02.03.18 Потапов А. С.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

 (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ61	Буянкиной Алине Сергеевне

Тема работы:

Разработка технологии сорбции солей урана с использованием композитных биоматериалов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1531/с от 06.03.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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></p>	<p><i>Объектом исследования являются композитные биоматериалы на основе плесневых грибов и наночастиц железа, способные сорбировать ионы урана из водных сред. Создание композитного сорбента выгодно, т.к. не требует больших затрат.</i></p>
---	--

<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>	<ul style="list-style-type: none"> • Обзор литературы • Объект и методы исследования • Результаты исследования • Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение • Социальная ответственность • Заключение
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>35 таблиц, 15 рисунков</p>
--	-------------------------------

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницына З.В., доцент ОСГН, к.т.н.
Социальная ответственность	Ахмеджанов Р.Р., профессор ОКД, Д. б. н.

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Объект и методы исследования • Результаты проведенного исследования

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>29.01.2018 г.</p>
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Чубик М. В.	к.м.н.	<i>Чубик</i>	30.06.18

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ61	Буянкина А. С.	<i>[Подпись]</i>	30.06.18

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ61	Буянкина Алина Сергеевна

Институт	физики высоких технологий	Кафедра	биотехнологии и органической химии
Уровень образования	магистр	Направление	19.04.01 Биотехнология


Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Сегментирование рынка</i>	
2. <i>Диаграмма Исикавы</i>	
3. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>	
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	18.03.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Криницына Э.В.	к.т.н., доцент		18.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ61	Буянкина Алина Сергеевна		18.03.2018

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ДМ61	Буянкина Алина Сергеевна

Институт	ИФВТ	Кафедра	БИОХ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	19.04.01 Биотехнология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Объектом исследования является композитный сорбент, состоящий из наночастиц оксида железа и мицелия плесневых грибов рода <i>A.niger</i>, <i>P. piniphilium</i>, <i>Micor</i>. Композитный сорбент исследуется на способность поглощать радиоактивные металлы из водных сред.</i></p> <p><i>Сорбент является экологически безопасным и не оказывает пагубного воздействия на человека (приложение 1).</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); <p>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)</p>	<p><i>Вредные факторы производственной среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - вредные вещества: уранил азотнокислый, нанопорошки оксида железа, изопропиловый спирт; - условно-патогенные микроорганизмы: плесневые грибы <i>A.niger</i>, <i>P. piniphilium</i>, <i>Micor</i>; - недостаток естественного освещения, повышенная температура поверхностей оборудования; <p><i>Опасные проявления факторов производственной среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Повышенная температура поверхностей оборудования; - оборудование, работающее под давлением; <p><i>Пожаробезопасность</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - разлив легко воспламеняющейся жидкости; <p><i>Электробезопасность</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи Неужели? - Раствор уранила азотнокислый – 3 класс опасности – разлив, попадание внутрь
<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); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 	<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 вентиляции и бактерицидной лампе, утилизация отработанного материала


разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	<i>непосредственно после опыта; - Биологическое загрязнение водотоков в результате попадания в хозяйственно бытовую канализацию спор микроорганизмов. В связи с этим проводится стерилизация микроорганизмов и их спор.</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <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.	<i>К чрезвычайным ситуациям относится возникновение пожара на рабочем месте в результате разлива ЛВЖ, облив химикатами, ожог кислотами, электротравма, взрыв оборудования, работающее под давлением (автоклав паровой), термический ожог</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <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. 	<i>В случае возникновения ЧС предусмотрены первичные средства пожаротушения: огнетушители ОУ и ОУ-5 для тушения электрооборудования.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Д.б.н.		17.03.18

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ61	Буянкина Алина Сергеевна		16.03.2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа – 109 с., 15 рис., 35 табл., 82 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: радионуклиды, композитный биосорбент, наночастицы, плесневый грибок, биосорбция, десорбция, уранил-ионы. сточные воды, промышленные воды,

Объектом исследования является композитный сорбент на основе плесневых грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и наночастиц Fe_3O_4 , способный сорбировать радионуклиды из водных сред.

Цель работы – исследование сорбции радиоактивных ионов из водных сред с помощью композитного биосорбента, содержащего разные виды плесневых грибов и разработка установки для очистки сточной воды в промышленных условиях.

Область применения: биотехнология, охрана окружающей среды.

Исследуемый нами сорбент конкурентноспособен по сравнению с другими технологиями извлечения урана из водных сред. Он более удобен в эксплуатации, не наносит вреда окружающей среде, так как после работы легко извлекается из открытых водоемов. Предлагаемый композитный сорбент можно регенерировать, и после чего использовать многократно.

Список сокращений

ГОСТ – государственный стандарт

АЭС – атомная электростанция

ЛВЖ - легко воспламеняющиеся жидкости

ГН – государственный норматив

СанПиН – санитарные правила и нормы

ПДК – предельно-допустимая концентрация

СНиП – строительные нормы и правила

ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент

СО - социальная ответственность

ЧС - чрезвычайная ситуация

УЗ – диспергация – ультразвуковая диспергация

ЭЧ – экономическая часть

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	14
1. Обзор литературы	16
1.1. Современные исследования способов удаления ионов радиоактивных металлов из водных сред	16
1.2. Механизм сорбции хитином	21
1.3. Наноматериалы оксида железа	23
1.4. Радиоактивные элементы, опасные для окружающей среды	27
2. Объекты и методы исследования	31
2.1. Методика приготовления питательной среды Сабуро	31
2.2. Культивирование микроорганизмов	31
2.3. Нанопорошок Fe_3O_4	32
2.4. УЗ – диспергация нанопорошка	32
2.5. Осаждение нанопорошка на мицелии плесневых грибов	32
2.6. Уранил азотнокислый $UO_2(NO_3)_2$	32
2.7. Сорбция урана	33
2.8. Десорбция композитного биосорбента раствором гидрокарбоната натрия	33
2.9. Повторная сорбция ионов урана	33
3. Результаты исследования	35
3.1 Сорбционные характеристики материалов	35

3.2 Анализ сорбции ионов урана плесневыми грибами <i>A. niger</i> при различных условиях	36
3.3. Анализ сорбции ионов урана лиофильно высушенными композитными биосорбентами	40
3.4 Десорбция лиофильно высушенных композитных биосорбентов	41
3.5. Построение изотермы сорбции ионов урана композитным сорбентом	41
3. 6. Создание установки для очистки сточных вод от ионов урана в промышленных условиях	47
4. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
4.1.Предпроектный анализ	48
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	48
4.1.2 Диаграмма Исикавы	49
4.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации	50
4.1.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	52
4.2 Инициация проекта	53
4.2.1 Цели и результаты проекта	53
4.2.2 Организованная структура проекта	54
4.2.3. Ограничения и допущения проекта	55
4.3 . Планирование управления научно-техническим проектом	56
4.3.1 План проекта	56

4.3.2 Бюджет научного исследования	56
4.3.3 Основная заработная плата	58
4.3.4 Дополнительная заработная плата	61
4.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	63
5. Социальная ответственность	68
5.1 Производственная безопасность	68
5.1.1 Анализ вредных факторов, которые может создать объект исследования, обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)	68
5.1.2 Анализ опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований, и меры безопасности.	72
5.1.2.1 Электробезопасность	73
5.1.2.2 Пожарная безопасность	74
5.2 Экологическая безопасность	76
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
5.3.1 Пожарная и взрывная безопасность	77
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	79
Выводы	83
Список использованных источников	85
Список публикаций	93
Приложение А. Паспорт штамма плесневых грибов A.niger	95

Приложение Б. Заключение о качестве препарата ГРМ-бульон	96
Приложение В. Разделы, выполненные на иностранном языке № 2-3	97

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире в связи с развитием атомной индустрии экологические проблемы становятся проблемами глобального масштаба. В связи с тем, что тяжелые и радиоактивные металлы имеют возможность накапливаться во всей пищевой цепи и, следовательно, в организме человека, загрязнения водных объектов неорганическими и органическими веществами являются одними из самых важных проблем охраны окружающей среды.

Известно, что при добыче и переработке руд образуются жидкие радиоактивные отходы, которые представлены следующими основными видами: технологическая вода, шахтная вода, растворы выщелачивания, поверхностный сток (вода, образующаяся в результате стекания атмосферных осадков с технологической зоны предприятия). Поэтому в настоящее время одной из актуальных международных экологических задач является очистка воды от солей тяжелых и радиоактивных металлов до нормативов, предусмотренных действующими стандартами для питьевой воды. Ионы урана являются одними из самых распространенных отходов атомной промышленности. Уран и его соединения опасны для здоровья человека, так как они обладают не только химической токсичностью, но и радиоактивностью. Предельно допустимая концентрация (ПДК) для растворимых соединений урана составляет 0,1 мг/л, уран относят к первому классу опасности [1].

В связи с этим актуален вопрос разработки и исследования сорбента, способного эффективно поглощать ионы тяжелых и радиоактивных металлов и при этом иметь относительно низкую стоимость.

