

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки Техносферная безопасность
Кафедра Экологии и безопасности жизнедеятельности

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Удаление аммиака из водных растворов с использованием цеолитов УДК 661.183.6:628.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Попова Екатерина Дмитриевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Немцова Ольга Александровна			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента ИСГТ	Королева Наталья Валентиновна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Сечин Андрей Александрович	Кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ	Романенко Сергей Владимирович	Доктор химических наук		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования критериев заинтересованных сторон	ФГОС, и/или
<i>Общекультурные и общепрофессиональные компетенции</i>			
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности, знание вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-7, ОК-11, ОК-15, ОПК-1, ОПК-2), Критерий 5 АИОР (п. 2.12)	
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, уметь применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации; использовать современные технические средства и информационные технологии для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.	Требования ФГОС (ОК-12, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5)	
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач, применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ОК-14, ОК-15, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5). Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)	
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-13, ОПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 2.11)	
<i>Профессиональные компетенции</i>			
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-5, ПК-17, ПК-18), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)	
P6	Способность принимать участие в разработке инновационных инженерных проектов в области техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, разрабатывать и использовать графическую документацию, принимать участие в установке, эксплуатации и проведении технического обслуживания средств защиты, следовать корпоративной культуре работодателя.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-14). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)	
P7	Способность ориентироваться в основных проблемах техносферной безопасности, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники, использовать современные методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-4, ПК-5, ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4)	
P8	Способность принимать участие в работе научно-исследовательского коллектива по разработке новых перспективных систем жизнеобеспечения, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, эксперименты, обработку результатов и формулировку выводов.	Требования ФГОС (ПК-14, ПК-15, ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.9)	
P9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в ЧС на объектах экономики.	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12)	

P10	Способность анализировать механизмы и характер воздействия опасностей на человека и природную среду с учетом их специфики; использовать методы определения нормативных уровней допустимых негативных воздействий и проводить измерения уровней опасностей в среде обитания; составлять прогнозы возможного развития ситуации.	Требования ФГОС (ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)
-----	---	--

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) Техносферная безопасность
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Романенко С.В.
(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
1Е2Б	Поповой Екатерине Дмитриевне

Тема работы:

Удаление аммиака из водных растворов с использованием цеолитов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	2822/с от 14.04.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	– Природные цеолиты Шивиртуйского, Сокирницкого, Холинского и Чугуевского месторождений с различным гранулометрическим составом – Статические условия проведения исследования
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– Анализ существующих способов удаления аммиака из водных растворов – Постановка цели и задач исследования – Проведение экспериментов – Обсуждение результатов – Выполнение разделов «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и

	ресурсосбережение» и «Социальная ответственность» – Составление заключения по исследованию
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Королева Наталья Валентиновна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович
Проведение исследования удаления из водопроводной воды аммиака и ионов аммония с применением цеолитов	Маланова Наталья Викторовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.03.2016
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ ИНК ТПУ	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Попова Екатерина Дмитриевна		

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки Техносферная безопасность
Уровень образования Бакалавриат
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
18.03.16	Получение задания и постановка задачи, определение стадий, этапов и сроков разработки	4
24.03.16	Сбор материалов по методам очистки воды от аммиака и ионов аммония	10
30.03.16	Подбор и отработка методик анализа при очистке водопроводной воды от аммиака и ионов аммония	10
15.04.16	Оценка эффективности при применении цеолитов для удаления из водопроводной воды аммиака и ионов аммония	20
30.04.16	Проведение модификации цеолитов	16
05.05.16	Внедрение дополнительной стадии очистки воды с использованием генератора микропузырьковой обработки и гидроксида аммония	10
14.05.16	Согласование полученных данных с руководителем	10
20.05.16	Составление пояснительной записки	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ ИНК	Немцова Ольга Александровна			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ	Романенко Сергей Владимирович	Доктор химических наук, профессор		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Поповой Екатерине Дмитриевне

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, предоставленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT-анализ, QuaD-анализ, конкурентоспособность.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. менеджмента ИСГТ	Королева Наталья Валентиновна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Попова Екатерина Дмитриевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Поповой Екатерине Дмитриевне

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- 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).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность;
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

2. Экологическая безопасность:

- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:

- 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.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны);
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Попова Екатерина Дмитриевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 75 страниц, 8 рисунков, 28 таблиц, 18 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: цеолит, аммиак, ионы аммония, фотоколориметрический метод, модификация.

Объектом исследования являются природные и модифицированные цеолиты Чугуевского, Шивыртуйского, Холинского и Сокирницкого месторождений с различным гранулометрическим составом.

Цель работы – изучение процесса сорбции, основанного на применении природного и модифицированного цеолита, для удаления аммиака и ионов аммония.

В процессе исследования проводились эксперименты на выявление сорбционной способности природных и модифицированных цеолитов к аммиаку и ионам аммония в водных растворах, сравнение эффективности очистки воды данными цеолитами.

В результате исследования был выбран цеолит, имеющий наибольший коэффициент извлечения аммиака и ионов аммония из водных растворов и предложена дополнительная стадия очистки воды для аппаратурно-технологической схемы умягчения подземных вод с использованием генератора микропузырьковой обработки и гидроксида аммония.

Область применения: цеолитный фильтр может быть использован в установках водоподготовки для местного водоснабжения.

Предложенный способ очистки воды является экономически выгодным ввиду маленькой себестоимости сорбента, простоты эксплуатации, регенерации и утилизации использованного материала.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 33045-2014 Межгосударственный стандарт. Методы определения азотсодержащих веществ.

ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.

ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.

ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

ГОСТ 12.1.007-76 "Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности".

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ АММИАКА И ИОНОВ АММОНИЯ.....	15
1.1 Состав сточных вод различных отраслей промышленности	15
1.2 Сорбционный способ очистки воды от ионов аммония.....	16
1.3 Ионообменные способы очистки воды от ионов аммония	18
1.4 Окисление как один из способов очистки воды от ионов аммония.....	19
1.5 Биологический способ очистки воды от ионов аммония	21
1.6 Очистка воды от ионов аммония обратным осмосом.....	23
1.7 Очистки воды от ионов аммония с использованием активного хлора ...	24
1.8 Аэрационный метод очистки воды от ионов аммония.....	25
1.9 Очистка воды от ионов аммония нанофильтрацией.....	27
1.10 Очистка воды от ионов аммония с применением азотной кислоты	27
2 ОБЪЕКТ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ	29
2.1 Методика анализа	29
2.2 Проведение исследования удаления из водопроводной воды аммиака и ионов аммония с применением цеолитов.....	30
2.3 Проведение модификации цеолитов	31
3 РЕЗУЛЬТАТЫ	32
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	36
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	36

4.2	Планирование научно-исследовательских работ	42
4.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	52
4.4	Вывод	54
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	56
5.1	Производственная безопасность	56
5.2	Экологическая безопасность	63
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	64
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	65
6	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
	СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	67
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	69
	Приложение А	71

ВВЕДЕНИЕ

На многих предприятиях пищевой, текстильной, металлургической промышленности, а также на очистных сооружениях бытовых стоков встает вопрос об удалении из сточных вод аммиака и ионов аммония. Данная проблема возникает вследствие токсических свойств этого соединения. Жидкий аммиак, при попадании внутрь организма, вызывает сильные ожоги внутренних органов. При отравлениях парами аммиака наступает расстройство дыхания и кровообращения. Специфическая токсичность аммиака для рыб проявляется в способности аммиака подавлять усвоение кислорода. Вследствие этого рыба страдает от недостатка кислорода. При повышенном содержании аммиака в воде, уменьшается интенсивность фотосинтеза растений. Также аммиак ухудшает органолептические показатели качества воды.

В водных объектах рыбохозяйственного значения предельно-допустимая концентрация (ПДК) аммиака составляет 0,05 мг/л, ПДК иона аммония – 0,5 мг/л, для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 2 мг/л (по азоту) [1,2].

Для умягчения грунтовых вод разработана установка микропузырьковой обработки водных растворов с использованием гидроксида аммония. Этот метод может быть использован для подготовки технических вод. Для подготовки воды, разрешённой для сброса, необходимо добавить новую стадию удаления аммиака и ионов аммония.

В настоящее время известны различные методы удаления ионов аммония из сточных вод: сорбция, ионный обмен, окисление, биофильтрация, обратный осмос, применение активного хлора, аэрация, нанофильтрация, применение азотной кислоты.

