

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



Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология
Кафедра биотехнологии и органической химии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Определение сорбционной активности гибридного биосорбента

УДК 602.4:661.183

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д31	Никишева Виктория Андреевна	<i>Никишева</i>	8.06.17

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чубик М.В.	К.М.Н.	<i>Чубик</i>	8.06.17

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М. В.	К.Э.Н.	<i>Верховская</i>	06.06.17

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.		<i>Мезенцева</i>	1.06.17

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. БИОХ	Краснокутская Е.А.	д.х.н., доцент	<i>Краснокутская</i>	8.06.17

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



Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология
Кафедра биотехнологии и органической химии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой БИОХ

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

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Д31	Никишевой Виктории Андреевны

Тема работы:

Определение сорбционной активности гибридного биосорбента

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 2745/с, 21.04.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Объектом исследования является композитный биосорбент на основе плесневых грибов *A. niger*, *Penicillium*, *Mucor* и наноматериалов (наночастиц оксида никеля, кобальта)

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(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).

- Обзор литературы
- Объект и метод исследования
- Описание экспериментальной части
- Результаты проведенного исследования
- Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
- Социальная ответственность
- Заключение

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры МЕН ИСГТ ТПУ к.э.н. Верховская М.В.
Социальная ответственность	Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ Мезенцева И.Л.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чубик М.В.	К.М.Н.	<i>Чубик</i>	06.02.17

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Д31	Никишева В.А.	<i>Никишева</i>	8.06.17

*Планируемые результаты обучения
по ООП 19.03.01 «Биотехнология» (бакалавр)
профиль «Биотехнология»*

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Способность самостоятельно совершенствовать и развивать свой интеллектуальный, общекультурный и профессиональный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности
P2	Готовность к кооперации с коллегами для выполнения научно-исследовательских и научно-производственных работ, в том числе интернациональных; способность проявлять инициативу, личную ответственность; быть коммуникабельным.
P3	Демонстрировать понимание вопросов устойчивого развития современной цивилизации, безопасности и здравоохранения, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияние инженерных решений на социальный контекст и социальную среду
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P4	Способность к овладению базовыми знаниями в области базовых естественных и технических наук, применение их в различных видах профессиональной деятельности
P5	Понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, быть готовым к использованию в профессиональной деятельности информационных и коммуникативных технологий
P6	Быть способным к планированию, проведению теоретических и экспериментальных исследований, обработке полученных результатов и представлению их в форме, адекватной задаче
P7	Быть способным к организационно-управленческой и инновационной деятельности в биофармацевтической области, демонстрировать знания для решения проблем устойчивого развития

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 64 с., 2рис., 26 табл., 27 источник, 1 прил.

Ключевые слова: биосорбент, биосорбция, наночастицы, нанопорошки, плесневые грибы, радионуклиды, жидкие радиоактивные отходы, сточные воды, уранил-ионы.

Объектом исследования является композитный биосорбент на основе плесневых грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium*, *Mucor* и наноматериалов (наночастиц оксида никеля, кобальта и железа) способный поглощать радионуклиды в промышленных стоках предприятий медицинской химии, АЭС, горно-добывающей промышленности и заводов по обогащению урана.

Цель работы – определение сорбционной активности гибридного биосорбента.

В результате исследования была определена сорбционная активность гибридного биосорбента на основе мицелия плесневого гриба, в сочетании с нанопорошком оксида металла никеля, кобальта, железа. Исследована сорбция урана из модельных растворов уранила азотнокислого.

Область применения: биотехнология, природопользование, экобиотехнология и охрана окружающей среды.

В дальнейшем планируется разработка экспериментального фильтра для очистки сточных вод предприятий от радионуклидов и тяжелых металлов, а также проведение ряда испытаний разработки в условиях приближенных к промышленным.

Список сокращений

АЭС – атомная электростанция

ГОСТ – государственный стандарт

ПДК – предельно-допустимая концентрация

СанПиН – санитарные правила и нормы

СНиП – строительные нормы и правила

СО - социальная ответственность

УЗ – диспергация – ультразвуковая диспергация

ЧС - чрезвычайная ситуация

ЭЧ – экономическая часть

Гр (Gy) - поглощённая доза ионизирующего излучения (грей)

УДП - ультрадисперсные порошки

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	10
1. Обзор литературы.....	12
1.1 Загрязнение окружающей среды радиоактивными элементами.....	12
1.2 Методы сорбции радиоактивных металлов.....	12
1.3 Механизм сорбции хитином плесневого гриба.....	13
1.4 Влияние наночастиц на сорбцию ионов металлов.....	15
1.5 Наночастицы, осажденные на мицелий плесневых грибов.....	16
1.6 Методы, усиливающие способность сорбции биосорбентов.....	17
2. Объекты и методы исследования.....	22
2.1 Плесневые грибы <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium piniphilium</i> , <i>Mucor</i>	22
2.2 Нанопорошок и оксида никеля и кобальта.....	23
2.3 Методика приготовления питательной среды Сабуро.....	24
2.4 Получение композитного биосорбента.....	26
2.5 Лиофильная сушка композитных биосорбентов.....	26
3 Финансовый менеджмент.....	27
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	27
3.2 Анализ конкурентных технических решений.....	28
3.3 SWOAT-анализ.....	31
3.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	34
3.5 Планирование исследовательской работы по определению сорбционной активности гибридного биосорбента.....	35
3.6 Структура работ в рамках научного исследования.....	37
3.7 Определение трудоёмкости работ.....	39
3.8 Разработка графика проведения научного исследования.....	40
3.9 Расчёт материальных затрат НИИ.....	50
3.10 Расчёт затрат на специальное оборудование для научной	

работы.....	50
3.11 Основная заработная плата исполнителей темы.....	52
3.12 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	53
3.13 Накладные расходы.....	54
3.14 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	55
3.15 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	55
Заключение.....	58
Список использованных источников литературы.....	60
Приложение 1.....	63

ВВЕДЕНИЕ

Переработка отходов при добыче урановых руд для ядерно-энергетических предприятий и на производстве ядерного оружия, приводит к огромным количествам загрязненных сточных вод радиоактивными элементами и тяжелыми металлами. Эти загрязнения непосредственно затрагивают все сферы географической оболочки и все ее компоненты. Кроме того, они сохраняют свое негативное воздействие в течение длительного времени, до десятков и сотен лет [1].

Актуальность.

На территории России имеется множество водных объектов, которые подверглись радиоактивному загрязнению. В том числе каскад водоемов на реке Теча, озера Брянской области и Южного Урала, река Енисей и др.

Наиболее уязвимым звеном водного природного комплекса для загрязнения радиоактивными отходами, являются замкнутые водные экосистемы – озера, реки и водохранилища, в которых оседают или растворяются поступающие радиоактивные отходы. В таком случае водная флора и фауна подвергаются длительному воздействию радиоактивного загрязнения. Загрязнение водных объектов опасно тем, что может стать источником дополнительной радиационной опасности для экосистемы, и для человека[1].

Поэтому основная проблема в разработке технологий для очищения окружающей среды от радиоактивных веществ заключается в изобретении материалов, которые могут эффективно удалять радиоактивные отходы из водных объектов.

Среди таких биоматериалов, полученных из актиномицетов, водорослей и бактерий наибольшую эффективность сорбции показали плесневые грибы. Поэтому в качестве компонента композитного сорбента были выбраны плесневые грибы *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*,

Mucor и наночастицы оксида металла, которые также обладают способностью сорбировать радиоактивные вещества.