Цель работы: Исследование сорбции радиоактивных ионов из водных сред с помощью композитного биосорбента, содержащего разные виды плесневых грибов и разработка установки для очистки сточной воды в промышленных условиях.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи:**

1. Получение новых сорбционных материалов на основе лиофильно высушенных композитных сорбентов и определение оптимальных условий сорбционного извлечения ионов урана из сточных вод;
2. Определение параметров десорбции уранил-ионов с поверхности композитного биосорбента;
3. Построение изотермы сорбции ионов урана из модельных растворов с помощью композитного биосорбента;
4. Подбор установки для очистки воды от ионов урана в промышленных условиях;
5. Оценка экономической эффективности и экологической безопасности технологии сорбции солей урана с использованием композитных биоматериалов.

Объектом исследования являются композитные биосорбенты на основе влажного и лиофильно высушенного мицелия плесневых грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и наночастиц Fe_3O_4 .

Научная новизна – впервые проведено исследование сорбции и десорбции ионов урана с помощью композитного биосорбента на основе влажного и лиофильно высушенного мицелия плесневых грибов вида *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и наночастиц железа.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Современные исследования способов удаления ионов радиоактивных металлов из водных сред

Выбор нужных методов и материалов для очистки сточной и производственной воды является весьма сложной задачей, которая должна учитывать такие факторы, как эффективность и стандарты качества, простота эксплуатации, а также экологическая безопасность и стоимость.

В настоящее время в качестве лучших технологий очистки водных сред от ионов урана считаются следующие технологии: ионный обмен, адсорбция, обратный осмос, фильтрация и коагуляция. Но до сих пор адсорбция считается наиболее легким и экономически выгодным методом, поэтому сейчас ведется множество исследований по созданию высокоэффективных сорбентов [2].

На способность к сорбции ионов урана $U(VI)$ из водных сред были протестированы наночастицы титана. Ученные обнаружили, что высокая сорбционная способность по отношению к $U(VI)$ объясняется присутствием функциональных групп $-ONa$, расположенных на внутренней поверхности наночастиц. Ключевой механизм сорбции заключается в ионном обмене между ионами Na^+ и катионами урана. Химическая формула наночастиц титана до сорбции – $Na_{0,92}H_{1,08}Ti_3O_7 \times 1,18H_2O$ после сорбции $U(VI)$ превращается в $(UO_2)_{0,58}(OH)_{0,70}Na_{0,16}H_{1,38}Ti_3O_7 \times 1,18H_2O$ [3].

Наночастицы титана также хорошо удаляют различные и широко распространенные тяжелые и радиоактивные металлы, такие как свинец (Pb), кадмий (Cd), медь (Cu), ртуть (Hg), хром (Cr), таллий (Tl) и мышьяк (As), (Sr(II)), барий (Ba(II)) и цезий (Cs(I)). Ионный обмен между целевыми металлами и заменяемыми ионами Na^+/H^+ также считается основным механизмом сорбции [4, 5].

Несмотря на высокие показатели сорбции, наночастицы титана не выгодны в экономическом плане, т.к. являются весьма дорогостоящими.

Также, мы предполагаем, что трудности возникают при извлечении наночастиц из раствора. Ученные стараются найти простой, эффективный, экономически выгодный и экологически безопасный метод удаления ионов радиоактивных и тяжелых металлов из водных сред.

Биосорбция удовлетворяет всем вышеперечисленным критериям, ее смело можно использовать в качестве потенциальной альтернативы для очистки водных сред от промышленных отходов. Существует множество натуральных адсорбентов, например морские водоросли, бактерии, грибы, и т. д. Клеточные стенки биомассы состоят в основном из белков, полисахаридов, липидов, полифосфатов и некоторых неорганических ионов. Хитин также является составной частью клеточных стенок [6].

Механизм биосорбции тяжелых и радиоактивных металлов является сложным процессом. Поверхность биоматериала состоит из различных функциональных групп, таких как, амидная ($-\text{NH}_2$), гидроксидная ($-\text{OH}$), карбоксильная ($-\text{COO}^-$), тиольная ($-\text{SH}$), фосфатная (PO_4^{3-}), и т.д., которые отвечают за связывание органических или неорганических ионов. Чаще всего, функциональные группы, участвующие в процессе связывания, находятся в клеточных стенках. Биосорбция основана на физико-химических взаимодействиях, таких как электростатическое притяжение, ионный обмен, хелатирование ионов металлов и комплексообразование между загрязняющими соединениями и функциональными группами, присутствующими на клеточной поверхности [7].

Ученные из университета Глазго также проводили исследования в этой области. В качестве биосорбентов они использовали различные сельскохозяйственные отходы – шелуха от риса, скорлупа орехов, черешки хлопка, отруби пшеницы и риса, жмых сахарного тростника, [8], апельсиновые корки [9], косточки оливок [10], пшеницу [11], отходы от чая [12], солому и кору деревьев [13]. Ученные показали, что данные материалы обладают потенциалом для поглощения радиоактивных ионов, но эффективность их мала, так как они обладают невысокой степенью сорбции.

Новейшим исследованием в области биоочистки воды от ионов тяжелых металлов является использование в качестве биосорбентов пекарских дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*). Исследования проводились с использованием как живой, так и убитой биомассы дрожжей, полученной путем автоклавирования при температуре 121°C. Причем механизмы сорбции ионов урана принципиально разные (Рис.1.1). Если при биосорбции живыми клетками дрожжей сорбция идет метаболически зависимым путем (активный транспорт), то в случае мертвых клеток происходит метаболически независимый путь (пассивная диффузия). Ученные показали, что после автоклавирования биомассы степень сорбции значительно увеличивается. Это связано с тем, что белки, нуклеиновые кислоты и другие макромолекулы деформируются и частично разрушаются. Таким образом в клеточной стенке образуются микропоры, что способствует увеличению поверхности сорбции, что приводит к увеличению сорбционной способности материала [14].

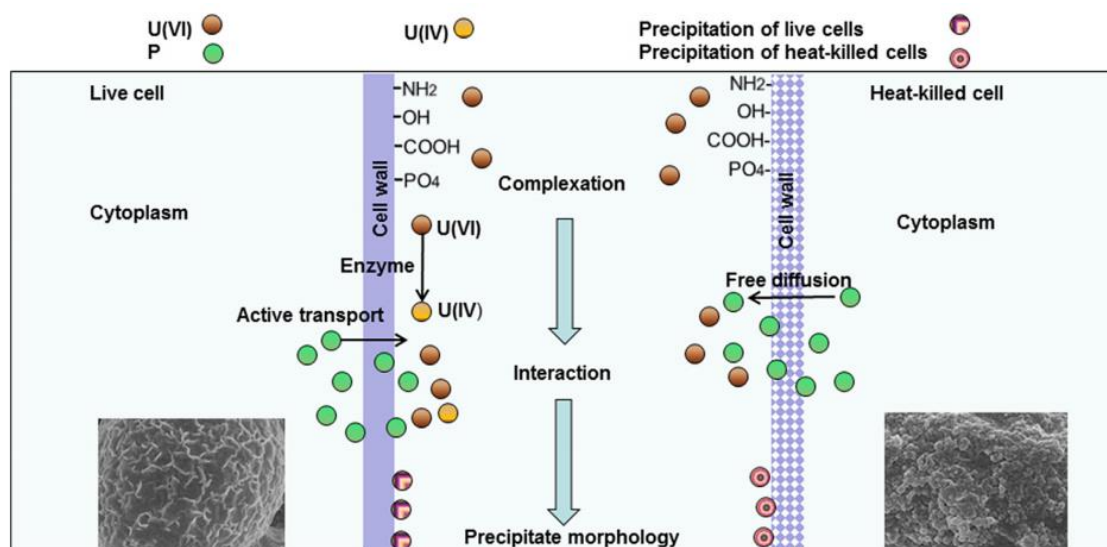


Рисунок 1.1 – Различные механизмы сорбции ионов урана живыми и мертвыми клетками дрожжей [14]

Среди различных биоматериалов, изученных в биосорбции вредных соединений, водоросли привлекли больше внимания в связи с их низкой стоимостью и чувствительностью к экологическим факторам [15]. Они часто используются для сорбции ионов металлов. Среди трех групп водорослей (красный, зеленый, бурый) бурые водоросли привлекли наибольшее

внимание, поскольку они имеют лучшую способность к поглощению загрязняющих веществ по сравнению с зелеными и красными водорослями. Это связано с наличием альгината, который присутствует в форме геля в клеточных стенках бурых водорослей. Их макроскопическая структура также предлагает удобную базу для производства частиц биосорбента, пригодных для применения в сорбции [16].

Иранские ученые [17] проводили десорбцию урана с помощью различных десорбентов: 0,1 М соляной кислоты (HCl), 0,1 М уксусной кислоты (CH₃COOH), 0,1 М хлорида кальция (CaCl₂) и 0,1 М хлорида натрия (NaCl). Наилучший результат, среди десорбентов уранил-ионов, показала одномолярная соляная кислота (78%). Десорбция происходила благодаря замене катионов урана, на местах связывания сорбента (водоросли *Cystoseira indica*) с уранил-ионом на H⁺.

Эксперименты по биосорбции обычно проводят в диапазоне температур 20 - 35°C. В этих условиях, кажется, температура незначительно влияет на процесс биосорбции. Однако, согласно исследованиям некоторых ученых, существуют исключения [17,18]. Температура может повлиять на взаимодействие между биосорбентом и ионами загрязняющих веществ, как правило, как влияя на стабильность ионов в растворе, так и на комплекс загрязнитель-сорбент.