Однако экологическая и экономическая составляющая методов существенно отличается для каждого из них. Каждый способ имеет как достоинства, так и ряд недостатков, связанных с предварительной подготовкой сточных вод, эксплуатационными затратами на электроэнергию, требованиями,

предъявляемыми к исходной воде (например, невысокое содержание аммиака и ионов аммония), проблемой сброса регенерата и т.д. Таким образом, целью работы является – изучение процесса сорбции, основанного на применении природного и модифицированного цеолита, для удаления аммиака и ионов аммония. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ существующих методов очистки воды от аммиака и ионов аммония.
2. Исследовать процесс адсорбции ионов аммония на цеолитах природного происхождения.
3. Провести модификацию образцов цеолита для интенсификации процесса адсорбции.
4. Выполнить сравнительную оценку полученных образцов для определения эффективности сорбционных процессов.

1 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ АММИАКА И ИОНОВ АММОНИЯ

1.1 Состав сточных вод различных отраслей промышленности

В век интенсивно развивающейся промышленности встает вопрос об утилизации отходов производства, в частности очистке сточных вод от вредных химических веществ, доведении концентрации этих веществ до нормативных значений качества воды, с последующим сбросом очищенной воды в водные объекты.

По степени воздействия на организм человека аммиак относится к 4-му классу опасности, причем их концентрация в сточных водах промышленности значительно превышает ПДК для водных объектов разных значений. В воде обычно содержатся две формы: аммоний и аммиак. Аммиак сам по себе не опасен, но в воде с другими элементами он может создавать очень токсичные соединения, которые могут нанести вред здоровью человека. Сумма аммиака и ионов аммония составляет общий аммонийный азот. Содержание аммиака, ионов аммония зависит напрямую от водородного показателя. График зависимости концентраций ионов аммония и аммиака от водородного показателя представлен на рисунке 1.

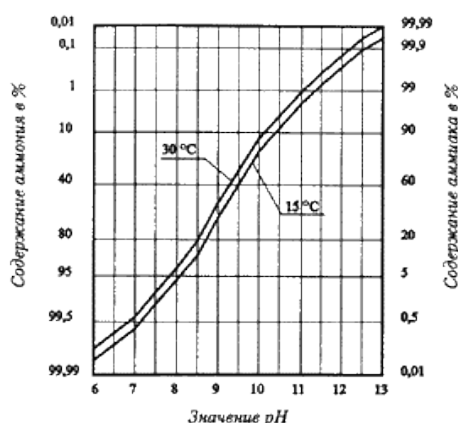


Рисунок 1 – Зависимость содержания ионов аммония и аммиака в воде в зависимости от значений pH и температуры

Как правило, при $\text{pH} < 8$ в воде обнаруживаются ионы аммония. Если $\text{pH} > 11$, то в воде присутствует аммиак. В промежутке значений pH от 8 до 11 содержатся оба вещества [3].

В сточных водах текстильной промышленности концентрация ионов аммония составляет 5,5 мг/л, что в 11 раз выше допустимой концентрации этого вещества для вод водных объектов рыбохозяйственного значения.

В сточных водах предприятий пищевой промышленности (мясоперерабатывающих, консервных, рыбоперерабатывающих, сахарных, птицефабриках) концентрация ионов аммония находится в пределах от 5,3 до 150 мг/л.

В сточных водах предприятий черной металлургии концентрация ионов аммоний достигает 40 мг/л.

Некоторые предприятия используют загрязненную воду в производстве без специальной очистки, например, сточные воды I категории на сахарном заводе имеют концентрация аммиака 5,3 мг/л. Такая вода нуждается лишь в дополнительной аэрации и обеззараживании. Остальные воды, в которых концентрация ионов аммония достигает наиболее высоких значений, требует специальной очистки [4].

1.2 Сорбционный способ очистки воды от ионов аммония

В статье доктора технических наук, профессора Н.И. Ватина «Применение цеолитов клиноптилолитового типа для очистки природных вод» описан метод удаление ионов аммония сорбцией.

Известно, что клиноптилолиты являются селективными сорбентам иона аммония. Высокие требования к его содержанию в питьевой и особенно в питьевой бутилированной воде могут быть выполнены только с применением клиноптилолита.

Следует отметить, что динамические кривые сорбции иона аммония на природных цеолитах имеют достаточно пологий вид (рисунок 2), что требует для

получения высокой эффективности очистки и приемлемого ресурса (для зернения 1-5 мм) применения высоты сорбционной загрузки не менее 2,0-2,5 м.

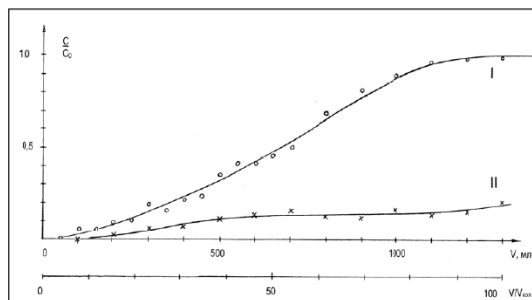


Рисунок 2 – Динамические кривые адсорбции иона NH_4^+ Бадинским цеолитом в природной (I) и Na^+ форме (II)

Весьма перспективным методом для удаления ионов аммония является применение мелкодисперсного природного цеолита в аппарате с перемешиванием. В этом случае доза порошка природного цеолита будет составлять 1,6-2,0 г/л для сточных вод, что позволит достичь эффективности процесса не менее 85%. Существенным преимуществом такой технологии является ее безотходность, так как отработанный и насыщенный ионом NH_4^+ природный цеолит может быть использован в качестве питательной добавки (мелиоранта) в почву – как источник азота для питания растений.

В таблице 1 представлены результаты по очистке воды из реки Вуокса Ленинградской области на установке непрерывной реагентной очистки, полученные в разное время одного сезона (май-июнь).

Таблица 1 – Доочистка поверхностных вод с помощью сорбции на клиноптилолите в Na^+ форме

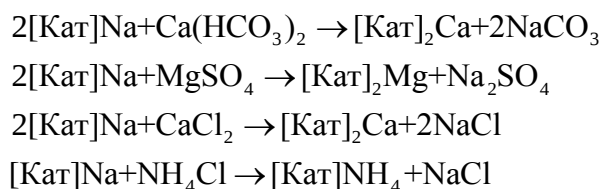
Показатель	Проба 1		Проба 2	
	Исходная вода	После сорбции на цеолите	Исходная вода	После сорбции на цеолите
Аммоний, мг/л	0,3	< 0,05	0,8	< 0,05

Таким образом, можно сделать вывод, что, используя клиноптилолит в Na^+ форме, можно уменьшить содержание иона аммония, цветность и запах. Кроме того, использованный сорбент может быть использован как источник азота для питания растений [5].

Существует ещё один метод сорбции ионов аммония на неорганических сорбентах, основанный на применении синтетических и природных сорбентов - цеолитов, обладающих различной степенью селективности по отношению к аммонiu. Для удаления аммонийных соединений широко применяется специальный ионообменный синтетический цеолит на основе алюмосиликата натрия Crystal-Right CR-100 производства компании Mineral-Right (США). Фильтрующий материал Crystal-Right CR-100 способен также удалять небольшие количества сероводорода. Учитывая то, что сероводород является сильным восстановителем и препятствует процессу окисления, снижение его концентрации также облегчает процесс окисления и фильтрации. Область применения сорбента Crystal-Right CR-100: одновременное удаление железа, марганца, солей жесткости, аммония и коррекция водородного показателя pH из кислой в сторону щелочной среды. Сорбент Crystal-Right CR-100 способен бороться с концентрациями аммиака и солей аммония в воде до 10 мг/л, требует низких значений скорости обратной промывки при регенерации, которая ниже чем скорость обработки воды, устойчив к активному хлору в обрабатываемой воде. Регенерация фильтрующих установок с Crystal-Right CR-100 осуществляется рассолом хлорида натрия. Особенность применения сорбента Crystal-Right CR-100 для приоритетного удаления аммония в обеспечении более низких в сравнении с умягчением линейных скоростях потока через фильтр (8- 15 м/ч) [6].

1.3 Ионообменные способы очистки воды от ионов аммония

Ионообменные процессы, а именно стадия умягчения на органическом сильнокислотном катионите, наряду с удалением солей жесткости дают частичное снижение содержания ионов аммония. Схематически этот процесс можно представить следующим образом:



Опыт специалистов центра «Акваэкология» по эксплуатации систем с частичным умягчением воды, подтвержденный производственными экспериментами, показывает, что снижение содержания ионов аммония до уровня менее ПДК водоёмов хозяйственно-питьевого назначения возможно при превышении исходного содержания над ПДК водоемов хозяйственно-питьевого назначения в 1,5-1,8 раз. Общая жесткость воды и наличие в воде ионов калия процесс сорбции ионов аммония на катионите ограничивает. Таким образом, применение ионообменных технологий для очистки воды от аммонийного азота влечет за собой дополнительные расходы по организации циклов умягчения и повышает кратность циклов регенерации [7].