Цель работы – определение сорбционной активности гибридного биосорбента при поглощении радиоактивных ионов из водной среды.

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие задачи:

1. Исследование сорбционной активности композитного биосорбента на основе плесневых грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и наночастиц оксида никеля, кобальта на модельных растворах урана азотнокислого;

2. Сравнить эффективность сорбции гибридных биосорбентов;

3. Вычислить материально-технические, энергетические, финансовые, информационные ресурсы и затраты на заработную плату.

4. Провести анализ производственной безопасности научного исследования, экологической безопасности, безопасность в случае ЧС, рассмотреть правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Объектом исследования является композитный сорбент на основе мицелия плесневых грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и нанопорошка оксида никеля, кобальта и железа.

Научная новизна – На сегодняшний день биотехнологический метод очистки сточных вод от радиоактивных веществ является самым новым и актуальным. В данной работе впервые проводились исследования сорбции из растворов уранила азотнокислого композитным сорбентом на основе мицелия плесневых грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilium*, *Mucor* и наночастиц оксида никеля и оксида кобальта.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Загрязнение окружающей среды радиоактивными элементами

Различают природный и искусственный характер поступления радиоактивных элементов в водную среду. В первом случае загрязнение происходит при контакте с минералами, содержащими радиоактивные изотопы, а также при взаимодействии с атмосферой, как правило, содержание опасных для человека элементов крайне мало и не превышает допустимых норм. Во втором случае, загрязнение может иметь весьма серьезные последствия, как для человека, так и для всего природного комплекса в целом. Собственно на него и нацелена разработка композитного биосорбента [1].

Известно, что пресная вода является исчерпаемым природным ресурсом, а в некоторых регионах наблюдается катастрофическая нехватка пресной воды, так что стоит задуматься о будущем и сделать всё возможное для предотвращения чрезвычайных ситуаций. Не секрет, что радиоактивное загрязнение опасно даже при малых концентрациях радионуклидов в воде, наибольшее внимание стоит уделить радиоактивным элементам, которые имеют долгий период полураспада, таким как, уран, стронций-90, радий-226, цезий.

Воздействие выброса радиоактивных элементов в окружающую среду можно рассмотреть на примере последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Наблюдаемое воздействие обусловлено чрезвычайно высоким облучением после аварии. Первая оценка доз, поглощенных лесом приводит к выводу, что смертельная доза для обычных сосен составляет 50-60 Гр, и для европейских елок 10-12 Гр. Репродуктивные органы флоры и фауны проявили высокую чувствительность к излучению. В 1986 году, в зависимости от поглощенной дозы, количество и размер семян, их мощность прорастания и темпы роста уменьшились, и количество бесплодных семян растет пропорционально поглощенным дозам. В 1987 году в дозах 0,7-1,1 Гр,

хромосомные aberrации в генеративных тканях деревьев были в два-три раза чаще, чем те, которые происходят спонтанно, а жизнеспособность пыльцы снижается 30%. Увеличилось количество морфологических аномалий в пыльце растений[2].

1.2. Методы сорбции радиоактивных металлов

В настоящее время используют множество методов очистки сточных вод в промышленности:

- электролитические (электролиз, электродиализ);
- биологические (использование микроорганизмов, мицелия грибов);
- физико-химические (флотация, экстрагирование, сорбция, ионнообмен, коагулирование, выпаривание) [3-6].

Особо выделяют метод сорбентов. Сорбенты - это твердые тела или жидкости, избирательно поглощающие из внешней среды растворённые в ней вещества. Этот способ является привлекательным из-за своей высокой эффективности, и является экономически выгодным, за счет использования дешевых материалов. Постоянно изобретают новые виды сорбентов, многие из которых быстро переходят в коммерческое использование.

Например, для извлечения радионуклидов из водных сред широко применяются различные сорбционные материалы:

- природные и синтетические ионообменники;
- комплексообразующие;
- модифицированные;
- композиционные сорбенты;
- биологические сорбенты.

Сорбенты не должны подвергаться разрушению из-за контакта с химикатами, радиацией, температурой, а также из-за слабого механического воздействия. Немало важное качество для сорбентов это простая эксплуатация и низкая стоимость[7].

1.3. Механизм сорбции хитином плесневого гриба

Использование биологических методов очистки сточных вод, как бытовых, так и промышленных, от тяжелых металлов, является одним из перспективных направлений в отрасли по очистке воды. Одним из таких методов очистки воды от металлов, является биосорбция. В основе этого метода лежит способность органического материала или микроорганизмов накапливать катионы различных металлов, извлекая их из воды.

Механизм сорбции ионов тяжелых металлов биоматериалом происходит за счет комплексообразования на поверхности клеток после взаимодействия между металлическими и активными группами [8].

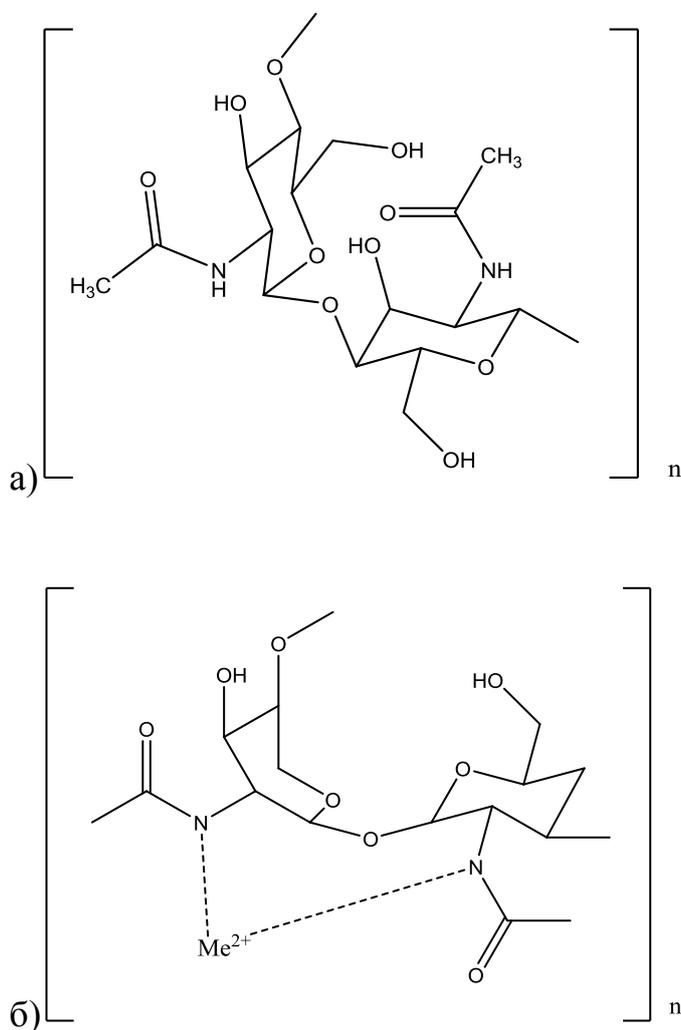


Рисунок 1 – а) Строение хитина; б) строение хитина с адсорбированным ионом металла

Хитин занимает особое место среди сорбентов биологического происхождения. Это единственный полисахарид, в молекуле которого

имеется азот, входящий в ацетиламидную группу. Таким образом, сорбирующий биоматериал (хитин) образует комплекс своей аминогруппы с ионами металла.

Благодаря своей структуре хитин обладает мощными сорбционными способностями. Механизмом сорбции у хитина является хелатирование, таким образом, он сорбирует практически все тяжелые металлы. Хитин почти индифферентен к легким металлам, к таким как калий, натрий, кальций и др., которые являются важным биогенным элементом в экосистеме [9].