Исследуя систему биомасса-загрязнитель, можно наблюдать влияние температуры на один из ее компонентов. В некоторых случаях повышение температуры приводит к увеличению биосорбционной емкости биомассы, а в других случаях можно наблюдать противоположный эффект.

Было исследовано влияние температуры водной фазы на поглощение фторид ионов биосорбентом, при пяти различных температурах (10, 20, 30, 40 и 50 °C) [19]. Обнаружено увеличение сорбционной емкости с ростом температуры от 10 до 50°C. В этом случае процесс биосорбции был эндотермическим. Увеличение сорбции при увеличении температуры было обусловлено либо увеличением числа активных центров на поверхности, или

уменьшением толщины пограничного слоя, окружающего сорбент. Несмотря на то, что некоторые исследователи связывают увеличение сорбции при высоких температурах с увеличением поверхностной активности и кинетической энергии вещества, при более высоких температурах следует ожидать физического повреждение биомассы [20].

Однако учеными было проведено исследование влияния температуры на биосорбцию мышьяка (As (III)) биомассой водорослей (*Maugeotia genuiflexa*), которое показало, что повышение температуры приводит к снижению биосорбционной емкости биомассы. При увеличении температуры с 20 до 50°C биосорбция снизилась с 96% до 60%. Эти результаты показывают экзотермический характер биосорбции As(III) на данной биомассе [21]. Аналогичные результаты были получены для биомассы *Cladophora hutchinsiae* при поглощении селена (Se(IV)). Это снижение эффективности биосорбции было связано с такими параметрами, как увеличение склонности ионов металлов к переходу из твердой фазы в объемную фазу и разрушение некоторых активных участков на поверхности биомассы вследствие разрывов связей [22]. Таким образом, процесс биосорбции желательно проводить при комнатной температуре, так как данное условие легко воспроизвести.

В биосорбции основным веществом, сорбирующим радиоактивные и тяжелые металлы, является хитин. Из всех вышеперечисленных биосорбентов, по нашему мнению, наиболее выгодным являются плесневые грибы. Они обладают высокой степенью сорбции по отношению к ионам тяжелых металлов, а также, в отличие от бактерий и дрожжей, их легко удалить из очищенной воды.

1.2 Механизм сорбции хитином

Способность плесневых грибов сорбировать ионы металлов объясняется содержанием в их стенках высокой концентрацией хитина (рисунок 1.2). Материалы из природных биополимеров на основе хитина и хитозана, имеют в своей структуре несколько функциональных групп, позволяющих поглощать ионы тяжелых и радиоактивных металлов с высокой эффективностью [23, 24].

Клеточные стенки плесневых грибов состоят в основном из полисахаридов, белков, липидов, полифосфатов и неорганических ионов. Жесткость клеточным стенкам этих организмов придает хитин. Как и в целлюлозе, хитин состоит из одинаковых молекул сахара – гексозы, но, в отличие от клетчатки, в его составе есть аминный азот. Структура хитина представлена на рисунке 1.2.

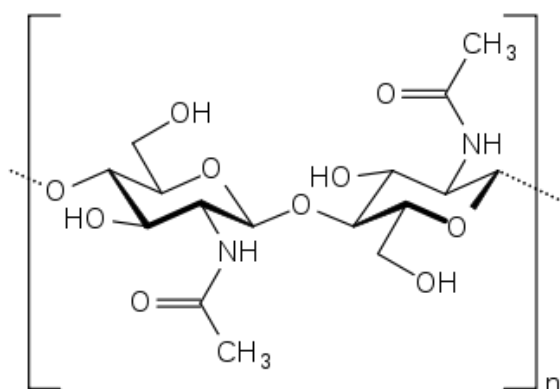
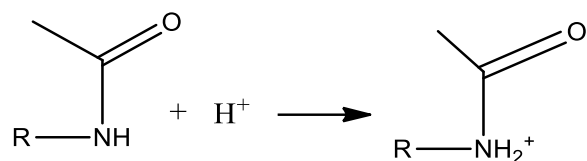


Рисунок 1.2 – Структура хитина [25]

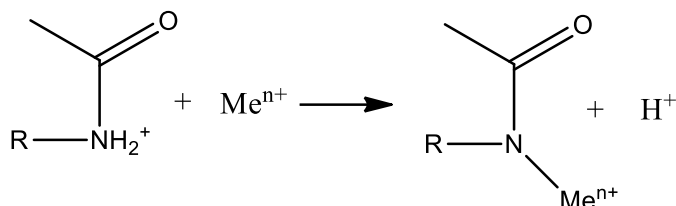
Основной механизм сорбции у хитина - это образование хелатов, поэтому он способен связывать практически все тяжелые и радиоактивные металлы. При этом хитин индифферентен к легким металлам, таким элементам, как кальций, калий, натрий, магний и др. [26].

Хитин является слабым основанием, это вызвано наличием у него аминогрупп. Величина pK_a для хитина находится в области 6-7. Согласно указанным свойствам, процесс сорбции ионов металлов из водных сред хитином может быть следующим:

- 1) Хитин в водных растворах существует в протонированной форме, возникающей в соответствии с равновесием:



- 2) При взаимодействии хитина с ионами металлов хелатный комплекс образуется в результате реакции:



Главные преимущества сорбции и десорбции урана из водных систем с помощью грибного хитина:

- по сравнению с другими организмами, которые продуцируют хитин, грибы имеют самую высокую скорость роста, а также являются весьма неприхотливыми организмами;
- грибную биомассу возможно выращивать в промышленных масштабах;
- производство микробиологических масс дешевое;
- производство хитина с помощью грибов безопасно в экологическом отношении;
- скорость сорбции урана достаточно высока;
- легкая утилизация отработанного биосорбента;
- способностью сорбировать уран обладают как растущая, так и мертвая биомасса грибов;
- хитин имеет высокую адсорбционную способность;
- хитин плесневых грибов может селективно накапливать уран;
- по сравнению с другими биосорбентами у грибов содержание хитина намного выше [26, 27].

1.3 Наноматериалы оксида железа

В природе оксид железа существует в разных формах. Наиболее распространенными формами являются магнетит (Fe_3O_4), маггемит ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) и гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) [28, 29]. В последние годы, широко изучены синтезы и применения наноматериалов оксида железа с новыми свойствами и функциями, в силу их размера, находящегося в нанодиапазоне, высокой удельной поверхности и суперпарамагнетизма [30,31]. В частности, относительно простой синтез и модификация, а также возможность контролировать или манипулировать материей на атомном уровне, может обеспечить непревзойденную универсальность [32, 33]. Кроме того, наноматериалы оксида железа с низкой токсичностью, химической инертностью и биосовместимостью, в сочетании с биотехнологией сулят огромный потенциал [34, 35, 36].

Магнетизм является уникальным физическим свойством, что, безусловно, помогает в очистке воды, влияя на физические свойства загрязняющих веществ в воде. Поэтому процедура адсорбции в комбинации с магнитной сепарацией широко используется в водоподготовке. Наноматериалы оксида железа перспективны в промышленном масштабе очистки сточных вод, в связи с их низкой стоимостью, высокой способностью к адсорбции, легкостью разделения и стабильностью. Способность наноматериалов оксида железа в удалении загрязнений была продемонстрирована на лабораторных и полевых испытаниях [37].

Магнитные наноматериалы оксида железа способны очищать большой объем сточных вод, а также удобны для магнитной сепарации. Они являются наиболее перспективными материалами для удаления тяжелых и радиоактивных металлов [38, 50, 51, 52]. В исследовании, проведенном Нассаром, было установлено, что максимальная емкость адсорбции для ионов Pb^{2+} на наночастицах Fe_3O_4 была 36,0 мг/г, которая была намного выше, чем у зарегистрированных недорогих адсорбентов [39].

Однако, одним из наиболее важных управляемых поверхностных явлений в водной среде – агрегацией, вызванной высокой удельной площадью поверхности наноматериала, можно контролировать ряд важных экологических процессов, в том числе поглощение ионов [40]. Кроме агрегации, многочисленные взаимодействия, происходящие в сточных водах, также влияют на адсорбцию металлов. Например, фосфаты могут хорошо адсорбироваться и также могут составить конкуренцию металлам при адсорбции из-за их высокой концентрации в сточных водах [41]. Таким образом, упомянутые выше факторы, а также виды загрязняющих веществ, могут ограничить эффективность наносорбентов, и изучение эффективнейших методов модификации наноматериалов является важной областью исследования в повышении эффективности наносорбентов. Модификация поверхности, которая может быть достигнута присоединением неорганических и/или органических молекул, не только стабилизирует наночастицы и, в конце концов, препятствует их окислению, но и предусматривает конкретные функции, такие как селективность при поглощении ионов и, следовательно, повышение способности поглощения тяжелых металлов при очистке воды. Для удаления тяжелых металлов были использованы несколько видов функционализированных наноматериалов, к поверхности которых привиты хелатирующие лиганды [42, 43]. Например, Бистржежевским применяются магнитные наночастицы, капсулированные в графит, для удаления Cu^{2+} и Cd^{2+} . В его исследовании, поглощение ионов достигло 95% для кадмия и меди, которое было значительно выше, чем у активированных углей, подтверждая перспективу модифицированных наноматериалов оксида железа для эффективного удаления тяжелых металлов из водных растворов [44].