Таким образом, данный метод имеет достоинство, заключающееся в решении одновременно двух проблем: жесткость и ионы аммония. Однако достижение требуемой допустимой концентрации для ионов аммония возможно лишь при небольших превышениях концентрации, поэтому данный способ не является достаточно целесообразным для промышленных производств. Кроме того, встает проблема необходимости обработки регенератов и сложности с их сбросом.

1.4 Окисление как один из способов очистки воды от ионов аммония

В статье И.А. Небукиной «Влияние органических соединений на эффективность удаления ионов аммония из сточных вод методом окисления» описан метод окисления ионов аммония гипохлоритом натрия для определения оптимальных условий его проведения в отсутствие и присутствии органических соединений. На рисунке 3 представлены зависимости остаточных концентраций ионов аммония от количества в растворе гипохлорита натрия при различных рН.

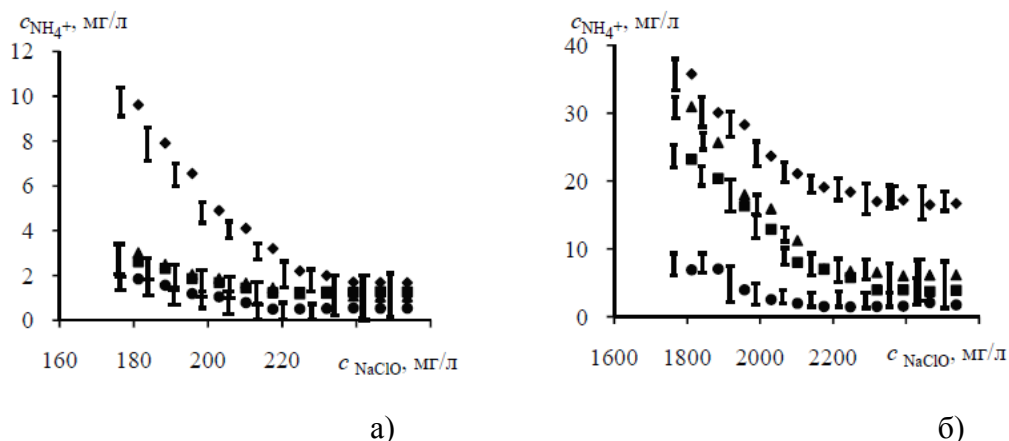


Рисунок 3 – Изменение остаточной концентрации ионов аммония в зависимости от количества в растворе гипохлорита натрия при различных pH; исходная концентрация ионов аммония 36 мг/л (а), 360 мг/л (б):

● – pH = 10,5; ■ – pH = 8,0; ▲ – pH = 7,0; ♦ – pH = 5,0

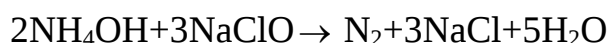
Анализ полученных данных позволяет заключить, что оптимальными условиями проведения реакции окисления, определяющими наибольшую эффективность удаления ионов аммония, являются:

- pH $\geq 7 - 8$;
- избыток гипохлорита не более 3 % мас.

В проведенных сериях экспериментов максимальная степень удаления ионов аммония составила в отсутствие органических соединений – 98 % (минимальная остаточная концентрация – 0,5 мг/л), а в их присутствии – 92 % (минимальная остаточная концентрация – 2,0 мг/л).

При одном и том же содержании органического соединения увеличение его молекулярной массы приводит к росту остаточной концентрации ионов аммония. Наблюдается закономерный сдвиг оптимального соотношения реагирующих компонентов в сторону увеличения концентрации гипохлорита натрия в случае присутствия в растворе органических соединений. В этом случае максимальная степень удаления ионов аммония (~ 92 %) может быть достигнута при избытке окислителя около 10 % мас.

Этот процесс можно представить следующим образом:



Минимальная остаточная концентрация ионов аммония в исследованных системах составила – 0,5 мг/л [8].

Предложенный способ является достаточно эффективным для удаления ионов аммония. Однако такой способ требует предварительной подготовки исходной воды, например, повышение pH до необходимых пределов. Значение pH сточных вод вышеперечисленных производств колеблется от 6 до 8. Кроме того наибольшая эффективность достигается при отсутствии в сточной воде органических соединений, что нецелесообразно для сточных вод предприятий пищевой промышленности.

1.5 Биологический способ очистки воды от ионов аммония

Ещё один метод удаления аммонийного азота из воды был предложен Ю.В. Литти в своей диссертации «Анаэробное окисление аммония и метаногенез в системах аэробной очистки сточных вод с иммобилизацией микроорганизмов».

Снижение концентрации аммонийного азота в воде происходит за счёт потребления аммония анаммокс-бактериями, после предварительного образования молекулярного азота. Как пишет автор: «С целью исследования образования молекулярного азота был поставлен длительный эксперимент с использованием среды, содержащей нитрит и аммоний. В течение шести месяцев культивирования активного ила нитрит активно потреблялся, а потребления аммония не наблюдалось, а даже происходило увеличение его концентрации за счет разложения азотсодержащих органических веществ биомассы ила (рисунок 4).

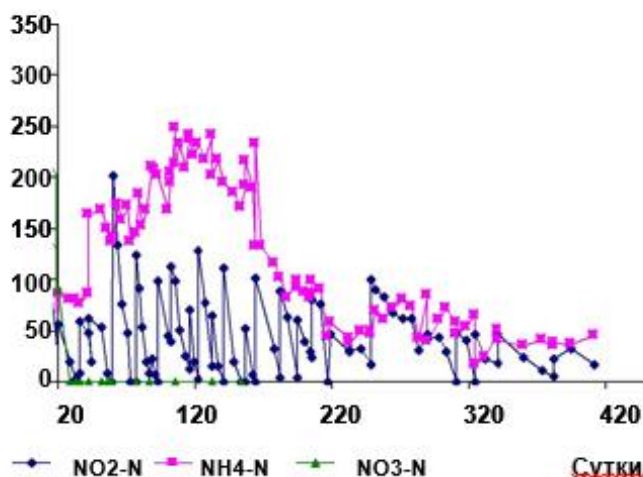


Рисунок 4 – Изменение концентрации аммонийного и нитритного азота в реакторе с активным илом

В этот период протекала гетеротрофная денитрификация, что подтверждалось активным образованием молекулярного азота. В дальнейшем содержание растворенных органических веществ снизилось до следовых значений. Хотя потребление нитритов снизилось, началось потребление ионов аммония и протекало образование молекулярного азота, что указывает на осуществление процесса анаммокс и развитие анаммокс-бактерий. В пробах ила после 4 месяцев культивирования методом *in situ*-гибридизации (FISH) с $Cy3$ -меченым олигонуклеотидным зондом PLA46 показано присутствие физиологически-активных планктомицетов, к которым принадлежат все известные на сегодняшний день анаммокс-бактерии. Полученные результаты указывают на то, что в активном иле экспериментальной станции очистки сточных вод в пос. Красная поляна, Сочи, удаление азота происходит преимущественно за счет процессов нитри- и денитрификации, однако даже в условиях активной аэрации в активном иле присутствуют анаммокс-бактерии, которые вероятно, вносят определенный вклад в общее удаление азота».

В то же время качество очищенной на КОС воды соответствует жестким нормативам сброса в водные объекты рыбохозяйственного значения (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание основных загрязнений в сточной воде, поступающей на очистку (нитри-денитрификация и анаммокс) на КОС «ЭКОС» и выпускаемой после очистки в реку Мзымта.

Основные загрязнения	Концентрация на входе, мг/дм ³	Концентрация на выходе, мг/дм ³
БПК полное	149,5	2,8
Азот аммонийный	18,3	0,33
Азот нитритов	0,1	0,005

При изучении процессов денитрификации и анаммокса в периодический реакторах были замечены следующие явления: в течение первого месяца в реакторах протекало потребление нитрита и аммония, свидетельствующее об активности анаммокс-бактерий, в последующие три-четыре месяца протекало активное потребление нитрита, без уменьшения концентрации аммония. Более того, протекало образование аммония из неактивной биомассы, и осуществлялся процесс денитрификации. К концу пятого месяца эксперимента началось потребление нитрита и аммония. Образование молекулярного азота уменьшилось по сравнению с периодом денитрификации [9].