Хитин входит в состав клеточной стенки грибов, бактерий, а также это основной компонент экзоскелета членистоногих и ряда других беспозвоночных.

Изучение ультразвукового строения хитина плесневого гриба показывает, что оно имеет оптимальную структуру для биосорбции ионов тяжелых металлов [10].

Главные достоинства использования плесневых грибов как биосорбентов:

- 1) Из многих видов живых организмов, продуцирующих хитин, плесневые грибы обладают самой высокой скоростью роста.
- 2) Грибную биомассу можно производить биотехнологическими методами в промышленных масштабах.
- 3) Производство грибной биомассы можно считать экологически безопасной, за счет состава культуральной среды для ее выращивания.
- 4) Мицелии плесневых грибов можно комбинировать с нанопорошками оксидов различных металлов, что значительно повышает показатель сорбции данного сорбента.
- 5) Экономическая выгода, за счет дешевого сырья для выращивания биомассы.

Эти и другие преимущества грибов побуждали некоторых исследователей к реализации этих возможностей. Одной из первых таких попыток были работы Музарелли[11], который предложил использовать широкий круг низших грибов родов *Allomyces*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Phycomyces*, и других плесневых грибов. Основное внимание было уделено грибам, которые широко используются в биотехнологической промышленности, в частности *Aspergillus niger* и *Mucorrouxii*, значительное количество биомассы которых после ферментации и термической обработки, можно выбросить как пищевые отходы.

1.4. Влияние наночастиц на сорбцию ионов металлов

Механизмами для удаления загрязняющих веществ, являются химические реакции и адсорбция поверхностным слоем наночастиц оксида или гидроксида металла [12].

Наночастицы имеют ряд положительных свойств, а именно:

- необходимая долговечность;
- высокая реакционная способность;
- достаточная подвижность;
- низкая токсичность.

Эти свойства делают их превосходной альтернативой глины и цеолита, для сорбции ионов тяжелых металлов.

Наиболее важным свойством наночастиц является способность образовывать водные коллоидные суспензии. Кроме этого, технология производства и применения наночастиц по своим затратам должна быть конкурентоспособна с традиционными методами.

Самые распространенные наночастицы, которые широко используются в промышленности и подходят для очистки воды, это наночастицы Ag, TiO₂ и углеродные нанотрубки[13].

1.5. Наночастицы, осажденные на мицелий плесневых грибов

Наночастицы нашли широкое применение в очистке воды от тяжелых металлов. Они адсорбируют загрязняющие вещества благодаря своей высокой удельной поверхности. 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. Исследователи выращивали различные типы плесневых грибов в среде, содержащей наночастицы благородных металлов. Наночастицы находились в виде коллоидного раствора [14]. Также этими учеными была показана способность плесневых грибов расти в среде, содержащей наночастицы металла. При этом вырастающий мицелий оказывался покрытым наночастицами. Таким образом получается композитный биосорбент с более высокой эффективностью.

Ученые Turkevich J., Hillier J., Stevenson P. C. [15] установили, что в присутствии наночастиц золота, платины или палладия практически не наблюдалось замедления роста плесневых грибов. Этот факт еще в 1951 году подтвердили другие ученые [16], которые выращивали плесень в присутствии золота. Несколько видов грибов даже оказались устойчивыми к наночастицам серебра, опасного для большинства микроорганизмов. Композитный биосорбент представлял собой трубчатую грибницу, полностью покрытую несколькими слоями наночастиц. Немецкие исследователи [16] определили, что свойства осажденных наночастиц на мицелии плесневых грибов почти не отличаются от свойств наночастиц, взвешенных в растворах, т.е. осаждение наночастиц на мицелии не повлияло негативно на их сорбирующие свойства.

1.6. Методы, усиливающие способность к сорбции у биосорбентов

Микроорганизмы, такие как: бактерии, морские водоросли, грибы и дрожжи; способны к эффективному накапливанию тяжелых металлов. Биосорбция работает по таким механизмам обмена как комплексообразование, хелатирование, адсорбция. И живая и мертвая биомасса показывает способность к биосорбции. И эффективность данной биомассы в сорбции металлических ионов зависит не только от питательного, но и от экологического статуса и возраста клетки.

Кроме того, живые клетки подвергаются токсичному эффекту от тяжелых металлов, высокая концентрация металлов может привести к некрозу клеток. Поэтому, предпочтительно использовать мертвую биомассу для биосорбции.

Нежизнеспособную биомассу можно получить посредством предварительной обработки.

Физические методы обработки биомассы: нагревание, обрабатывание в автоклаве, сублимация, кипячение.

Химическая обработка биомассы: использование кислот, щелочи, органических химикатов.

Некоторые из этих методов обработки показали улучшение результатов металлической биосорбции, в зависимости от природы грибковой биомассы.

Например, для исследования эффективности сорбции турецкие ученые [16] делали аналитические расчеты, используя данные о концентрации металлических ионов в растворе до и после сорбции. Для этого в экспериментальных расчетах была использована формула (1) для расчета биосорбционной способности [18]:

$$Q = \left(\frac{C_i - C_f}{m} \right) V, \text{ где} \quad (1)$$

$Q = mg$ количество металлических ионов, биосорбированных на 1 г биомассы;

C_i = начальная металлическая концентрация иона;

C_f = заключительная металлическая концентрация иона;

m = масса биомассы в реагирующей смеси, г;

V = объем реагирующей смеси, л

Использование мертвых клеток предполагает следующие преимущества перед живыми клетками:

- металлическая система удаления не подвергается токсичности;
- нет никакого требования для питательной среды и питательных веществ;
- биосорбент с металлическими ионами можно легко выделить из водного раствора;
- биомасса может быть снова использована.

В результате данных исследований, использование мертвой грибковой биомассы было предпочтительней во многих исследованиях биосорбции токсичных металлических ионов из растворов [17].

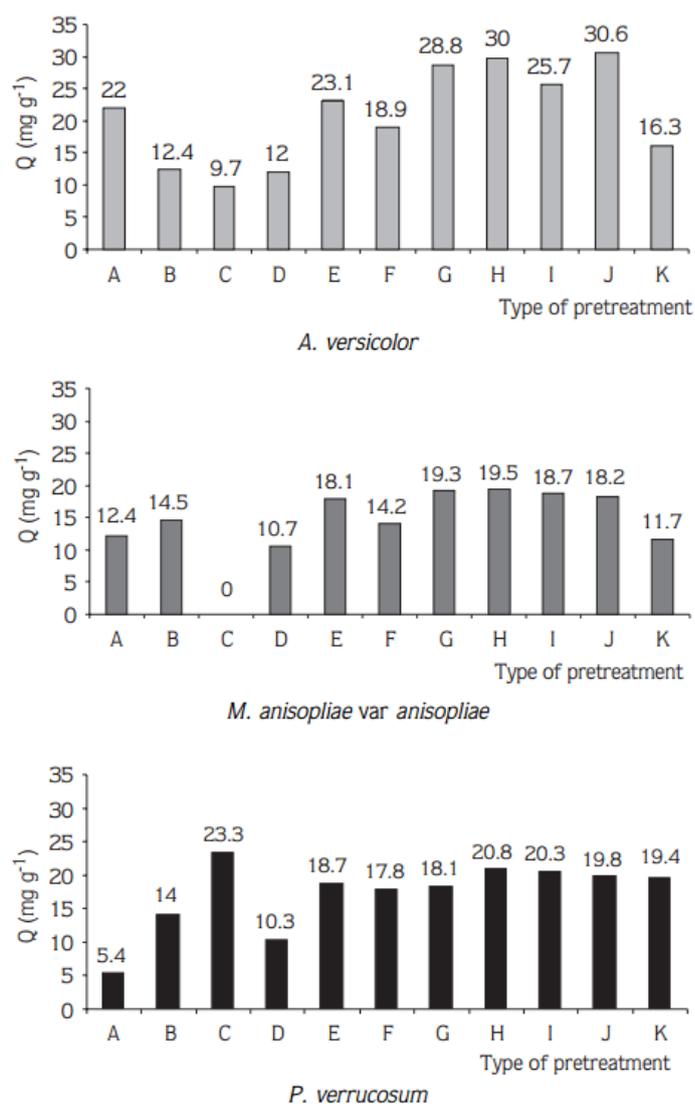


Рисунок 1- Результаты биосорбции Pb^{2+} живой биомассой плесневых грибов [17]