Механизмы адсорбции загрязнений из сточных вод модифицированными наноматериалами оксида железа включают поверхностные участки связывания [38], магнитно - селективная адсорбция [45], электростатическое взаимодействие [46]. Присоединением новых

модифицирующих средств к наноматериалам можно добиться высокой эффективности. Например, современный магнитный наносорбент (MNP-NH₂) для удаления ионов Cu²⁺ из водного раствора был разработан ковалентным присоединением 1,6-гексадиамина к поверхности наночастиц Fe₃O₄. Хемосорбция протекает между Cu²⁺ и NH₂- группой на поверхности MNP-NH₂. Кроме того, разработанные наносорбенты имеют способность к многократному использованию и адсорбционная емкость MNP-NH₂ поддерживается постоянной [47]. Это еще раз подтверждает выгоду, эффективность и удобство применения.

Лабораторные исследования показали, что наноматериалы оксида железа могут эффективно удалять ряд тяжелых металлов, в том числе Pb²⁺, Hg²⁺, Cd²⁺, Cu²⁺ [39, 40, 41, 42, 47].

Тем не менее, технологии на основе оксида железа для адсорбции тяжелых металлов все еще находятся на относительно ранней стадии. Стоит признать, что необходимо много работы для расширения знаний в области исследований наноматериалов, и переход наноматериалов оксида железа из лабораторных условий в полевое испытание включает в себя множество сложностей. С увеличением операций по удалению загрязняющих веществ, станет доступно больше данных по производительности и стоимости наноматериалов, предоставляя дополнительную информацию для крупного промышленного применения [48].

Как известно, наночастицы адсорбируют загрязняющие вещества благодаря своей высокой удельной поверхности [49]. Но их малый размер создает трудности в утилизации их из очищенной воды. А если этого не делать, то будет происходить загрязнение воды еще и наноматериалами. Решением этой проблемы, безопасного извлечения наночастиц, стало осаждение наночастиц на носители, которые было бы удобно извлекать из очищаемой среды. В качестве таких носителей были выбраны плесневые грибы. Исследовательская группа Александра Эйхмюллера [53], выращивает различные типы плесневых грибов в среде, содержащей наночастицы

благородных металлов. Наночастицы находились в виде коллоидного раствора. Александр Эйхмюллер продемонстрировал способность плесневых грибов расти в среде, содержащей наночастицы металла. При этом вырастающий мицелий оказывался покрытым наночастицами.

Ученые установили, что, в присутствии наночастиц золота, платины или палладия практически не наблюдалось замедления роста плесневых грибов. Этот факт еще в 1951 году подтвердил Евгений Тукевич [54], вырастивший плесневые грибы в присутствии золота. Несколько видов грибов даже оказались устойчивыми к наночастицам серебра, опасного для большинства микроорганизмов. Композитный сорбент представлял собой трубчатую грибницу, полностью покрытую несколькими слоями наночастиц. Немецкие исследователи определили, что оптические свойства осажденных наночастиц на мицелии плесневых грибов практически не отличаются от свойств наночастиц, взвешенных в растворах [53]. Благодаря тому, что наночастицы металлов остаются разделенными, исследователи предполагают, что гибридный материал должен сохранять каталитические свойства исходных наночастиц.

Одной из проблем использования наночастиц в водной среде является коррозия, так как наночастицы взаимодействуют с кислородом и водой, с образованием нерастворимых оксидов и гидроксидов на поверхности металлических наночастиц. Именно продукты коррозии наночастиц участвуют в химических (восстановление, комплексообразование, осаждение) и физических (адсорбция) процессах взаимодействия с загрязняющими воду ионами металлов [55]. Вследствие большой удельной площади поверхности (до $100 \text{ м}^2/\text{г}$), при введении большого количества наночастиц в водную среду, возникает восстановительная среда, благоприятно влияющая на деструкцию загрязнений. Основными механизмами удаления загрязняющих веществ являются химические реакции и адсорбция поверхностным слоем оксидов и гидроксидов металлов наночастиц [56]. Восстановительной деградации подвергаются, в основном,

органические загрязняющие вещества. Ионы тяжелых металлов связываются (комплексобразование, осаждение, адсорбция) на поверхности наночастиц без физической деструкции.

1.4. Радиоактивные элементы, опасные для окружающей среды

Защита биосферы от радиоактивных отходов является новой экологической проблемой, которая возникла за последние десятилетия. Самой большой опасностью для окружающей среды является то, что тяжелые и радиоактивные металлы имеют особенность сохранять свое негативное воздействие на биосферу в течение длительного времени – десятков и сотен лет [57].

Главное место в радиационной экологии занимают проблемы захоронения и обезвреживания радиоактивных загрязнений, которые образуются в процессе использования атомной энергии. По своему физическому состоянию радиоактивные отходы (РАО) можно разделить на жидкие, твердые и газообразные [58].

Производство и испытания ядерного оружия является одним из основных источников радиоактивного загрязнения природной среды. До 2000 г. в мире было проведено около двух тысяч испытательных взрывов. В результате этого в окружающую среду попало огромное количество этих радиоактивных веществ.

При ядерных взрывах образуются две группы радиоактивных изотопов. К первой группе относятся изотопы с коротким периодом полураспада. Они создают самую большую опасность в краткосрочном периоде после взрыва и в непосредственной близости от места ядерного взрыва, так как за ограниченное время своего существования они не успевают далеко распространиться [59].

Ко второй группе относятся изотопы с периодом полураспада от нескольких десятилетий до нескольких тысяч лет. В частности, это изотоп углерода – C^{14} с периодом полураспада свыше 5 тыс. лет. Вместе с пищей C^{14}

попадает в растительные и животные организмы и постепенно в них накапливается. В результате этого возрастает внутреннее облучение, что приводит к разного рода генетическим мутациям, в том числе и мутациями, которые могут проявиться через несколько поколений.

К числу наиболее опасных долгоживущих продуктов ядерных взрывов относится изотоп стронция – Sr^{90} . Период его полураспада - 28 лет. По своим химическим свойствам стронций схож с кальцием и поэтому он может замещать в биологических процессах обмена веществ. С продуктами питания Sr^{90} усваивается животными, накапливается в их костях. При его значительных концентрациях возникает угроза заболевания лейкемией. Близок к Sr^{90} по основным свойствам изотоп цезия – Cs^{137} . Накопление этого изотопа в организме сопровождается формированием наследственных дефектов и мутаций, которые проявляются у последующего поколения [60].

Проведенных ядерных испытаний привело к тому, что радиоактивный фон вырос в среднем на 3%. Этот новый уровень фоновой радиоактивности не представляет какой-либо опасности для живых организмов. Но в некоторых регионах земного шара накопление антропогенных радиоактивных веществ может существенно превосходить предельно допустимые концентрации и достигать критических размеров.

Около 60% от всех продуктов атомных взрывов попадает в стратосферу. И удаление их из стратосферы занимает около 10 лет. Поэтому как бы далеко от мест ядерных взрывов ни находилась территория, она не будет защищена от радиоактивного загрязнения [61].

Существует два способа облучения: если радиоактивные вещества находятся вне организма и облучают его снаружи, то речь идет о внешнем облучении. Другой способ облучения – при попадании радионуклидов внутрь организма с воздухом, пищей и водой – называют внутренним.

Источники радиоактивного излучения делятся на две большие группы: искусственные (которые создал человек) и естественные (природные).

Причем основная часть облучения (более 75% годовой эффективной эквивалентной дозы) приходится на естественный фон.

Естественные радионуклиды подразделяются на четыре группы:

- 1) долгоживущие (U^{238} , U^{235} , Th^{232});
- 2) короткоживущие (Ra, Rn);
- 3) долгоживущие одиночные, не образующие семейств (K^{40});
- 4) радионуклиды, которые возникали в результате взаимодействия космических частиц с атомными ядрами вещества Земли (C^{14}).

Разные виды излучения попадают на поверхность Земли или из космоса, или поступают от радиоактивных элементов, которые находятся в земной коре. Уровень земной радиации неравномерно распределяется по поверхности Земли, он зависит от концентрации и состава радиоактивных веществ в земной коре. В случае обогащения некоторых горных пород ураном, торием и другими радиоактивными металлами, образуются так называемые аномальные радиационные поля природного происхождения [62].

Искусственные источники радиационного облучения существенно отличаются от естественных не только происхождением. Во-первых, дозы, полученные разными людьми от искусственных радионуклидов, сильно различаются от индивидуальных доз. Чаще всего облучение за счет техногенных источников интенсивнее, чем за счет естественных. Во-вторых, загрязнение от искусственных источников радиационного излучения (кроме радиоактивных осадков от ядерных взрывов) легче контролировать, в отличие от природно-обусловленных загрязнений [63].