Данный способ эффективно снижает содержание аммонийного азота в воде. Однако он требует длительного времени для достижения требуемого результата, кроме того этот метод помимо снижения концентрации аммонийного азота, снижает концентрацию нитритного азота и повышает концентрацию нитратного. В сточных водах выше представленных отраслей промышленности концентрации нитритного и нитратного азота находятся в допустимых пределах, поэтому нет необходимости снижать их концентрацию. Этот способ может быть применён для контрольной глубокой очистки сточной воды с последующим обеззараживанием, которое требует дополнительных затрат.

1.6 Очистка воды от ионов аммония обратным осмосом

При использовании обратного осмоса, помимо удаления аммония, происходит также неспецифическое удаление и других примесей изводы на 90-98%. Удаление ионов аммония на обратноосмотических установках

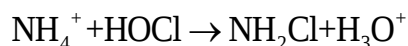
происходит при общем обессоливании воды. В случае превышения норм по аммонии в исходной воде при организации обратноосмотического процесса, существуют два пути получения питьевой воды, соответствующей предъявляемым требованиям. Первый – организация подпитки необработанной водой в количестве, при котором содержание аммония после смешения потоков не превосходит ПДК водоемов хозяйственно-питьевого назначения. Второй – создание питьевой воды с искусственной минерализацией путем пропускания всего потока обессоленной воды через специальные загрузки, насыщающие воду ионами кальция и магния, например, «Calcite», «Corosex», или введение необходимых солевых добавок при помощи дозирующих комплексов [7]. Удаления более высоких концентраций аммония (например, для сброса в водоем рыбохозяйственного значения) достигается подбором аммоний-селективности обратноосмотических мембран.

Побочный эффект применения обратноосмотического метода очистки – значительное обессоливание и умягчение воды, высокие капитальные расходы при необходимости получения высоких производительностей очистки, значительные объемы сброса концентрата, эксплуатационные расходы на подготовку воды и искусственная минерализация пермеата, характерная для высокого содержания аммония в обрабатываемой воде и невозможности подмеса исходной воды к пермеату [6].

1.7 Очистки воды от ионов аммония с использованием активного хлора

Этот метод достаточно эффективен и позволяет удалять высокие концентрации аммонийного азота, с последующей фильтрацией окисленной хлорорганики активированным углем. В условиях небольших производств применение метода ограничено необходимостью в постоянном контроле за составом воды и содержанием в ней хлорорганических соединений (при этом нужно учитывать то, что вода, предназначенная для розлива не должна

обрабатываться активным хлором). Также нужно учесть, что применение для окисления аммония других окислителей – кислорода, озона, перманганата калия, хлорамина – менее эффективно в сравнении с хлором и в зависимости от непосредственно применяемого окислителя способно удалять значительно меньшие концентрации аммония. Окисление аммония активным хлором до монохлорамина в условиях нейтральной среды и при его недостатке происходит по реакции:



При увеличении содержания активного хлора образуются дихлорамины и трихлорамины, которые легко фильтруются активированными углями. Дополнительным положительным эффектом от окисления аммония активным хлором можно считать параллельное обеззараживание воды, окисление железа, марганца, сульфидов и сероводорода до серы и сульфатов, ядовитых нитритов до менее опасных нитратов. Метод обладает наиболее низкими эксплуатационными расходами на применяемые реагенты [6]. Однако хлор может оказывать токсическое воздействие, как на рыб, так и на организм человека, так же хлорированная вода вызывает коррозию оборудования.

1.8 Аэрационный метод очистки воды от ионов аммония

В диссертации С.А. Ивановой «Разработка технологии очистки природных вод от соединений бора, аммония и железа» кратко затронут очередной метод удаления аммония с помощью аэрации.

В процессе очистки воды от бора на ступени аэрации происходит гидролиз солей аммония в щелочной среде и удаление аммония (в процессе продувки). Как видно на рисунке 5, концентрация аммония достигает нормативных значений через 25 минут после начала аэрации (при расходе воздуха до 200 л/час на литр воды) [10].

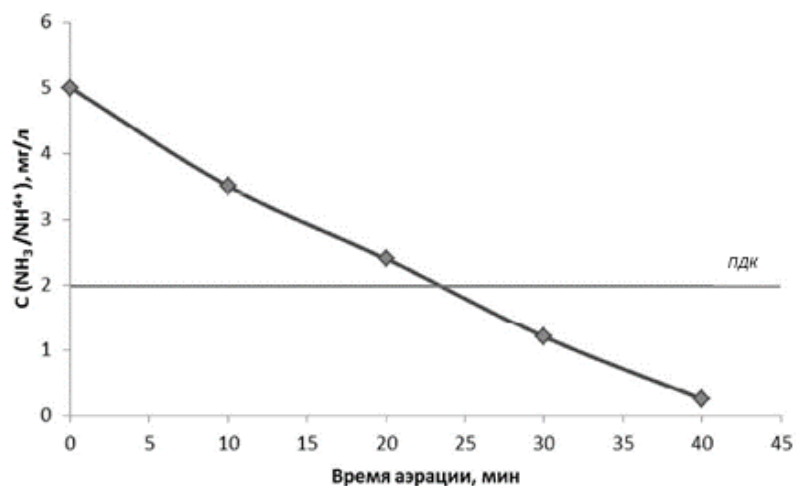


Рисунок 5 – Зависимость концентрации соединений аммония (по азоту) от времени аэрации

На рисунке 5 представлена схема аэрации воды.

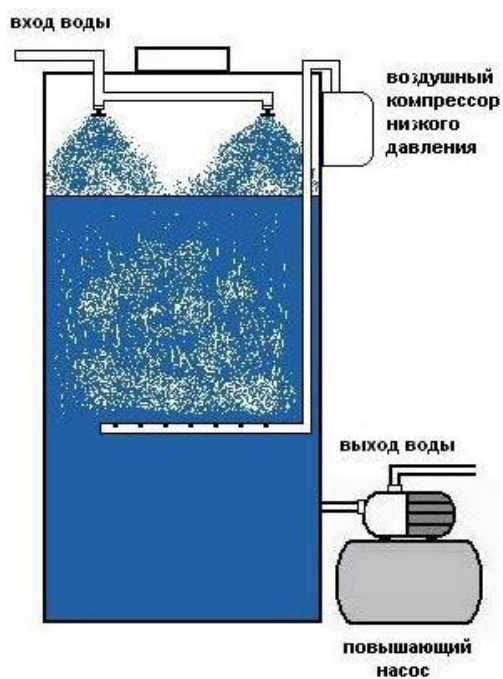


Рисунок 6 – Схема аэрации воды

Эффективность данного метода обуславливается затратами на электроэнергию.

1.9 Очистка воды от ионов аммония нанофильтрацией

При использовании нанофильтрации для удаления аммония происходит удаление двухвалентных ионов, в частности солей жесткости и сульфатов на 90-95 %. Содержание ионов аммония снижается при этом на 40-50%. Таким образом, в случае незначительного превышения ПДК по этому иону (не более, чем в 2 раза), возможно получение питьевой воды после мембранной установки нанофильтрации без дополнительной обработки [7].

Представленный способ не целесообразен для очистки сточных вод на промышленных предприятиях, так как достижение нормативных показателей возможно лишь при небольшом превышении ПДК аммония в сточной воде.

1.10 Очистка воды от ионов аммония с применением азотной кислоты

Сточные воды обрабатывают азотной кислотой при температуре 100-350 °С под давлением. Мольное соотношение органического углерода к аммонийному азоту составляет 0,3:1 - 4:1. Количество азотной кислоты составляет 1-10 % мас. от массы сточных вод. Достигаемое предлагаемым способом количественное разложение аммониевых ионов обусловлено тем, что органический углерод промежуточно восстанавливает азотную кислоту до азотной кислоты, которая с аммониевыми ионами может превращаться в азот. Если сточные воды не содержат органический углерод в количестве, обеспечивающем мольное соотношение органического углерода к аммонийному азоту в заявленных пределах, то к ним добавляют органический углерод, что может осуществляться путем смешивания с другими, содержащими больше органического углерода сточными водами или также путем добавления других окисляемых органических отходов.

Содержащие аммоний сточные воды очень часто содержат также первичные, вторичные или третичные амины, которые дают необходимый

углерод, причем сама концентрация аминов значительно снижается. Поэтому предлагаемый способ является особенно пригодным для обработки сточных вод производства аминов.

Например, исходная вода содержит 0,3 % NH_4^+ , её обрабатывают 2 % мас. азотной кислотой при температуре 280 °С и давлении 80 бар в течение 10 мин. Очищенная вода имеет в составе $\text{NH}_4^+ = 0,005$ % [11].