На рис. 1 представлены результаты биосорбции Pb^{2+} живыми грибковыми биомассами для каждого из перечисленных грибов. Биомасса *A. versicolor* имела самый высокий показатель сорбции ионов металлов. Исследования клеточных стенок некоторых грибов показывают дополнительные различия в химическом составе. Изолированная клеточная стенка *A. niger*, например, состоит в основном из нейтральных углеводов и гексозамина, с меньшими суммами липида и белков. Очищенная клеточная стенка из гриба *P. chrysogenum*, состояла из двух слоев и содержала самое большое количество глюкозы, в составе из глюкозамина, галактозы, и маннозы в мольных отношениях 9:4:5:3:1 [18]. Различия биохимического

состава между *A. versicolori* и *P. Verrucosum*, принадлежащие родам *Aspergillus* и *Penicillium*, являются основной причиной их разных результатов биосорбции.

Из-за разновидностей грибковой биомассы, эффект сорбции был рассмотрен до клеточной стенки гриба. Клеточная стенка является не обязательно единственным местом, где расположены изолированные металлы. Они могут также быть найдены в клетках и быть связанными с различными органоидами или в цитоплазме [17]. Сушка и затем размол грибковой биомассы открывают места, где металлические ионы могли быть изолированы, и таким образом увеличивают вероятность столкновения металлических ионов в сорбирующих участках.

Результаты показали, что у большинства мертвых грибковых биомасс была высокая способность биосорбции, по сравнению с живыми клетками. Увеличение биосорбции ионов металлов в результате предварительной обработки биомассы могло произойти из-за воздействия активных металлических связывающих участков, включенных в клеточную стенку, или из-за химических модификаций компонентов клеточной стенки [19].

Ухудшение способности биосорбции при обработке в автоклаве *A. versicolor* и *M. anisopliae* биомассы, могут быть объяснены потерей внутриклеточного давления. Однако некоторые исследователи сообщали о том, что предварительная обработка в автоклаве увеличила способность сорбции микробной биомассой. Согласно Галу и др., такое увеличение сорбционной способности происходило из-за воздействия скрытых связывающих участков, которые активировались после данной обработки [20].

Предварительная обработка с моющим средством и диметилсульфоксидом значительно улучшило биосорбцию тяжелых металлов для каждой грибковой биомассы в этом исследовании [21]. Это объясняется тем, что увеличение металлического внедрения после удаления

белка вызвано разрушением некоторых клеточных групп, которые не могут участвовать в процессе сорбции без обработки со щелочью.

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Плесневые грибы

Разработка методов очистки сточных и промышленных вод от радиоактивных загрязнителей при помощи осажденных на биомассе мицелия плесневого гриба и наночастиц, является новым направлением исследований современных ученых. Также плесневые грибы могут сорбировать ионы тяжелых и радиоактивных металлов из раствора и удерживать их внутри своей биомассы, что обеспечивает дополнительную сорбцию радиоактивных ионов из загрязненной водной среды.

Для состава композитного биосорбента использовали мицелии плесневого гриба в сочетании с нанопорошком оксида металла.

Для работы были выбраны плесневые грибы из рода *Aspergillus*, так как они широко используются в промышленности, например для синтеза лимонной кислоты, обладают высокой устойчивостью к воздействию негативных факторов внешней среды, и быстро растут.

Aspergillus niger –высшие грибы, относятся к царству Грибов (*Fungi*), к роду *Aspergillus*, к отделу *Ascomycota*, к классу эуроциомитетов. Является широко распространенным сапрофитом. Вегетативное тело аспергиллов имеет вид ветвистого мицелия. При нужных условиях может вырасти в виде обильного воздушного мицелия. Плесневый налет состоит из конидиеносцев с конидиями. Конидии осуществляют бесполое размножение и представляют собой споры, которые образуются на конце особых гиф, называемых конидиеносцами[22].Образование зрелых конидий заканчивается через 3—4 суток.

Аспергиллы - аэробные микроорганизмы, хорошо растут на различных субстратах, при различных составах культуральной среды. Образуют плоские пушистые колонии белого цвета, в процессе спорообразования принимают черную окраску [23].

Penicillium–относится к классу эуроциомитетов. Растет в виде зелёного или голубого плесневого налета на продуктах питания, растениях, в

почве. Этот плесневый гриб имеет сходное строение с аспергиллом, также относящимся к плесневым грибам. В отличие от мукора, у пеницилла многоклеточная грибница, тогда как у мукора — одноклеточная[23].

Mucor - род низших плесневых грибов. Относятся к отделу мукоромикетов, и к классу зигомицетов, который насчитывает около 60 видов. Имеют обширную среду обитания, широко распространены в верхних слоях почвы, развиваются на продуктах питания и на органических остатках. В промышленности используется в качестве закваски, так как мукоровые грибы обладают высокой ферментативной активностью, и для получения антибиотиков.

Некоторые виды *Mucor* являются причиной мукоромикоза. При вдыхании споры попадают в легкие, откуда они проходят через кровь в другие органы. Позже, может произойти распространение в центральной нервной системе. Это происходит путем врастания гриба через стенку сосуда. Заражение, как правило, возможно только у пациентов с ослабленным иммунитетом (т.е. по причине СПИДа, химиотерапии или трансплантации костного мозга) [24].

2.2. Нанопорошки

В качестве наночастиц использовали нанопорошки оксида железа, никеля и кобальта.

Область применения ультрадисперсных порошков (УДП) никеля и кобальта постоянно расширяется. Нанопорошки кобальта обладают большой индукцией насыщения, что делает их перспективным материалом для создания магнитных жидкостей и композиционных материалов. В составе суспензий используют наночастицы Ni и Co, как присадку к моторным маслам, которая восстанавливает изношенные детали автомобильных и других двигателей [25].

Размеры наночастиц оксида никеля составляют 20-30нм. Нанопорошки оксида никеля NiO применяются, как: клей и краситель для эмали, для

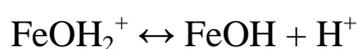
нанесения антиферромагнитного слоя, катализатор, электрохромный материал, пигмент для стекла и керамики, в изготовлении температурных датчиков, в изготовлении электродных конденсаторов.

Нанопорошки кобальта применяются как: катализатор, для изготовления высокоэффективного положительного электрода в производстве литиевых аккумуляторов.

Также кобальт имеет важную биологическую роль, так как входит в состав витамина В₁₂ (кобаламин) и задействован при кроветворении, функциях нервной системы и печени, ферментативных реакциях. Поэтому возможно использование нанопорошков кобальта, как добавки для корма скота, так как это способствует увеличению массы [26].