Главными источниками облучения, созданные руками человека являются радиоактивные осадки, выпавшие в результате испытания ядерного оружия в атмосфере. Даже несмотря на то, что основная часть взрывов была произведена еще в 1950-60е годы, мы до сих пор испытываем их последствия. Радиоактивные осадки содержат большое количество различных радионуклидов, таких как Zr^{95} , Cs^{137} , Sr^{90} и C^{14} .

Один из наиболее обсуждаемых сегодня источников радиационного излучения является атомная энергетика. Процесс производства энергии из ядерного топлива достаточно сложен и проходит в несколько стадий. Стадии ядерного топливного цикла:

- 1) добыча и обогащение урановой руды;
- 2) производство самого ядерного топлива;
- 3) после отработки топлива на АЭС иногда возможно его повторное использование через извлечение из него урана и плутония;
- 4) захоронение радиоактивных отходов.

На каждом этапе производства энергии в окружающую среду выделяются радиоактивные вещества, и их объем сильно зависит от конструкции реакторов и других условий. Кроме того, огромной проблемой является захоронение радиоактивных отходов, которые еще на протяжении тысяч и миллионов лет будут продолжать служить источником загрязнений.

Радиационно-опасными объектами и потенциальными источниками загрязнения воды морей и океанов также являются суда специального технологического обслуживания атомного флота, связанные с обращением с радиоактивными отходами и ядерным топливом. К ним относятся плавучие буксируемые емкости, плавучие технические базы перезарядки реакторов и специальные технические танкеры.

11 июля 2011 г. был принят Федеральный закон Российской Федерации, который вводит запрет на ввоз и вывоз из Российской Федерации радиоактивных отходов в целях их хранения, захоронения и переработки, за исключением случаев, предусмотренных статьей 31 настоящего Федерального закона [64].

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данное исследование направлено на изучение сорбционных свойств композитного сорбента для очистки промышленных сточных вод от радионуклидов и тяжелых металлов. Композитный сорбент представляет собой комплекс мицелия плесневых грибов и нанопорошка Fe_3O_4 . Выбор составляющих компонентов сорбента основан на многочисленных исследованиях поглощения урана и ионов тяжелых металлов различными микроорганизмами и наноматериалами [36, 37].

2.1 Приготовление питательной среды Сабуро

Навеску 20 г сухого порошка (табл. 2.1) растворяли в 1л дистиллированной воды, кипятили в течение 2-3 минут до полного растворения порошка, фильтровали через ватно-марлевый фильтр, разливали в стерильные флаконы и стерилизовали в автоклаве при 121°C в течение 15 минут.

Таблица 2.1- Состав питательной среды Сабуро

Компонент среды	Содержание, г/л
Пептон	10,0
Глюкоза	40,0

2.2 Культивирование микроорганизмов

Посев микроорганизмов в среду Сабуро (рН 7,5-8) объемом 100 мл производили микробиологической петлей при соблюдении условий стерильности. Культивирование микроорганизмов проводилось в колбах вместимостью 250 мл при температуре 37°C в термостате до появления на поверхности среды белой пленки грибов. Затем колбы помещали на шейкер и инкубировали при постоянном перемешивании с подогревом (350 об/мин, 37°C) в течение 5 суток. По истечении этого времени наблюдали выросший

мицелий гриба, сверху покрытого твердой белой пленкой со спорами. Полученный мицелий плесневых грибов очищали от пленки и спор, а затем промывали дистиллированной водой.

2.3 Нанопорошок Fe_3O_4

В работе были использованы готовые нанопорошки оксида железа, полученные ООО «Передовые порошковые технологии» (г. Томск). Данный нанопорошок медленно растворяется в щелочах и кислотах.

Таблица 2.2 - Характеристика нанопорошка Fe_3O_4

Наименование вещества	Химическая формула	Внешний вид	Химический состав, % масс.	Среднеарифметический размер частиц, нм	Удельная поверхность, m^2/g
Наночастицы оксида железа, магнетит	Fe_3O_4	Порошок коричневого цвета, частицы сферические	Fe_3O_4 - не менее 99, адсорбированные газы (CH_4 , CO_2 , O_2 , N_2) – около 1	80-110	30

2.4 УЗ – диспергация нанопорошка

Навеску нанопорошка оксида железа (Fe_3O_4) массой 0,01 г помещали в колбу вместимостью 100 мл, затем прилили сверху 40 мл дистиллированной воды. Полученные водные суспензии продиспергировали ультразвуковой лабораторной установкой ИЛ 100-6/2 (частота 5000 Гц) в течение 30 секунд. Далее, полученную суспензию использовали для получения композитных сорбентов.

2.5 Осаждение нанопорошка на мицелии плесневых грибов

В каждую колбу с суспензией нанопорошка помещали по 5 г (влажного веса) промытого мицелия, закрывали колбы ватно-марлевыми пробками и перемешивали на шейкере (350 об/мин, 37°C) в течение суток. Композитные сорбенты представляли собой мицелий плесневых грибов, на который были осаждены нанопорошки оксида железа.

2.6 Уранил азотнокислый $UO_2(NO_3)_2$

Уранил азотнокислый - желто-зеленый аморфный, очень гигроскопичный порошок, легко растворимый в воде. В работе использовался реактив марки «ХЧ», дополнительной очистке не подвергался.

Модельные растворы готовили путем растворения соли уранила азотнокислого $UO_2(NO_3)_2$ в дистиллированной воде.

2.7 Сорбция урана

Исследования процесса сорбции ионов урана проводили при комнатной температуре в статических условиях. В раствор уранила азотнокислого объемом 50 мл помещали композитный биосорбент массой 1 г. При сорбции лиофильно высушенным композитным биосорбентом использовали 50 мл модельного раствора урана и 0,5 г лиофильно высушенного композитного биосорбента.

2.8 Десорбция композитного биосорбента гидрокарбонатом натрия

Десорбцию композитного биосорбента раствором гидрокарбоната натрия проводили после тщательной промывки плесневого гриба дистиллированной водой. Затем композитный биосорбент после сорбции ионов урана помещали в пробирку с 15 мл раствора десорбата, приготовленного путем добавления 0,45 г гидрокарбоната натрия в 150 мл дистиллированной воды. Измерение концентрации ионов урана в растворе проводили на следующие сутки [38].

2.3.3. Повторная сорбция урана

Исследования процесса сорбции ионов урана при повторном использовании композитного биосорбента *Aspergillus niger* + Fe_3O_4 проводили при комнатной температуре в статических условиях. Уран сорбировали композитным биосорбентом из модельного раствора уранила

азотнокислого с исходной концентрацией уранил-иона 1,1 мг/л. Время экспозиции составило 2 часа.

2.3.4. Определение концентрации урана в исследуемом водном растворе методом люминесцентного анализа

Измерение массовой концентрации урана в растворах выполнены люминесцентным методом на анализаторе жидкости «ФЛЮОРАТ-ПАНОРАМА», путем измерения интенсивности замедленной флуоресценции уранил-ионов ($\lambda = 530$ нм) при ее возбуждении ультрафиолетовым излучением. Для усиления люминесценции в раствор вводят полисиликат натрия (рН 8 - 10). Диапазон измеряемых концентраций в пробе воды 0,002 - 2,0 мг/дм³.

Метод измерений массовой концентрации урана основан на явлении замедленной флуоресценции уранил-ионов при их возбуждении ультрафиолетовым излучением в присутствии полисиликата натрия. К 0,5 мл пробы воды после сорбции сорбентом добавляли 0,5 мл полисиликата натрия и 5 мл дистиллированной воды. Массовая концентрация урана в растворе вычисляется автоматически при помощи градуировочной характеристики, заложенной в память анализатора. Остаточное содержание уранил-ионов в воде после сорбции определяли 10-кратным измерением одной пробы на спектрофлуориметре «Флюорат-02-2М», после чего определяли среднее арифметическое значение.

В экспериментах использовали 3 вида плесневых грибов (*Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor*) массой 1 г. Объем модельного раствора уранила азотнокислого – 50 мл.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

С ухудшением экологической ситуации, вызванной развитием ядерно-энергетического комплекса, связывают поиски способов улучшения экологии. Одним из факторов загрязнения окружающей среды, являются промышленные стоки, содержащие ионы радиоактивных металлов. Нами была предпринята попытка разработать один из высокоэффективных сорбентов, который способен поглощать ионы радиоактивных элементов.

Для анализа потребителей был рассмотрен целевой рынок производителей обогащенного урана и проведено его сегментирование. Сегментирование рынка потребителей данной работы проведено на основе двух факторов: стран с развитой атомной промышленностью и областей применения разработки. Фирма А использует композитный сорбент, а фирма Б использует иные способы очистки воды от радиоактивных отходов (таблица 4.1).

		Страны производители			
		Россия	Казахстан	Китай	Австралия
Размер компании	Медицинская химия				
	АЭС				
	Производство обогащенного урана				

| | | | Фирма А | Фирма Б

Рисунок 4.1 - Карта сегментирования рынка по странам, в которых отходами производства являются жидкие радиоактивные отходы.

Так как, разработанный нами композитный биосорбент предназначен для сорбции ионов радиоактивных металлов из водных сред, то основными потребителями сорбента являются заводы, деятельность которых приводит к выбросу жидких радиоактивных отходов. Таким образом, основные сегменты рынка составляют предприятия медицинской химии, АЭС и заводы по обогащению урана.