Данный способ эффективно удаляет ионы аммония из сточной воды. Недостатками способа являются высокая температура процесса и необходимость работы оборудования под повышенным давлением, что усложняет и удорожает процесс.

Сравнивая методы удаления ионов аммония из воды, необходимо отметить, что целесообразность применения какого-либо способа сильно зависит от требуемой производительности, капитальных, эксплуатационных затрат и исходного содержания этой примеси. На выбор системы оказывает определяющее влияние то, что требуется ли очистка воды по другим компонентам, или же необходимо удалять исключительно эту примесь.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Методика анализа

Определение содержания аммиака и ионов аммония в воде проводилось фотометрическим методом в соответствии с ГОСТ 33045-2014 «Методы определения азотсодержащих веществ» (п. 5), основанном на способности аммиака и ионов аммония взаимодействовать с реактивом Несслера с образованием окрашенного в желто-коричневый цвет соединения с последующим фотометрическим определением и расчетом массовой концентрации определяемых компонентов в пробе исследуемой воды.

Для определения содержания аммиака и ионов аммония в водопроводной воде, в колбу вместимостью 50 см³) помещали аликвоту пробы объёмом 25 см³ и доводили до метки дистиллированной водой. Согласно методике, в колбу прибавляли 1 см³ раствора виннокислого калия-натрия (используется для устранения жёсткости и большого количества железа) и 1 см³ реактива Несслера, перемешивали. Через 10 минут проводили измерения оптической плотности (А) на фотоэлектроколориметре при длине волны 400 нм и оптическом пути длиной 2 см. Массовая концентрация аммиака и ионов аммония в пробе воды С, мг/дм³, рассчитали по формуле:

$$C = \frac{D - D_0}{\sum} \times \frac{V_{\text{колб.}}}{V_{\text{пр.}}} \times 14000, \quad (1)$$

где С – концентрация аммиака и ионов аммония по азоту, мг/дм³;

D, D₀ – оптические плотности пробы и холостой пробы;

$\sum$ – коэффициент экстинкции, дм³/ моль × см;

V_{колб.} – вместимость мерной колбы, см³;

V_{пр.} – объём аликвоты пробы, см³ [12].

2.2 Проведение исследования удаления из водопроводной воды аммиака и ионов аммония с применением цеолитов

В ходе работы была изучена сорбционная способность четырёх образцов цеолитов разных месторождений (Холинское, Чугуевское, Шивыртуйское и Сокирницкое) с разными значениями фракции (таблица 3). Химический состав и характеристики цеолитов представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Наименование цеолитов и размеры фракций

Наименование цеолита	Фракция, мм
Холинский	менее 0,1
	0,5 – 1
	1 – 2,5
Чугуевский	менее 0,1
	1 – 1,4
Шивыртуйский	менее 0,1
	1,5 – 2,5
Сокирницкий	менее 0,1
	0,7 – 1,5

Таблица 4 – Химический состав и характеристики цеолитов

Месторождение				
Показатель	Сокирницкое	Холинское	Шивыртуйское	Чугуевское
Тип минерала	клиноптилолит	клиноптилолит, морденит	клиноптилолит	морденит, клиноптилолит
Плотность, г/см ³	2,42	2,38	2,18	2,38
Содержание минерала	40-80	48-53	40-50	70-80
Объемная масса, г/см ³	1,43	1,56	1,68	1,91
Катионообменная способность, мг-экв/100 г	51,51	72,72	64,9	45,98
pH	6,6	6,2	9,5	-
Химический состав, %				
SiO ₂	68,02	65,75	62,34	69,43
Al ₂ O ₃	13,04	12,00	14,86	13,08
CaO	2,71	1,89	3,29	2,69
MgO	0,53	0,56	0,14	0,49
Na ₂ O	1,57	0,60	1,05	0,78
K ₂ O	2,64	3,19	2,18	3,22
Токсичные элементы, мг/кг				
Свинец	20	40	60-90	10
Мышьяк	20	10	40	10
Ртуть	10	-	-	20

Для исследования в мерный стакан вместимостью 1000 см³ отбирали пробу водопроводной воды объёмом 500 см³. К пробе прибавляли 0,25 см³ раствора NH₄OH (квалификации х.ч.), перемешивали. Затем, полученный раствор пропускали через фильтр красная лента, для избавления от мешающих влияний. В мерный стакан вместимостью 500 см³ отбирали 2 г навески цеолита и прибавляли 200 см³ отфильтрованного раствора. Полученную смесь перемешивали на магнитной мешалке в течение 150 минут. После этого, профильтровывали раствор через фильтр синяя лента. Далее, в мерные колбы объёмом 50 см³ помещали 1 см³ исходной воды, доводили до метки дистиллированной водой. В мерную колбу на 50 см³ помещали 2 см³ очищенной воды, доводили до метки дистиллированной водой. Далее, измеряли оптическую плотность растворов и проводили расчёт концентрации аммиака и ионов аммония. Эффективность очистки рассчитывали по формуле:

$$\eta = \frac{C_{исх.} - C_{оч.}}{C_{исх.}} \times 100\%, \quad (2)$$

где η – эффективность очистки, %;

$C_{исх.}$ – исходная концентрация, мг/дм³;

$C_{оч.}$ – концентрация после адсорбции, мг/дм³.

2.3 Проведение модификации цеолитов

Модификация цеолитов проводится с целью придания им ионообменных свойств, а, следовательно, увеличению эффективности очистки воды.

Для исследования 10 г NaCl помещали в стеклянный стакан объёмом 2000 см³, добавляли 1000 см³ дистиллированной воды и перемешивали до полного растворения реагента. Затем в данный раствор помещали 10 г исследуемого носителя и отстаивали 1 сутки, при периодическом перемешивании. После суток отстаивания, раствор сливали, а носитель сушили в сушильном шкафу при 110 °С (носитель и модификатор брались в соотношении 1:1) [13].

3 РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты работы приведены в таблицах 5, 6, 7.

Таблица 5 – Содержание аммиака и ионов аммония в растворе до и после очистки цеолитами

Образец цеолита	Фракция, мм	Исходная концентрация, мг/дм ³	Концентрация после адсорбции, мг/дм ³	Эффективность, %
Холинский	менее 0,1	79,14	32,26	59,24
	0,5-1	79,14	33,66	57,47
	1-2,5	79,14	33,58	57,57
Чугуевский	менее 0,1	79,14	32,89	58,44
	1-1,4	79,14	30,38	61,61
Шивыртуйский	менее 0,1	79,14	43,01	59,49
	1,5-2,5	79,14	58,43	26,17
Сокирницкий	менее 0,1	79,14	24,67	73
	0,7-1,5	79,14	44,93	43,23

Исходя из результатов, представленных в таблице 4, следует, что наибольшую эффективность удаления аммиака и ионов аммония из раствора имеет цеолит Сокирницкого месторождения с размером фракции менее 0,1 мм. Наименьшую эффективность показывает цеолит Шивыртуйского месторождения с размером фракции 1,5–2,5 мм.

Таблица 6 – Содержание аммиака и ионов аммония в растворе до и после очистки модифицированными цеолитами

Образец цеолита	Фракция, мм	Исходная концентрация, мг/дм ³	Концентрация после адсорбции, мг/дм ³	Эффективность, %
Холинский	менее 0,1	79,14	26,07	67,05
	0,5-1		31,16	60,63
Чугуевский	1-1,4		43,62	44,89
Шивыртуйский	менее 0,1	79,14	41,15	48
Сокирницкий	менее 0,1		31,2	60,58

Из таблицы 5 видно, что наибольшую эффективность имеет модифицированный цеолит Холинского месторождения с размером фракции менее 0,1 мм, наименьшую эффективность имеет модифицированный цеолит Чугуевского месторождения с размером фракции 1–1,4 мм.

Таблица 7 – Значения эффективности цеолитов до и после модификации

Образец цеолита	Фракция, мм	Эффективность до модификации, %	Эффективность после модификации, %
Холинский	менее 0,1	59,24	67,05
	0,5-1	57,47	60,63
Чугуевский	1-1,4	61,61	44,89
Шивыртуйский	менее 0,1	59,49	48
Сокирницкий	менее 0,1	73	60,58

Таким образом, можно сделать вывод, что модификация образцов цеолитов привела к увеличению эффективности цеолита только Холинского месторождения с размером фракции менее 0,1 мм и от 0,5 до 1 мм.

Расчёт концентрации аммиака и ионов аммония после очистки воды и определение эффективности цеолита на примере цеолита Чугуевского месторождения с размером фракции менее 0,1 мм.