Оксиды железа представляют собой обширный класс эффективных неорганических сорбентов, которые используются в виде диспергированных частиц, свежесажженных оксидов, гранулированном, а также в модифицированном виде, например в сочетании с полимерами.

Адсорбционная способность наночастиц оксидов железа определяется присутствием поверхностных гидроксильных групп, которые в зависимости от кислотности среды вступают в реакции протонирования-депротонирования:



Наиболее подходящими сорбентами для сорбции тяжелых металлов являются оксиды трехвалентного железа Fe₃O₄, так как они обладают амфотерными свойствами. В таком случае, независимо от условий кислотности среды они будут проявлять либо основные, либо кислотные свойства, сорбируя как анионы, так и катионы [27].

2.3. Методика приготовления питательной среды Сабуро

Для культивирования плесневых грибов использовали питательную среду ГРМ-9 Сабуро, состав которой представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Состав питательной среды «Питательный бульон сухой (ГРМ-бульон)»

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

Взвешивали 20 г сухого порошка питательной среды, растворяли в 1 литре дистиллированной воды и доводили до кипения и кипятили в течение 1-2 минут до полного растворения порошка. Раствор со средой фильтровали через ватно-марлевый фильтр и разливали в стерильные колбы и стерилизовали в автоклаве при 121°C в течение 15 минут.

Посев плесневых грибов проводили в ламинарном шкафу для предотвращения загрязнения окружающей среды спорами микроорганизмов и контаминации питательной среды. Посев микроорганизмов производили микробиологической петлей в питательную среду (рН 4-5) объемом 100-200 мл. Культивирование микроорганизмов проводили в стерильных условиях, в круглодонных колбах объемом 100-250 мл. Культивирование проводили в термостате при постоянной температуре 37°C до появления на поверхности среды пленки грибов определенного размера (2-3 мм). Затем колбы помещали на шейкер и инкубировали при постоянном перемешивании (350 об/мин).

Часть колб после посева помещали в термостат с температурой 37°C на 24 часа, а затем на шейкер при комнатной температуре. Другую часть колб сразу после посева помещали на шейкер при комнатной температуре. Наблюдение за ростом плесневых грибов в обоих случаях вели в течение двух недель.

2.4. Получение композитного биосорбента

Для исследования мы изготавливали гибридные биосорбенты на основе плесневых грибов и наночастиц оксида металла, в сочетаниях: *Aspergillus niger* и наночастицы NiO, *Aspergillus niger* и наночастицы CoO, *Aspergillus niger* и наночастицы Fe₃O₄, *Penicillium* и наночастицы NiO, *Penicillium* и наночастицы CoO, *Mucor* и наночастицы NiO, *Mucor* и наночастицы CoO.

Получение композитных биосорбентов проводили в два этапа. Первый этап заключается в наращивании биомассы для эксперимента.

- 1) Культивирование плесневых грибов.
- 2) Осаждение нанопорошков на мицелии плесневых грибов.

По окончании культивирования мицелий плесневых грибов отделяли от среды Сабуро и трижды промывали дистиллированной водой. В отдельные колбы вместимостью 100 мл добавляли по 50 мл дистиллированной воды, и 0,1 г нанопорошка. Предварительно нанопорошки диспергировали на ультразвуковом диспергаторе ИЛ10. Затем в каждую колбу помещали по 1 г (влажного веса) промытого мицелия, закрывали колбы ватно-марлевыми пробками и перемешивали на шейкере (350 об/мин) в течение суток.

2.5. Лиофильная сушка композитных биосорбентов

Готовые биосорбенты подвергали лиофильной сушке. Композиты в сухом виде можно компактно и долго хранить в сухом контейнере. В таком виде срок годности композита резко возрастает и его легко будет утрамбовать в фильтр. Также продукт получается намного легче, что значительно облегчит его транспортировку.

3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В связи с ухудшением экологической ситуации, вызванной развитием ядерно-энергетического комплекса, ведутся 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 В использует иные способы очистки воды от радиоактивных отходов.

Таблица 3.1 - Карта сегментирования рынка по странам, в которых отходами производства являются жидкие радиоактивные отходы.

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

| | | | | Фирма А

■ Фирма В

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.

3.2 Анализ конкурентных технических решений

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

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 электролитические методы (К1) и это химические (К2) методы. На сегодняшний день множество компаний по очистке сточных используют химические и электролитические методы, тогда как биотехнологические методы очистки (использование гибридных биосорбентов) считаются инновационными, и разрабатываются в научных исследовательских институтах России, Китая, Турции и других стран мира.

Биотехнологический метод очистки сточных вод имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами очистки:

- 1) Экологичность является важным критерием для нашего продукта, т.к. использование в производстве вредных веществ приводит к серьезным последствиям.
- 2) Простота получения данного биосорбента заключается в том, что можно использовать отходы таких крупнотоннажных производств, как получение лимонной кислоты, щавелевой и уксусной кислот,

ферментов глюкозооксидазы и лизоцима, так как в таких производствах используют плесневые грибы, которые являются основным компонентом нашего продукта.

- 3) Низкая токсичность используемых материалов обеспечивает безопасную эксплуатацию данного продукта для человека. А также не предусматривает использование горючих веществ и электроэнергии, что значительно снижает риск возникновения чрезвычайной ситуации.
- 4) Уменьшение времени и эффективность сорбции играет важную роль в экономическом выборе сорбента.
- 5) Наш композитный сорбент можно использовать 3 раза, что является важным фактором, который увеличивает конкурентоспособность нашего биосорбента, в то время как, другие методы сорбции можно использовать только 1 цикл.
- 6) Исследуемый нами сорбент более конкурентоспособен, чем разработки конкурентов. Он более удобен в эксплуатации, а также экономически безопасен, так как после очистки легко извлекается из открытых водоемов, так как наш композитный сорбент не требует специального оборудования.
- 7) Цена производства мицелия достаточно низка. При изготовлении сорбента можно использовать отходы производства лимонной кислоты, что обуславливает затраты только на транспортировку материала.

Таблица 3.2 -Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}

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. Простота получения	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. Эффективность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
5. 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
Итого	1				3,8	3,72	3,31

К₁– Ионный обмен для удаления ионов урана из загрязненных вод (электролитический метод).

К₂- Химическая очистка загрязненных вод от ионов урана.

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.

3.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 3.3 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Заявленная экономичность технологии.	Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей
	С2. Экологичность технологии.	квалифицированных кадров по работе с
	С3. Более низкая стоимость исследований по сравнению с другими.	научной разработкой
	С4. Наличие бюджетного финансирования.	Сл2. Большой срок поставок материалов и комплектующих,
	С5. Удобство эксплуатации.	используемые при проведении научного исследования
	С6. Многократное	Сл3. Низкий уровень проникновения на рынок

	использование	
<p>Возможности:</p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3.Использование разработки в промышленных масштабах</p> <p>В4.Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Инфраструктура ТПУ позволяет проводить исследования в новых лабораториях, обеспечивая финансирование.</p> <p>Появление дополнительного спроса, использование разработки в промышленных масштабах и повышение стоимости конкурентных разработок влияет на все сильные стороны..</p>	<p>Инфраструктура ТПУ обеспечивает исследования квалифицированными кадрами, позволяет снизить срок поставок, продолжительность стадий и повысить уровень проникновения на рынок.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У2. Ограничения на экспорт технологии</p> <p>У3.Введения дополнительных государственных требований к сертификации</p>	<p>Развитая конкуренция может не дать продукту удержаться на рынке.</p> <p>Ограничение на экспорт может способствовать уменьшению бюджетному финансированию.</p> <p>Введение дополнительных требований к сертификации продукта</p>	<p>Чтобы устранить угрозы, необходимо сделать реализацию продукта на рынок с использованием дешевых материалов, которые могут предоставить множество поставщиков. Низкая цена нашего продукта, высокая эффективность и экологическая</p>