4.1.2. 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)

Как видно из диаграммы (рисунок 4.1), было выявлено 4 фактора, приводящих к проблеме повышения эффективности сорбента: условия, материалы, оборудование и персонал.

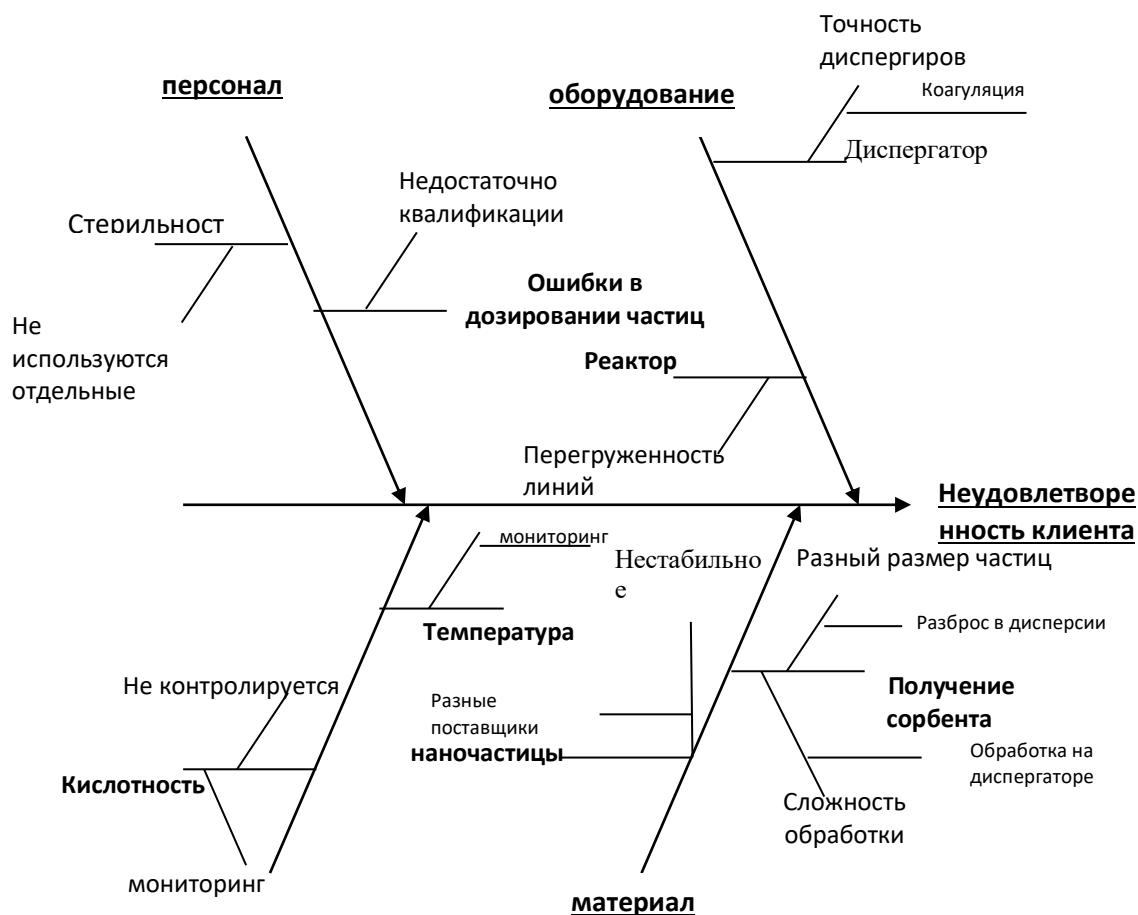


Рисунок 4.1 - Причинно-следственная диаграмма Исикавы для данного получения композитного биосорбента

Наиболее сильное влияние на снижение эффективности сорбции оказывают нестабильное качество материалов, из которых состоит сорбент.

4.1.3. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую Показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта представлены в таблице 4.2.

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (1.1)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Таблица 4.2-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	3	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	0	0
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
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	1	1
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
	ИТОГО БАЛЛОВ	45	45

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.

По результатам оценки готовности научного проекта к коммерциализации можно сделать вывод о том, что перспективность разработки на среднем уровне.

4.1.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Основным моментом в процессе коммерциализации научно-технической разработки является выбор метода коммерциализации.

При детальном рассмотрении преимуществ и недостатков основных методов коммерциализации, можно сделать вывод, что самостоятельное использование разработки или организация собственного предприятия предусматривает выведение разработки на рынок. При использовании данного метода коммерциализации мы обладаем всеми правами на разработку, получаем максимально возможный доход в случае успешного позиционирования и продвижения продукта на рынке. Среди недостатков метода нельзя не отметить, что при данном методе очень высокие риски, большой срок окупаемости, наличие высоких стартовых затрат для организации собственного производства.

Следующие методы коммерциализации, как продажа патентных лицензий, франчайзинг, подряда на совместную разработку, ноу-хау имеют общие преимущества и недостатки. Достоинства метода - невысокие затраты при осуществлении деятельности, небольшие риски в связи с переуступкой части прав собственности, возможен выход на рынок за счет других компаний. Среди недостатков нужно отметить то, что при этом способе

коммерциализации доходы достаточно низкие и существует большой риск нарушения патентных прав.

Полная передача интеллектуальных прав на разработку подразумевает отчуждение от прав (безвозвратная передача авторских прав) или продажу патентных прав (передача полностью всех прав лицензиату на установленный срок). К преимуществам метода можно отнести невысокий уровень затрат, маловероятность рисков, быструю окупаемость. Основными недостатками являются: высокие затраты на поиск и привлечение покупателя прав, затраты на юридические консультации, риск недополучения значительных доходов от использования разработки в будущем.

Таким образом, для нашей разработки целесообразно использовать такие методы коммерциализации, как организация совместного производства, либо инжиниринг.

4.2 Инициация проекта

Обычно устав проекта документирует текущее понимание потребностей заказчика проекта, бизнеспотребности или результат который планируется создать.

4.2.1 Цели и результат проекта

В таблице 4.3 представлена информация о заинтересованных сторонах проекта - это заказчик и исполнитель, и их ожидания относительно результатов проекта. Также в таблице 4.4 сформулированы цели проекта и требования к его результатам.

Таблица 4.3 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИИ ТПУ	- результаты экспериментальных испытаний образца; - разработка научно-технической документации и проекта технического задания на опытно-конструкторские работы;

Таблица 4.4 Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Магистр	Исследование полученных сорбентов
Научный руководитель	Руководство над проектом
Консультант по социальной ответственности	Руководство в написании главы социальная ответственность
Консультант по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению	Руководство в написании главы финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В таблице 4.5 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.5 Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка эффективного композитного сорбента
Ожидаемые результаты проекта:	Получение эффективного композитного сорбента
Критерии приемки результата проекта:	Оценка эффективности композитного сорбента
Требования к результату проекта:	Требование:
	Высокая эффективность композитного сорбента
	Дешевизна композитного сорбента
	Экологичность

4.2.2 Организационная структура проекта.

Информация о членах рабочей группы данного проекта и роль каждого участника и его функции представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Буянкина А. С.	магистрант	Исследование полученных сорбентов	290
2	Чубик М.В.	Руководитель проекта	отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам	100
3	Криницына З. В.	Консультант по финансовому менеджменту, ресурсосбережению и ресурсоэффективности	отвечает за написание главы финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
4	Ахмеджанов Р. Р.	Консультант по социальной ответственности	отвечает за написание главы социальная ответственность	10
ИТОГО:				410

4.2.3 Ограничения и допущения проекта.

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 4.7.).

Таблица 4.7- Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	Сентябрь 2016 - Июнь 2018 года
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	Сентябрь 2016
3.2.2. Дата завершения проекта	Июнь 2018 года
3.3. Прочие ограничения и допущения*	ограничения по времени работы участников проекта

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

4.3.1 План проекта

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм, который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

4.3.2 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 4.8.

Таблица 4.8 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные Полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во, Грамм	Цена за единицу, руб. за грамм	Сумма, руб.
Нано порошок оксида железа	20нм	100	840	8 400,00
Питательная среда	ГРМ-бульон 9	250	11,9	2 989
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	15	600
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				19313,89
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				1931,2
Итого по статье С _м				21245,09

Таблица 4.9 -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 1 год, руб.
1.	Шкаф вытяжной	1	52070	20	59880	433,74
2.	Шкаф ГП-40-ОХ ПЗ Сушильный	1	22944	15	26385	191,12
3.	Шкаф холодильный-морозильный MPR414F	1	145371	15	167176	1210,9
4.	Автоклав-полуавтоматический TuT-2340 МК 19л	1	104500	8	120175	870,5
5.	Весы аналитические AS/310/C/2	1	57260	5	65849	476,9
6.	Дистиллятор Д-4	1	18230	8	20964	151,8
7.	Термостат ТС1-20	1	16500	10	18975	137,44
8.	Ультразвуковая лабораторная установка ИЛ100-6/2	1	121 380,00	6	133518	1011
9.	Спектрофлуориметр Флюорат-02-Панорама	1	413 472,00	10	475492,8	3444,22
10.	Холодильник лабораторный LiebherrLKv 3910	1	56 779,66	15	6529,85	472,9
	Итого	-	1008506	-	1159781,9	8400,52

Нами была рассчитана амортизация с использованием линейного метода. Линейный метод расчета амортизации соответствует равномерному переносу стоимости основных фондов на стоимость готовой продукции и сумма амортизационных отчислений зависит от первоначальной стоимости

приобретения основных средств. При этом методе рассчитывается ежемесячная норма амортизации в зависимости от срока использования объекта основных фондов до полного списания его стоимости.