- 1) Расчёт концентрации аммиака и ионов аммония в пробе исходной воды:

$$D = 0,685$$

$$D_0 = 0,121$$

$$V_{\text{колб.}} = 50 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{пр.}} = 1 \text{ см}^3$$

$$\sum = 4980 \text{ дм}^3 / \text{моль} \times \text{см}$$

Расчёт проводили по формуле 1:

$$C_{\text{исх.}} = \frac{0,685 - 0,121}{4980} \times \frac{50}{1} \times 14000 = 79,14 \text{ мг/м}^3$$

- 2) Расчёт концентрации аммиака и ионов аммония в пробе очищенной воды

$$D = 0,589$$

$$D_0 = 0,121$$

$$V_{\text{колб.}} = 50 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{пр.}} = 2 \text{ см}^3$$

$$\sum = 4980 \text{ дм}^3 / \text{моль} \times \text{см}$$

Расчёт проводили по формуле 1:

$$C_{\text{чуг.}} = \frac{0,589 - 0,121}{4980} \times \frac{50}{2} \times 14000 = 32,89 \text{ мг/м}^3$$

3) Определение эффективности очистки цеолита:

Расчёт проводили по формуле 2:

$$\eta = \frac{79,14 - 32,89}{79,14} \times 100\% = 58,44\%$$

Остальные расчёты проводили аналогично.

В результате проведенных исследований была предложена дополнительная стадия очистки воды от ионов аммония для аппаратурно-технологической схемы умягчения подземных вод с использованием генератора микропузырьковой обработки и гидроксида аммония. Исходная вода под давлением, создаваемым насосом, поступает в микропузырьковую камеру 1, где проходит обработку в гидродинамическом генераторе для получения микропузырьковой газожидкостной среды. Полученная микропузырьковая газожидкостная среда перемещается в бак-реактор 3, предварительно смешиваясь с гидроксидом аммония, который подается через дозатор 2. На этом участке схемы происходит интенсивное образование зародышей твердой фазы. Расход реагента составляет 0,5 дм³ на 1 м³ обрабатываемой воды. Этим достигается введение в систему очистки воды гидроксида аммония до его содержания, равного 0,012 мас. %, что соответствует снижению жесткости воды до значения 1,6 °Ж.

В баке-реакторе 4 протекает процесс кристаллизации карбоната кальция. Высота аппарата зависит от производительности установки и рассчитывается с учетом скорости роста кристаллов CaCO₃. Образующаяся суспензия разделяется в патронном фильтре 4. Наиболее подходящим для этой цели является патронный фильтр марки «ФМО». При необходимости патронный фильтр регенерируют обратным током очищенной воды. Далее умягченная вода поступает на цеолитный фильтр 5, где происходит сорбция аммиака и ионов аммония. В цеолитный фильтр загружается цеолит Сокирницкого

месторождения с фракцией менее 0,1 мм. Периодичность регенерации фильтров зависит от производительности установки и содержания солей жесткости в очищаемой воде [14].

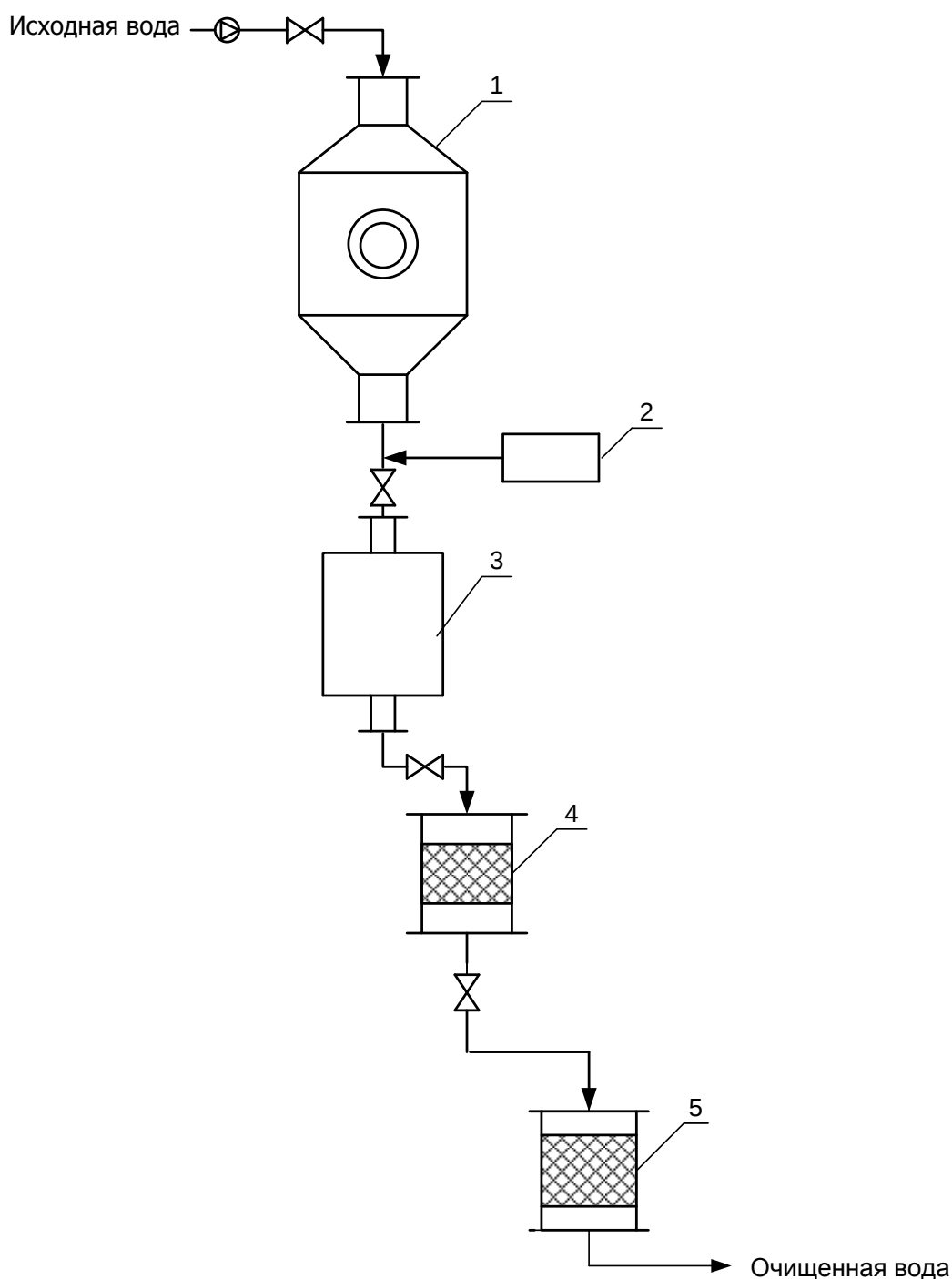


Рисунок 7 - Аппаратурно-технологическая схема удаления гидрокарбоната кальция из подземных вод:

1 – микропузырьковая камера; 2 – дозатор гидроксида аммония; 3 – бак-реактор образования карбоната кальция; 4 – патронный фильтр; 5 – цеолитный фильтр

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Цель выпускной квалификационной работы заключается в изучении процесса сорбции, основанного на применении природного и модифицированного цеолитов различных месторождений, для удаления аммиака и ионов аммония из сточных вод.

Потенциальными потребителями, применяющими данный метод при очистке сточных вод, являются очистные сооружения бытовых и промышленных стоков. Выбор цеолита определённого месторождения зависит от назначения водоёма, в который осуществляется сброс сточных вод.

Цеолит Размер фракции	Холинский	Шивыртуйский	Чугуевский	Сокирницкий
Менее 0,1мм				
0,5–1 мм				
1–2,5 мм				
1–1,4 мм				
1,5–2,5 мм				
0,7–1,5 мм				

Рисунок 8 – Карта сегментирования применения цеолитов



– водоём рыбохозяйственного значения



– водоём культурно-бытового и хозяйственно-питьевого назначения

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам.

Таблица 8 – 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. Повышение производительности труда пользователя	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
2. Энергоэкономичность	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
3. Безопасность	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
4. Простота эксплуатации	0,07	5	5	3	0,35	0,35	0,21
5. Эффективность очистки	0,2	5	5	3	1	1	0,6
6. Простота сброса(утилизации) реагента	0,15	4	5	2	0,6	0,75	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	3	5	0,3	0,18	0,3
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
3. Цена	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	3	5	3	0,21	0,35	0,21
5. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1				4,71	4,33	3,6

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (3)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

4.1.3 Технология QuaD

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по столбальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Балл	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,1	100	100	1	0,1
2. Безопасность	0,08	100	100	1	0,08
3. Простота эксплуатации	0,07	100	100	1	0,07
4. Эффективность очистки	0,2	90	100	0,9	0,18
5. Простота сброса(утилизации) реагента	0,15	80	100	0,8	0,12
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	100	100	1	0,06
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	100	100	1	0,05
3. Цена	0,1	100	100	1	0,1
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	80	100	0,8	0,056
5. Наличие сертификации разработки	0,05	100	100	1	0,05
Итого	1				0,87

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{ср} = \sum B_i \times \mathcal{B}_i, \quad (4)$$

где $П_{ср}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

$\mathcal{B}_i$ – средневзвешенное значение i -го показателя.