<p>продукции</p> <p>У4.Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>и несвоевременное финансовое обеспечение влияет на экономичность продукта.</p>	<p>безопасность повысит его конкурентно способность и уровень проникновения на рынок.</p> <p>Сертификация продукта приведет к ускорению и повышению уровня проникновения на рынок.</p> <p>Использовать простоту эксплуатации технологии по сравнению с конкурентными разработками для внедрения в промышленные предприятия.</p>
--	---	---

Таблица 3.4 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта							
Возможность и проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+	+
	B3	-	+	+	0	-	-
	B4	0	-	+	-	-	-

Таблица 3.5 - Интерактивная матрица проекта

Возможности		Сл1	Сл2	Сл3
-------------	--	-----	-----	-----

проекта	B1	+	-	-
	B2	+	+	-
	B3	+	+	+
	B4	+	+	-

Таблица 3.6- Интерактивная матрица проекта

Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	-	-	-	+	+	+
	У2	+	0	+	+	+	+
	У3	-	-	-	+	-	-
	У4	+	-	+	+	+	+

Таблица 3.7 - Интерактивная матрица проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	+
	У2	-	+	+
	У3	-	-	+
	У4	+	0	+

Были анализированы возможности и угрозы, сильные и слабые стороны данного научно-исследовательского проекта. Снизить перечисленные угрозы поможет поддержка ТПУ, которая обеспечит исследования квалифицированными кадрами, позволит снизить срок поставок и повысит уровень проникновения на рынок данную разработку.

3.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 3 - Морфологическая матрица для методов получения гибридного биосорбента на основе плесневого гриба и нанопорошка оксида металла

	1	2	3
А. Количество мицелия плесневого гриба, г	1	1,25	2
Б. Количество нанопорошка оксида металла, г	0,1	0,2	0,5
В. Температура термообработки, °С	100	135	140

Возможные варианты решения поставленной задачи с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения: А1Б1В1.

Исполнение **1** наиболее оптимальное.

3.5 Планирование исследовательской работы по определению сорбционной активности гибридного биосорбента.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и студент.

Таблица 3.8 -Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны	Ожидания заинтересованных сторон
Научный руководитель	Получение гибридных биосорбентов, в состав которых входит: плесневый гриб рода <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Mucor</i> , а также нанопорошки оксида никеля и оксида кобальта, и исследовать их сорбционную активность к тяжелым металлам из сточных вод
Студент	

Таблица 3.9 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Определение сорбционной активности гибридных биосорбентов
Ожидаемые результаты проекта:	Получить высокий процент сорбции тяжелых металлов
Критерии приемки результата проекта:	Результат проекта должен быть представлен в виде бакалаврской работы

Требования к результату проекта:	Требование:
	Создание композитного биосорбента
	Получение результатов сорбционной активности
	Оценка результатов

Таблица 3.10 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Никишева Виктория Андреевна, НИ ТПУ, студент	Исполнитель	Выполнение научно-исследовательской работы.
2	Чубик Марианна Валериановна, НИ ТПУ, доцент кафедры биотехнологии и органической химии, кандидат медицинских наук	Руководитель работы	Оказание научной и методической помощи при работе над исследованием
3	Верховская Марина Витальевна, доцент кафедры менеджмента, кандидат экономических наук	Консультант раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Оказание методической помощи при работе над разделом «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»
4	Мезенцева Ирина Леонидовна, ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Консультант раздела «Социальная ответственность»	Оказание методической помощи при работе над разделом «Социальная ответственность»

3.6 Структура работ в рамках научного исследования

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 чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (табл. 3.1)

Таблица 3.11 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ра б	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Литературный обзор	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и	6	Проведение теоретических	Бакалавр

экспериментальные исследования		расчетов и обоснований	
	7	Проведение экспериментов	Бакалавр
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	10	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка технологии приготовления композитного сорбента	Бакалавр
	12	Оценка конкурентоспособности разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	13	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Изготовление и испытание опытного образца	14	Получение композитного сорбента	Бакалавр, руководитель
	15	Сорбция урана композитным сорбентом	Бакалавр, руководитель
Оформление комплекта документации по	16	Составление пояснительной записки	Бакалавр

3.7 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется формула:

(2)

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5}, = (3t_{мин} + 2t_{маx})/5 = (3*7 + 2*14)/5 = 9,8 \quad (2)$$

чел.-дн.

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i – ой работы, чел. – дн.;

$t_{минi}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.;

$t_{маxi}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел. – дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, = 8/1 = 9,8 \text{ раб.дн.} \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. – дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

3.8 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 9,8/1,478 = 6,63 \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i – й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i – й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 3.12 - Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнители	Т _р , раб. дн.		Т _к , кал. дн.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел-дн.			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2					
1	Составление технического задания	0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	Р	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	Б	0,1	0,1	0,1	0,1
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	2	2	1	1	Р	0,5	0,5	0,6	0,6
		0,5	0,5	2	2	1	1	Б	0,5	0,5	0,6	0,6
3	Подбор и изучение материалов	5	5	10	10	7	7	Р	0,5	0,7	1,2	1,2
		5	5	10	10	7	7	Б	3,5	3,5	4,2	4,2
4	Патентный обзор литературы	7	7	10	10	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	9,8	9,8
5	Календарное	1	1	2	2	1,4	1,4	Р	0,5	0,7	0,8	0,8

	планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	0,8	0,8
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	3	5	5	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	2,3	2,3
7	Проведение экспериментов	5	5	8	8	6,2	6,2	Б	3,1	3,1	3,7	3,7
8	Сопоставление результатов с теоретическим и исследованиям и	2	2	3	3	2,4	2,4	Р	0,3	0,8	1,4	1,4
		3	3	5	5	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	2,3	2,3
9	Оценка эффективности результатов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
		5	5	6	6	5,4	5,4	Б	2,7	2,7	3,2	3,2
10	Определение целесообразности проведения ВКР	5	5	7	7	5,8	5,8	Р	1,3	2,9	3,5	3,5
		5	5	7	7	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	3,5	3,5
11	Разработка технологии приготовления композитного сорбента	2	2	3	3	2,4	2,4	Б	2,4	2,4	2,9	2,9
12	Оценка конкурентоспособности разработки	5	5	10	10	7	7	Б	3,5	3,5	4,2	4,2
		5	5	10	10	7	7	Р	3,5	3,5	4,2	4,2
13	Разработка социальной ответственности и по теме	7	7	10	10	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,9	4,9
		7	7	10	10	8,2	8,2	Р	4,1	4,1	4,9	4,9
14	Получение композитного сорбента	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	0,1	1,7	2	2
		14	14	28	28	19,6	19,6	Б	9,8	9,8	12	12
15	Сорбция урана композитным сорбентом	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	0,1	1,7	2	2
		5	5	7	7	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	3,5	3,5
16	Составление	13	13	16	16	14,2	14,2	Б	14	14	17	17

	пояснительной записки												
--	--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Р – руководитель

Б – бакалавр

Таблица 3.13 – Календарный план-график проведения НИР по определению сорбционной активности гибридного биосорбента.