При применении линейного метода сумма начисленной амортизации за один месяц определяется по формуле:

$$A = C \cdot K, \quad (3.1)$$

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

A – сумма амортизационных отчислений за месяц;

C – первоначальная стоимость оборудования;

K - норма амортизации в процентах к первоначальной стоимости оборудования;

n - срок полезного использования объекта (в месяцах).

Годовая норма амортизации $K = \frac{1}{10 \cdot 12} \cdot 100\% = 0,8333\%$

Ежемесячная сумма амортизации $A = \frac{1008506 \cdot 0,833}{100} = 8403,9$ рублей.

Ежегодная сумма амортизационных отчислений $8403,9 \cdot 12 = 100846,6$ рублей.

Сумма ежемесячных амортизационных отчислений составит 8403,9 рублей (1008506 рублей * 0,83%), Таким образом, в целях исчисления налога на прибыль в состав расходов, связанных с производством и реализацией, будет включаться сумма амортизации по данному основному средству в размере 8400,52 рубля.

4.3.2 Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (3.1)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя и инженера рассчитывается по следующей формуле (4.4.4):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (3.2)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{р}$ – продолжительность работ, раб. дн. (таблица 4.4.3);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (4.4.5):

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}, \quad (3.3)$$

где $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дни (таблица 4.10).

Таблица 4.10 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1.	Составление задания	Руководитель	4	592,36	2369,44
2.	Изучение литературы	Инженер	78	169,21	13198,38

3.	Выполнение экспериментальной части	Инженер	115	169,21	19459,15
4.	Обработка результатов	Инженер	30	169,21	5076,30
5.	Координация деятельности исполнителей работы	Руководитель	23	592,36	13624,28
Итого: 176346,07					

Таблица 4.11 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	730	730
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	132	132
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	60
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	531	527

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (3.4)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

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

Таблица 4.12 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	23264,86	1,3	30244,32	592,36	234	138612,24
Инженер	6595,70	1,3	8574,41	169,21	223	37733,83

4.3.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (3.5)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 4.13 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.13 - Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	138612,24	37733,83
Дополнительная зарплата	17326,53	4716,73
Зарплата исполнителя	155938,77	42450,56
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	198389,33	

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (3.6)$$

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

Таблица 4.14 - Отчисления во внебюджетные фонды

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	138612,24	37733,83
Дополнительная зарплата	17326,53	4716,73
Отчисления во внебюджетные фонды	40544,08	11037,15
Итого по статье $C_{\text{внеб}}$	51581,23	

Накладные расходы

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле (3.7):

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (3.7)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИИ "Исследование особенностей сорбции тяжелых металлов с помощью композитного сорбента" (таблица 4.15).

Таблица 4. 15 - Группировка затрат по статьям

Статьи	Вид работ				
	1	2	3	4	5
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты			51843,29		
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ			3250237,67		
Основная заработная плата	2369,44	13198,38	19459,15	5076,30	136242,80
Дополнительная заработная плата	296,18	1649,80	2432,39	634,54	17030,35
Отчисления на социальные нужды	693,06	3860,53	5691,80	1484,18	39851,02
Научные и производственные командировки	266,56	1484, 82	2189,15	571,08	15327,32
Накладные расходы	2132,50	11878,54	17513,23	4568,67	122618,52
Итого плановая себестоимость	5757,74	32072,07	426530,89	12334,77	331070,01
Итого:	3775897,57				

Анализ конкурентных технических решений

Для внесения коррективов в научное исследование чтобы лучшего противостоять конкурентам, необходимо выявить и проанализировать сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K \leftarrow \sum B_i \cdot B_j, \quad (3.8)$$

Где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 4.16 -Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Экологичность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
2. Удобство в эксплуатации	0,05	5	2	3	0,25	0,1	0,15
3. Безопасность	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
4. Надежность	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
5. Эффективность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
6.Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
7. Энергоэкономичность	0,01	5	3	4	0,05	0,03	0,04
8. Простота эксплуатации	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
9.Возможность многократного использования	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
2. Цена	0,1	4	2	4	0,4	0,2	0,4
3.Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
Итого	1				3,8	3,72	3,31

K_1 – Ионный обмен для удаления ионов урана из загрязненных вод.

K_2 - Химическая очистка загрязненных вод от ионов урана.

4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Чтобы определить эффективность исследования, необходимо рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования. Для этого определяют две средневзвешенные величины: финансовую эффективность и ресурсоэффективность.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (4.1)$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Таблица 4.17 – Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1	8000	200000	200500	95598	536000
2	1000	150000	200500	95598	325000

Найдем значения интегрального финансового показателя для всех вариантов исполнения научного исследования:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = 435000/536000 = 0,8$$

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = 325000/536000 = 0,6$$

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = 536000/536000 = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы, то есть наша разработка обладает наименьшей стоимостью по сравнению с аналогами.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяют следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (27)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;
 a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Результат расчетов представим в виде таблицы:

Таблица 4.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3	4
3. Эффективность	0,15	5	4	3
4. Энергосбережение	0,20	5	4	2
5. Надежность	0,25	5	5	5
6. Материалоемкость	0,15	1	2	3
ИТОГО	1	25	22	20

$$I_m^a = 5 * 0,1 + 4 * 0,15 + 5 * 0,15 + 5 * 0,2 + 5 * 0,25 + 1 * 0,15 = 4,25$$

$$I_1^a = 4 * 0,1 + 3 * 0,15 + 4 * 0,15 + 4 * 0,2 + 5 * 0,25 + 2 * 0,15 = 3,8$$

$$I_2^a = 3 * 0,1 + 4 * 0,15 + 3 * 0,15 + 2 * 0,2 + 5 * 0,25 + 3 * 0,15 = 3,45$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя

ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad (28)$$

$$I_{финр}^a = 4,25 / 0,8 = 5,3$$

$$I_{финр}^{a1} = 4,25 / 0,8 = 6,3$$

$$I_{финр}^{a2} = 4,25 / 0,8 = 3,45$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = 5,3 / 6,3 = 0,8$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = 5,3 / 3,45 = 1,5$$

$\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{\text{мэ}}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{\text{мэ}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 4.19 - Сравнительная эффективность разработки с первым аналогом.

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Разработка	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,72	0,8
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,8	4,25	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	3,8	5,9	4,31
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,55		1,37

Исходя из таблицы 4.3, исследуемый нами сорбент более конкурентоспособен, чем разработки конкурентов. Он более удобен в эксплуатации, а так же более не наносит вреда окружающей среде, так как после очистки легко извлекается из открытых водоемов. Также, наш композитный сорбент не требует специального оборудования. Также цена производства мицелия достаточно низка. При изготовлении сорбента можно использовать отходы производства лимонной кислоты, что обуславливает затраты только на транспортировку материала. Также наш композитный сорбент можно использовать 3 раза, что тоже является важным фактором, который увеличивает конкурентоспособность нашего биосорбента.

В результате написания раздела "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение" была определена

перспективность научно-исследовательского проекта, дана оценка готовности проекта к коммерциализации, проведено сегментирование рынка, а также рассчитана себестоимость реализации данной научно-исследовательской работы.

Композитный биосорбент эффективен и экономически выгоден по сравнению с аналогами. Основным преимуществом проекта по сравнению с другими, заключается в возможности использовать отходы производства лимонной кислоты (мицелий плесневых грибов *A. niger*) для получения композитного сорбента.

Выводы

В данной работе исследовали сорбционную активность различных видов грибов (*Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium* и *Mucor*), входящих в состав композитного биосорбента вместе с наночастицами Fe_3O_4 . Исследования проводили по отношению к водным модельным растворам уранила азотнокислого. Остаточную концентрацию ионов урана измеряли на спектрофлуориметре «Флюорат-02-2М». На основании полученных данных вычислили степень сорбции для исследуемых композитных биосорбентов.

Было обнаружено, что наибольшей сорбционной активностью по отношению к ионам урана обладает *Aspergillus niger*. Этот показатель превышает сорбционную способность *Penicillium piniphilium* и *Mucor* в 1,6 и 2 раза соответственно. Также было определено время экспозиции, вне зависимости от входящих в состав композитного сорбента грибов – 2 часа. Обнаружено, что автоклавирование и перемешивание незначительно влияет на эффективность сорбции. Определен срок годности композитного биосорбента – 1 месяц.

После проведения экспериментов по десорбции было обнаружено, что композитный сорбент *Aspergillus niger* имеет хороший потенциал к десорбции, и его можно повторно использовать три раза.

Для очистки воды на производстве мы выбрали фильтрующую установку, обеспечивающую непрерывную очистку загрязненной воды.