$П_{ср} = 87\%$. Следовательно, разработка является перспективной.

4.1.4 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.

Таблица 10 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокая эффективность. С2. Экологичность технологии. С3. Низкая себестоимость материала. С4. Простота исполнения. С5. Отсутствие вредных и опасных факторов со стороны объекта исследования.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Длительное время исполнения. Сл2. Невыполнение модификации материала. Сл3. Отсутствие опыта применения НТИ на реальных промышленных объектах. Сл4. Ограниченное количество образцов объектов НТИ. Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при НТИ
--	--	---

Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В2. Повышение стоимости конкурентных разработок. В3. Применение НТИ в промышленных масштабах. В4. Поиск способов улучшения НТИ. В5. Выставление продукции на экспорт.	Высокая эффективность НТИ и его низкая себестоимость привлекают производства для приобретения данного продукта.	Опыта применения разработанного метода на промышленном объекте, а также уменьшение эффективности образца при модификации снижает возможность быстрого внедрения технологии на промышленных объектах и улучшения технологии для увеличения эффективности.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на продукцию У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Отсутствие финансирования со стороны государства. У5. Ограничения на экспорт технологии	Простота исполнения метода и дешевизна применяемого материала может привести к прекращению финансирования продукции со стороны государства.	К отсутствию спроса на продукцию может повлиять отсутствие способа модификации образца.

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	+	0	+
	В2	0	+	-	0	-
	В3	+	+	+	+	0
	В4	+	0	0	0	0
	В5	+	+	-	0	0

Коррелирующие возможности и сильные стороны: В1С1С2С3С5, В2С2, В3С1С2С3С4, В4С1, В5С1С2.

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	-	-	-	-	+
	В2	0	-	-	-	-
	В3	0	-	+	-	+
	В4	0	+	-	-	-
	В5	0	-	+	-	0

Коррелирующие возможности и слабые стороны: В1Сл5, В3Сл3Сл5, В4Сл2, В5Сл3.

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	+	-	-	-
	У2	0	0	0	0	0
	У3	0	+	-	-	+
	У4	0	-	+	+	+
	У5	0	-	+	-	-

Коррелирующие угрозы и сильные стороны: У1С2, У3С2С5, У4С3С4С5, У5С3

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	0	+	-	+	+
	У2	0	0	0	0	0
	У3	-	+	-	+	-
	У4	0	+	+	0	0
	У5	-	+	+	0	0

Коррелирующие угрозы и слабые стороны: У1Сл2С4Сл5, У3Сл2Сл4, У4У5Сл2Сл3.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы работы	Студент, научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, студент, инженер-исследователь
	3	Постановка целей и задач	Студент, научный руководитель
	4	Подбор и изучение материалов по теме	Студент

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
	5	Календарное планирование работ по теме	Студент, инженер-исследователь
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Обзор теоретического материала	Студент
	7	Проведение экспериментов	Студент, инженер-исследователь
	8	Оформление результатов	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Студент

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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 $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (5)$$

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – 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. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как

удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (6)$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (7)$$

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 следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (8)$$

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.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения необходимо свести таблицу 16.

Таблица 16 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители			Длительн ость работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожі}$, чел-дни											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы работы	1	2	2	2	3	3	1	2	2	Студент, научный руководитель			1	1	1	1	2	2
Выбор направления исследований	2	2	3	2	3	3	2	2	3	Научный руководитель, студент, инженер- исследователь			1	1	1	1	1	1
Постановка целей и задач	1	2	2	2	4	4	1	3	3	Студент, научный руководитель			1	1	1	1	2	2
Подбор и изучение материалов по теме	3	4	5	5	6	7	4	5	6	Студент			4	5	6	6	7	9
Календарное планирование работ по теме	2	3	3	4	6	6	3	4	4	Студент, инженер- исследователь			1	2	2	2	3	3
Обзор теоретического материала	5	6	7	10	14	14	7	9	10	Студент			7	9	10	10	14	15
Проведение экспериментов	8	10	12	16	20	24	11	14	17	Студент, инженер- исследователь			6	7	8	8	10	12
Оформление результатов	1	2	2	5	7	7	3	4	4	Студент			3	4	4	4	6	6
Оценка эффективности полученных результатов	1	2	3	5	14	12	3	7	7	Студент			3	7	7	4	10	10
Итого																37	55	60

Таблица 17 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение темы работы	Студент, научный руководитель	2	 												
2	Выбор направления исследований	Руководитель, студент, инженер-исследователь	1		  											
3	Постановка целей и задач	Студент, научный руководитель	2			 										
4	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	9													
5	Календарное планирование работ по теме	Студент, инженер-исследователь	3		 											
6	Обзор теоретического материала	Студент	15													
7	Проведение экспериментов	Студент, инженер-исследователь	12						 							
8	Оформление результатов	Студент	6													
9	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	9													

 – студент;  – научный руководитель;  – инженер-исследователь

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (9)$$

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

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

$Ц_i$ – 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.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Таблица материальных затрат представлена в приложении А.

4.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки:

$$C_{\text{осн/зн}} = \sum t_i \cdot C_{\text{зн}i}, \quad (10)$$

где t_i – затраты труда, необходимые для выполнения i -го вида работ, в рабочих днях, $C_{\text{зн}i}$ – среднедневная заработная плата работника, выполняющего i -ый вид работ, (руб./день).

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{\text{зн}_i} = \frac{D + D \cdot K}{F}, \quad (11)$$

где D - месячный оклад работника (в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы), K - районный коэффициент (для Томска – 30%), F – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Таблица 18– Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	14 584	861,78	3	3	3	2585,3	2585,3	2585,3
Студент	6 976	412,22	27	37	40	11129	15252	16488
Инженер-исследователь	12 685	749,57	8	10	11	5996,5	7495,7	8245,2
ИТОГО						19711	25333	27319

4.2.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (12)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 19 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	2585,34	2585,3	2585,34	0,15	387,801	387,801	387,801
Студент	11129,9	15252	16488,8		1669,491	2287,821	2473,32
Инженер-исследователь	5996,56	7495,7	8245,27		899,484	1124,355	1236,791
Итого					2956,776	3799,977	4097,912

4.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (13)$$

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

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.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 20)

¹ Федеральный 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»

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Научный руководитель	2585,34	2585,34	2585,34	387,801	387,801	387,801
Студент	11129,94	15252,14	16488,8	1669,491	2287,821	2473,32
Инженер-исследователь	5996,56	7495,7	8245,27	899,484	1124,355	1236,791
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	6143,19					
Исполнение 2	7895,09					
Исполнение 3	8514,09					

4.2.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов = 0,5.

Исполнение 1. $З_{\text{накл1.}} = (2290 + 19711,84 + 2956,776 + 6143,19) \cdot 0,5 = 15550,903$

Исполнение 2. $З_{\text{накл2.}} = (2250 + 25333,18 + 3799,977 + 7895,09) \cdot 0,5 = 19639,1235$

Исполнение 3. $З_{\text{накл3.}} = (2110 + 27319,41 + 4097,912 + 8514,09) \cdot 0,5 = 21020,706$

4.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты НТИ	2290	2250	2110	Пункт 3.4.1
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	19711	25333	27319	Пункт 3.4.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	2956,776	3799,977	4097,912	Пункт 3.4.4
Отчисления во внебюджетные фонды	6143,19	7895,09	8514,09	Пункт 3.4.5
Накладные расходы	15550,903	19639,1235	21020,706	Пункт 3.4.6
Бюджет затрат НТИ	46651,87	58917,2	63061,7	Сумма ст. 1- 4

Таким образом, исходя из результатов таблицы 21 следует, что наиболее затратным является исполнение 3, наименее затратным – исполнение 1.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{46651,87}{63061,7} = 0,74; I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{58917,2}{63061,7} = 0,9; I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{63061,7}{63061,7} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 22).