Вид работы	Исполнители	$T_{кi}$, дней	Продолжительность выполнения работ														
			февраль		март			апрель			май						
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Составление технического задания	Р	4	■														
Выбор направления исследований	Р, Д	1,2	■	■													
Подбор и изучение материалов	Р, Д	4,2	■	■													
Патентный обзор литературы	Д	9,8		■	■	■	■	■									
Календарное планирование работ	Р, Д	1,2			■	■											
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Д	2,3			■	■											
Проведение экспериментов	Д	3,7 2,2				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Продолжение таблицы 3.13.

Вид работы	Исполнители	$T_{кi}$, дней	Продолжительность выполнения работ																	
			февраль		март			апрель			май									
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3							
Сопоставление результатов экспериментов теоретическими исследованиями	с Р, Д	10,12																		
Оценка эффективности полученных результатов	Р, Д	2,0 3,2 0,6																		
Определение целесообразности проведения ВКР	Р, Д	3,5																		
Оценка эффективности производства и применения разработки	Д	4,2																		
Разработка социальной ответственности	Д	4,9																		
Получение опытного образца	Р, Д	2 12																		
Испытания опытного образца	Р, Д	2 3,5 0,6																		
Составление пояснительной записки	Д	17																		
Руководитель	Дипломник																			

3.9 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расxi}, \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (15%)

Таблица 3.14- Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z _м), руб.
Бульон Сабуро	Килограмм (кг)	0,5	683	1366
ГРМ-агар	Килограмм (кг)	0,3	910	1092
Нанопорошок оксида железа	Килограмм (кг)	0,1	10565	105,56
Нанопорошок оксида никеля	Килограмм (кг)	0,1	1140	114
Нанопорошок оксида кобальта	Килограмм (кг)	0,1	1236	123,6
Итого				2801,16

3.10 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В таблице 3.15 проведены расчеты на затраты амортизационного отчисления специального оборудования.

Таблица 3.15 - Перечень специального оборудования для научных работ.

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Срок службы, лет.
1.	Автоклав паровой Tuttnauer 2340 МК	1	110,2	15
2.	Ультразвуковая лабораторная установка ИЛ100-6/2	1	121,38	6
3.	Спектрофлюориметр Флюорат-02-Панорама	1	413,472	10
Итого:			790,423	

Расчеты по амортизационным отчислениям на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ:

$$E_{ам} = (K_{об} / (t_{сл} * 251)) * t_{дн}; \quad (7)$$

где $K_{об}$ – стоимость ед. прибора или оборудования, руб.;

$t_{сл}$ – срок службы, лет;

$t_{дн}$ – время использования, дней.

Расчет затрат на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_{э} = \sum N_i * T_{э} * C_{э}, \quad (8)$$

где N_i – мощность электроприборов по паспорту, кВт

$T_{э}$ – время использования электрооборудования, час;

$C_{э}$ – цена одного кВт*ч, руб.

$C_{э} = 5,8$ руб/ кВт*ч.

Таблица 3.16 - Расчёт амортизационных отчислений спецоборудования.

№	Наименование оборудования	Цена единицы оборудования, $K_{об}$, руб	Время использования, $T_{об}$, дни	Время использования электрооборудования, час	Норма амортизации, $N_{ам}$, %	Мощность прибора, N_i , кВт	Сумма амортизационных отчислений, $E_{ам}$, руб.	Сумма затрат на электроэнергию, $E_{э}$, руб
---	---------------------------	---	-------------------------------------	--	---------------------------------	-------------------------------	---	---

1	Автоклав паровой Tuttnauer 2340 МК	110200	32	96	11	2,2	2713,63	1224,96
2	Ультразвуковая лабораторная установка ИЛ100-6/2	121380	10	10	11	1,2	805,97	69,6
3	Спектрофлюориметр Флюорат-02-Панорама	413472	5	10	11	0,04	823,65	2,32
Итого:							4343,25	1296,88

3.11 Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (9)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (10)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (11)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: (=10,4)

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

Таблица 3.17 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	0	6
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	257

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{ок} \cdot k_p; \quad (12)$$

где $Z_{ок}$ – заработная плата по окладу, руб.;

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

Таблица 3.18 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	k_p	Z_m , Руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	26300	1,3	34190	1416,64	5	7083,2
Дипломник	1750	1,3	2275	94,26	71	6692,46
Итого $Z_{осн}$						13775,66

3.12 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (13)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (примем равным 0,12).

$$Z_{\text{доп(рук)}} = 0,12 \cdot 7083,2 = 849,984 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (14)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Принимаем равным 0,271.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%¹.

Таблица 3.19 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	7083,2	849,984
Студент-дипломник	6692,46	-
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого: 3963,55		

3.13 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (15)$$

$$Z_{\text{накл}} = 25585,74 \cdot 0,16 = 4093,72 ;$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

¹Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.14 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 3.20 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	2801,16	Пункт 4.4
2. Амортизационные отчисления на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	4343,25	Пункт 4.5
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	13775,66	Пункт 4.6
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	849,98	Пункт 4.7
5. Отчисления во внебюджетные фонды	3963,55	Пункт 4.7
6. Накладные расходы	4117,38	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	29850,98	Сумма ст. 1- 6

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (16)$$

где I – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (17)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 3.21 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Выход продукта	0,25	5	4	4
2. Чистота продукта	0,15	5	5	5
3. Удобство в эксплуатации (соответствует потребителям)	0,15	5	5	5
4. Энергосбережение	0,20	4	4	4
5. Надежность	0,10	5	5	5
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1	4,65	4,4	4,4

Исполнение 1 соответствует варианту использования *Aspergillusniger* в качестве биосорбента, исполнение 2 – *Penicillium*, исполнение 3 – *Mucor*.

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad (18)$$

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (19)$$

Таблица 3.22 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,99	1	0,994
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,95	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	4,65	4.4	4.4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,12	0,94	1

Вывод: В результате написания раздела "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение" было проведено сегментирование рынка. Были выявлены основные потребители нашей продукции. Выявили основных конкурентов и сравнили с ними конкурентоспособность и эффективность нашего продукта. Провели SWOAT –анализ, рассмотрели сильные, слабые стороны нашего продукта, а также угрозы со стороны рынка и конкурентов, были рассмотрены необходимые стратегии, чтобы избежать этих угроз.

В этом разделе была спланирована НИР. Также рассчитали бюджет затрат для научно-исследовательского проекта, который составил 29850,98 рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По полученным результатам можно сделать вывод, что самый эффективный из исследуемых сорбентов является гибридный биосорбент на основе мицелия плесневого гриба *Aspergillus niger* и наночастиц оксида никеля NiO. А биосорбенты на основе мицелия плесневого гриба *Mucor* и наночастиц оксида кобальта, оказались самыми неэффективными.

Сорбент с самой высокой сорбционной способностью является биосорбент на основе *Aspergillus niger* и наночастиц NiO. Биосорбент на основе *Aspergillus niger* и наночастиц Fe₃O₄ показал худший результат. Максимальная степень сорбции была зафиксирована через 24 часа.