Выводы:

1. Получили новые сорбционные материалы на основе лиофильно высушенных композитных биосорбентов, определили оптимальные параметры сорбции: время экспозиции, процедуру автоклавирования и перемешивания;
2. Композитный биосорбент на основе *Aspergillus niger* способен к десорбции урана раствором соды и пригоден для последующего использования;

3. Доказано, что полученная изотерма сорбции принадлежит к изотерме мономолекулярной сорбции Ленгмюра;
4. Подобрана установки для очистки воды от ионов урана в промышленных условиях, что в дальнейшем потребует технологических решений;
5. Технология сорбции солей урана с использованием композитных биоматериалов экологически безопасна и экономически выгодна по сравнению с аналогичными методиками.

Список публикаций

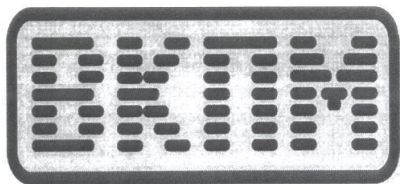
1. Буянкина А. С. Исследование сорбции тяжелых металлов композитным биосорбентом // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 25-29 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 1 - С. 271-272
2. Buyankina A. S. Sorption of radioactive ions from aquatic medium using composite biosorbent // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 25-29 Мая 2016. - Томск: ТПУ, 2016
3. Буянкина А. -. Исследование сорбции радиоактивных ионов из водных сред с помощью композитных биосорбентов // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П.Кулева, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, Томск, 17-20 Мая 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - С. 456-457
4. Sumtsova O. V. , Azhel Y. P. , Buyankina A. S. Webquest-Based Role Play as a Way of Raising Students' Motivation to Studying Foreign Languages // International Journal of Emerging Technologies in Learning. - 2016 - Vol. 11 - №. 3. - p. 63-66
5. Buyankina A. S. Effective communication and speech strategy // Коммуникативные аспекты языка и культуры: сборник материалов XIV Международной научно- практической конференции студентов и молодых учёных: в 3 т, Томск, 21-23 Мая 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 146-148
6. Аветян Д. Л., Родин Б. А., Буянкина А. С. Синтез 2-ацилокси фенолгликозида, содержащего остаток коричной кислоты. // Высокие технологии в современной науке и технике: сборник научных трудов II

Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием: в 2 т., Томск, 27-29 Марта 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - Т. 2 - С. 14-16

7. Буянкина А. -. Исследование сорбции ионов урана из водных сред с помощью композитного биосорбента // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы X Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Бийск, 24-26 Мая 2017. - Барнаул: АлтГТУ, 2017 - С. 351-353

8. Буянкина А. С. Исследование сорбции тяжелых металлов композитным биосорбентом // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых: Томск, 21-24 Мая 2018. - Томск: ТПУ, 2018 - С. 307-308

Приложение А



Всероссийская Коллекция Промышленных Микроорганизмов ФГУП ГосНИИГенетика

Россия, Москва, 117545, 1-ый Дорожный проезд, 1, ФГУП ГосНИИГенетика - ВКПМ:
(095) 3151210; факс: (095) 3151210; Эл. почта: vkpm@genetika.ru;

Форма ВКПМ-11

«16» апреля 2012 г

ПАСПОРТ ШТАММА, ВЫДАВАЕМОГО ИЗ КОЛЛЕКЦИИ

Штамм выдан: ГБОУ ВПО СибГМУ Минздравсоцразвития России

Регистрационный номер коллекции: F-894

Название штамма: *Aspergillus niger*

Номера в других коллекциях: ATCC 6275; CBS 131.52, 769.97; DSM 1957; IFO 6341; IMI 45551; NRRL 334; QM 324, 458

Происхождение штамма: получен из NRRL.

Область промышленного применения штамма: тест-культура для определения грибостойкости технических изделий, кожи, адгезивных материалов, пластмасс, текстиля, лаков и красок.

Условия культивирования штамма (состав среды, температура и т. д.): размножается на среде мальт-пептонный агар (мальт-экстракт 30,0 г; пептон 1,0 г; агар 20,0 г; вода дист. 1,0 л) или на картофельно-глюкозном агаре (1,0 л отфильтрованного отвара из 200 г картофеля, сваренного на дистиллированной воде, с добавлением 20,0 г глюкозы и 20,0 г агара). Растет при температуре 24°C.

Для восстановления жизнеспособности культуры ампулу с высушенным штаммом вскрывают стерильно: верхний конец ампулы нагревают в пламени горелки, затем кусочком стерильной ваты, смоченным в стерильной воде, осторожно прикасаются к оттянутому концу ампулы так, чтобы получилась трещина, легким ударом пинцета (или скальпеля) удаляют конец ампулы, и стерильно вливают в нее пастеровской пипеткой 0,2 мл дистиллированной воды или физраствора. Ампулу затыкают стерильным ватным тампоном и оставляют для растворения материала и набухания высушенных клеток на 30 минут. После полного растворения содержимого ампулы материал переносят пастеровской пипеткой в пробирки (или чашки) с жидкой или плотной питательной средой и выращивают в условиях, оптимальных для культивирования данного штамма.

В первых пересевах микробы обладают несколько пониженной жизнеспособностью. Для восстановления полной жизнеспособности требуется 2-3 пассажа на питательных средах, соответствующих потребностям данного микроорганизма. Рекомендуется пользоваться для работы культурой после второго или третьего пассажа.

Сведения о безопасности использования штамма:

Штамм *Aspergillus niger* F-894 не является генетически модифицированным штаммом.

Штамм *Aspergillus niger* F-894 относится к микроорганизмам, непатогенным для человека, так как согласно международной классификации и данным ATCC (VKPM F-894 = ATCC 6275) принадлежит к 1 уровню биобезопасности. Работа с данным штаммом не требует специальных мер предосторожности.

Директор ВКПМ
д.б.н., проф.



С.П. Синецкий

Претензии по качеству штамма принимаются в письменном виде в течение двух месяцев, начиная со дня выдачи паспорта.

Штамм предоставляется без права передачи третьим лицам.

Приложение Б

ФБУН Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии

ЗАКЛЮЧЕНИЕ О КАЧЕСТВЕ ПРЕПАРАТА

Питательный бульон для культивирования микроорганизмов сухой (ГРМ-бульон)

ТУ 9398-021-78095326-2006

Серия 430

Дата изготовления 2.10.18г

1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕПАРАТА

Показатели	По ТУ 9398-021-78095326-2006	Результаты контроля
Внешний вид	Мелкодисперсный, гигроскопичный порошок светло-желтого цвета.	Мелкодисперсный, гигроскопичный порошок светло-желтого цвета
Растворимость	20,0 г препарата должны полностью растворяться при перемешивании в 1 л дистиллированной воды при кипячении в течение 3 мин.	20,0 г препарата полностью растворяются в 1 л дистиллированной воды при кипячении в течение 3 мин
Прозрачность и цветность раствора	Раствор препарата, полученный, как указано в разделе «Растворимость», после фильтрации и стерилизации должен быть прозрачным желтого цвета.	Раствор препарата после фильтрации и стерилизации прозрачный желтого цвета
pH	От 7,0 до 7,4	7,2
Потеря в массе при высушивании, %	Не более 7,0	3,2
Аминный азот, %	От 2,7 до 3,7	3,1
Хлориды (в пересчете на натрия хлорид), %	От 24,0 до 32,0	27,5

2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Показатели	По ТУ 9398-021-78095326-2006	Результаты контроля
Специфическая активность	<p>Питательная среда должна обеспечивать во всех засеянных пробирках при посеве по 0,5 мл микробной взвеси рост каждого из тест-штаммов: <i>S. xerosis</i> 1911 и <i>S. aureus</i> Wood-46 из разведения 10^{-6} не позднее 48 ч инкубации; <i>E. coli</i> 3912/41 (055:K59) и <i>P. aeruginosa</i> 27/99 - из разведения 10^{-7} через 20-24 ч инкубации при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в виде диффузного помутнения среды.</p> <p>Питательная среда должна обеспечивать во всех засеянных пробирках образование индола и сероводорода тест-штаммами <i>S. flexneri</i> 1a 8516 и <i>S. typhi</i> H-901 ГДР/ГИСК соответственно, при посеве по одной бактериологической петле диаметром 2 мм через 20-24 ч инкубации при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$.</p> <p>Образование индола и сероводорода обнаруживается визуально по изменению цвета индикаторных бумажек. При положительной реакции на индол бумажки, пропитанные модифицированным реактивом Эрлиха или система индикаторных бумажек для идентификации микроорганизмов (СИБ зарегистрированный в РФ), окрашиваются в розовый цвет, а при положительной реакции на сероводород бумажки, пропитанные реактивом для индикации сероводорода окрашиваются в черный цвет</p>	Соответствуют требованиям ТУ.

3. РАЗРЕШЕНИЕ НА ВЫПУСК ПРЕПАРАТА

Заключение ОБТК: ГРМ-бульон серии 430 по физико-химическим и биологическим показателям соответствует требованиям ТУ 9398-021-78095326-2006

Годен до 10.2018г

Заведующая ОБТК



Приложение (В)

Раздел (2,3)

(Объекты и методы исследования, результаты исследования)

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ДМ61	Буянкина Алина Сергеевна		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков Школы БИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кобзева Н. А.	доцент		