В ходе развития проекта, в дальнейшем планируется:

- комбинирование биосорбента с нанопорошками других оксидов металлов;
- разработка специального фильтра с наполнителем из композитного биосорбента, что должно упростить эксплуатацию биосорбента для очистки сточных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Крышев А. И. Динамическое моделирование переноса радионуклидов в гидробиоценозах и оценка последствий радиоактивного загрязнения для биоты и человека. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук, Обнинск, 2008 , с. 3-50.
- 2) Study monitored by an International Advisory Committee under the project management of the Institut de protection et de sûreténucléaire (IPSN), France: Present and future environmental impact of the Chernobyl accident; IAEA-TECDOC-1240 ISSN 1011–4289; IAEA, VIENNA, 2001, p. 64-128.
- 3) J.L. Zhou. Zn biosorption by *Rhizopusarrhizus* and other fungi // *ApplMicrobiolBiotechnol.* 1999. - Вып. 51, С.686-693.
- 4) 2.M. Tsezos, B. Volesky. The mechanism of uranium biosorption by *Rhizopusarrhizus* // *Biotechnology and Bioengineering.* 1982. - Вып. 24. - С.385-401.
- 5) 3.A. Nakajima, T. Sakaguchi. Selective accumulation of heavy metals by microorganisms // *ApplMicrobiolBiotechnol.* 1986. - Вып. 24. - С. 59-64.
- 6) 4.Md. Naseem Akhtar, K. SivaramaSastry, P. Maruthi Mohan. Mechanism of metal ion biosorption by fungal biomass // *BioMetals.* 1996. - Вып. 9. - С. 21-28.
- 7) 5.Мясоедова Г.В., Никашина В.А. Сорбционные материалы для извлечения радионуклидов из водных сред // *Российский химический журнал,* 2006. - №5. - С. 55-63.
- 8) Крышев А. И. Динамическое моделирование переноса радионуклидов в гидробиоценозах и оценка последствий радиоактивного загрязнения для биоты и человека. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук, Обнинск, 2008, с. 3-50.
- 9) Study monitored by an International Advisory Committee under the project management of the Institut de protection et de sûreténucléaire (IPSN), France: Present and future environmental impact of the Chernobyl accident; IAEA-TECDOC-1240 ISSN 1011–4289; IAEA, VIENNA, 2001, p. 64-128/

- 10) F. Veglio, F. Beolchini. Removal of metals by biosorption: a review
Dipartimento di Chimica, Ingegneria Chimica e Materiali, Università
dell'Aquila. 67040 Monteluco di Roio, L'Aquila, Italy., 1996, p. 205-316.
- 11) Л.Ф. Горова, В.Н. Косяков. Клеточная стенка грибов – оптимальная
структура для биосорбции. Институт клеточной биологии и генетической
инженерии НАН Украины, ISSN 0233-7657. Биополимеры и клетка. 1996.
Т.12. №4, с. 49-60.
- 12) Alexander Eychmüller, Nadja C. Royal Society Pub. American Chemical
Society, 2008, p. 4588–4592.
- 13) N. Mueller, B. Nowack., Environ. Sci. Technol. 42, 4447 (2008).
- 14) Cundy, A. B., Hopkinson, L. Use of iron-based technology in contaminated
land and groundwater remediation. Science of the Total Environment, 2008, p.
42-51.
- 15) Turkevich J., Hillier J., Stevenson P. C. A study of the nucleation and
growth processes in the synthesis of colloidal gold. Discuss. Faraday Soc.,
1951, p. 55-75.
- 16) Yan, G., & Viraraghavan, T. Effect of pretreatment on the bioadsorption of
heavy metals on *Mucor rouxii*. Water SA, 26(1), 2000, p. 119–124.
- 17) Cabuk, A., Ilhan, S., Filik, C., & Caliskan, F. Pb²⁺ biosorption by pretreated
fungal biomass. Turkish Journal of Biology, 29, 2005, p. 23–28.
- 18) Volesky B. Biosorption by Fungal Biomass. In: Volesky B. ed. Biosorption
of Heavy Metals. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1990, p. 139-171.
- 19) Huang C, Huang CP. Application of *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae*
for Cu(II) removal. Water Research 30, 1996, p. 141-156.
- 20) Galun M, Galun E, Siegel BZ et al. Removal of metal ions from aqueous
solutions by *Penicillium* biomass: Kinetic and Uptake Parameters. Water, Air,
and Soil Pollution 33, 1987, p. 359-37.
- 21) Ashkenazy R, Gottlieb L, Yannai S. Characterization of acetone washed
yeast biomass functional groups involved in Pb²⁺ biosorption. Biotechnology
Bioengineering 55, 1997, p. 1-10.

- 22) Гиляров М. С. Биологический энциклопедический словарь. ,1986, с. 34.
- 23) Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: в 3-х т. Т. 1.: Пер. с англ./ Под ред. Р. Сопера, 1990, с.368.
- 24) Hans Rieth: Mykologische Diagnostik. Merck, Darmstadt 1986, ISBN 978-3-928865-14-2.
- 25) Гусев А.И. Эффекты нанокристаллического состояния в компактных металлах и соединениях // Успехи физ. наук. 1998. Т. 168. № 1. С. 53 – 83.
- 26) Е.В. Кондратюк, И.А. Лебедев, Л.Ф. Комарова . Очистка сточных вод от ионов свинца на модифицированных базальтовых сорбентах. Ползуновский вестник № 2, 2006, С. 376.
- 27) Лубенцова К. И., Получение и исследование физико-химических свойств композитных сорбентов на основе полистирольных матриц с нанодисперсными оксидами железа, 02.00.06 — Высокмолекулярные соединения, Диссертация на соискание степени кандидата химических наук, Москва, 2016, с. 19-20.

Приложение 1

Спектрофлюориметр Флюорат-02-Панорама

Спектрофлюориметр Флюорат-02-Панорама – это прибор, предназначенный для широкого круга научных и методических исследований спектральных характеристик люминесценции самых разнообразных объектов: растворы, твердые вещества, оптические стекла, порошки. Прибор аттестован как анализатор Флюорат-02, что позволяет проводить измерения массовой концентрации проб в соответствии с утвержденными методиками. Спектральные области в каналах возбуждения и регистрации люминесценции анализатора задаются встроенными светосильными монохроматорами. Флюорат-02-Панорама использует методы люминесценции и фотометрии.

Таблица 1.1 – Технические характеристики прибора Флюорат-02-Панорама

Источник света	импульсная Хе-лампа
Частота импульсов	25 Гц для основного режима; 50 Гц для режима быстрого сканирования (режим быстрого сканирования реализуется посредством программного обеспечения "ПикЭксперт" для выполнения хроматографических измерений)
Спектральный диапазон монохроматора возбуждения	210-840 нм и нулевой порядок
Спектральный диапазон в канале регистрации люминесценции	210-690 нм (опционально 210 - 840 нм) и нулевой порядок
Спектральное разрешение монохроматоров	6-7 нм (модификация для спектроскопических измерений), или 12-14 нм (модификация для хроматографических измерений)
Воспроизводимость установки длины волны	$\pm 0,2$ нм
Точность установки длины волны	± 3 нм

Отношение сигнал/шум для комбинационного рассеяния воды на длине волны возбуждения 350 нм (регистрация 400 нм) при постоянной времени 2 с, не менее	>200:1 для приборов с разрешением 12-14 нм, >100:1 для приборов с разрешением 6-7 нм
Объем анализируемой пробы (в стандартной кювете К10)	3 мл
Предел допускаемого значения абсолютной погрешности при измерении коэффициента пропускания образцов в диапазоне 10-90 %	2 %
Предел допускаемого значения абсолютной погрешности при измерении массовой концентрации (С) фенола в воде в диапазоне 0,01-25 мг/дм ³	вычисляется по формуле: $0,004+0,10 \cdot C$ мг/дм ³
Габариты анализатора	400 x 355 x 150 мм
Масса	13 кг
Электропитание	110/220 В 50/60 Гц
Потребляемая мощность	не более 40 Вт