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	5	3
3. Энергосбережение	0,20	5	4	3
4. Надежность	0,25	5	5	4
5. Материалоемкость	0,15	5	4	4
ИТОГО	1			

$$I_{p-ucn1} = 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 = 4,25;$$

$$I_{p-ucn2} = 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 3,7;$$

$$I_{p-ucn3} = 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 3,05.$$

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

$$I_{ucn.1} = \frac{I_{p-ucn1}}{I_{финр}} = \frac{4,25}{0,74} = 5,74, \quad I_{ucn.2} = \frac{I_{p-ucn2}}{I_{финр}} = \frac{3,7}{0,9} = 4,1, \quad I_{ucn.3} = \frac{I_{p-ucn3}}{I_{финр}} = \frac{3,05}{1} = 3,05.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{ucn.1}}{I_{ucn.2}}, \quad (17)$$

Таблица 23 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,74	0,9	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	3,7	3,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,74	4,1	3,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,71	0,53

4.4 Вывод

В данном разделе был проведён анализ конкурентных технических решений существующих разработок применения цеолитов для удаления ионов аммония из сточных вод.

Определена трудоёмкость выполнения работ студентом, инженером-исследователем и научным руководителем проекта в трёх исполнениях, а также составлен календарный план-график проведения НИОКР по теме.

Был рассчитан бюджет проведения научно-технического исследования. Наиболее затратным является исполнение 3 (63061,7 рублей), наименее затратным – исполнение 1 (46651,87 рублей).

Так же была определена эффективность трёх исполнений разработки. Эффективность первого исполнения равна 1, второго 0,71, третьего 0,53.

Таким образом, наиболее эффективным является исполнение 1.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Производственная безопасность

5.1.1 Введение

В данной работе представлен эффективный метод удаления аммиака и ионов аммония из сточных вод с применением цеолитов, а также способ модификации цеолитов для увеличения их ионообменных свойств. Измерения проводились на фотоэлектроколориметре с последующими расчётами. Анализы и измерения проводились в лабораторных условиях.

Этот метод используется на водоочистных сооружениях для подготовки питьевой воды, для очистки бытовых и промышленных стоков в пропускных системах и отстойниках.

Объектами исследования являются водопроводная вода, природные и модифицированные цеолиты.

Таблица 24 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)	
	Вредные	Опасные
Проведение исследования в химической лаборатории: - работа под вытяжкой; - работа с электрическим оборудованием (магнитная мешалка, ФЭК); - работа с едкими химическими реактивами	- отклонение показателей микроклимата в помещении; - недостаточная освещённость рабочей зоны; - превышение уровней шума; - превышение уровней вибрации; - монотонный режим работы; - умственное перенапряжение	- электрический ток; - острые предметы; - химический ожог;

5.1.2 Микроклимат

К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха относятся:

- температура (t , °C);
- относительная влажность (ϕ , %);
- скорость движения воздуха (v , м/с).

Существенное влияние на параметры микроклимата и состояние человеческого организма оказывает также интенсивность теплового излучения (I , Вт/м²) различных нагретых поверхностей, температура которых превышает температуру в производственном помещении. Параметры микроклимата в производственных помещениях контролируются различными контрольно-измерительными приборами. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий резко ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям.

Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару. Низкая температура воздуха может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания либо обморожения.

Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего. Подвижность воздуха эффективно способствует теплоотдаче организма человека и положительно проявляется при высоких температурах, но отрицательно – при низких.

Для создания нормальных условий труда в производственных помещениях ГОСТ 12.1.005–88 и СанПиН 2.2.4.584–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» устанавливают

нормативные значения параметров микроклимата. Согласно ГОСТ 12.1.005–88 в рабочей зоне производственного помещения могут быть установлены оптимальные и допустимые показатели микроклимата. Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяются следующие основные мероприятия:

- механизация и автоматизация технологических процессов – позволяют либо резко снизить трудовую нагрузку на работающих (массу поднимаемого и перемещаемого вручную груза, расстояние перемещения груза, уменьшить переходы, обусловленные технологическим процессом и др.) либо вовсе убрать человека из производственной среды, переложив его трудовые обязанности на автоматизированные машины и оборудование;

- защита от источников теплового излучения с помощью теплозащитных экранов, которые по принципу действия подразделяются на теплоотражающие (листовой алюминий, белая жемчужная краска), теплопоглощающие (асбестовые щиты, огнеупорный кирпич) и теплоотводящие (сварные или литые конструкции, охлаждаемые водой);

- устройство систем вентиляции;

- кондиционирование воздуха и отопление [15].

Таблица 25 – Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С°	Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/сек
Холодный	Іб	21-23	18-25	15-75	0,2
Тёплый	Іб	22-24	19-29	15-75	0,3

Запылённости на рабочем месте не зафиксировано.

5.1.3 Освещённость

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет проведение работ, ведет к снижению производительности труда и может явиться причиной несчастных случаев. Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное. Естественное освещение имеет наиболее благоприятный для глаз человека спектральный состав, но крайне неравномерную освещенности во времени и пространстве, зависящую от погодных условий и других факторов. Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим. Оно может быть общим, местным и комбинированным. Общее освещение предназначено для освещения всего производственного помещения. Оно подразделяется на общее равномерное и общее локализованное (например, вдоль сборочного конвейера). Местное освещение при необходимости дополняет общее и концентрирует дополнительный световой поток на рабочих местах. Сочетание местного и общего освещения называют комбинированным. Применение одного местного освещения не допускается [15].

Таблица 26 – Параметры систем естественного и искусственного освещения на рабочих местах

Наименование рабочего места	Тип светильника и источника света	Коэффициент естественной освещенности, КЕО, %	Освещенность при совмещенной системе, лк
		Норм. значение	Норм. значение
Химическая аналитическая лаборатория		1,5	2,4

5.1.4 Шум и вибрация

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, возникающих при механических колебаниях в упругой среде (твердой, жидкой или газообразной). Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях рабочего, снижается производительность труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний (тугоухость) и может явиться причиной несчастного случая. Органы слуха человека воспринимают звуковые колебания с частотой $16 \div 20000$ Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое воздействие на организм [15].

Таблица 27 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука для лаборатории

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения лабораторий для проведения экспериментов	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Вибрация представляет собой колебательные движения упругих тел, конструкций, сооружений около положения равновесия. Вибрацию вызывают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе различных машин и механизмов (перфораторы, электродрели, ручные шлифовальные машины, вентиляторы, зубчатые передатчики, подшипники и т. д.). При воздействии общей вибрации наблюдаются нарушения сердечной деятельности,

расстройство нервной системы, спазмы сосудов, изменения в суставах, приводящие к ограничению подвижности, изменения в вестибулярном аппарате.

Таблица 28 – Гигиенические нормы уровней виброскорости для лаборатории

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
В служебных помещениях, конструкторских бюро, лабораториях	—	91	82	76	75	75	75	—	—	—	—

5.1.5 Электробезопасность

Электрический ток, протекая через тело человека, производит термическое, электролитическое, биологическое, механическое действие.

- Термическое действие характеризуется нагревом кожи, тканей (вплоть до ожогов).

- Электролитическое действие заключается в разложении жидкостей, в т.ч. крови, в изменении их состава и свойств.

- Биологическое действие проявляется в нарушении биологических процессов, протекающих в организме человека, сопровождается раздражением и возбуждением тканей, и судорожным сокращением мышц, нарушением дыхания и работы сердца.

- Механическое действие приводит к разрыву тканей в результате электродинамического эффекта, ушибам, вывихам, переломам вследствие резких судорожных движений тела.

Согласно классификации помещений по опасности поражения людей электрическим током, химическая лаборатория относится к помещению с повышенной опасностью.

При работе с электрооборудованием необходимо проверить исправность шнуров и розеток [15].

5.1.6 Состояние воздуха рабочей зоны

При проведении исследования в воздух рабочей зоны выделяются пары химических реактивов (аммиак, дихромат калия, калий-натрий виннокислый, реактив Несслера). При работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования техники безопасности по ГОСТ 12.1.007-76 "Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности".

Проводить работу с едкими и ядовитыми веществами необходимо строго под вытяжкой с применением средств защиты кожи (химический халат, резиновые перчатки).

Набирать реактивы в пипетки разрешено только грушей или другими устройствами.

Ниже приведён перечень вредных веществ, используемых в ходе лабораторного анализа.

Аммиак. Опасен при вдыхании. При попадании на кожу концентрированный раствор аммиака вызывает химические ожоги, при вдыхании большого количества аммиака может наступить отек легких – реакция организма на вдыхание почти всех едких веществ [16]. Работа с аммиаком проводится строго под вытяжкой. ПДК в воздухе рабочей зоны составляет 20 мг/м³.

Первая помощь при отравлении аммиаком: промыть глаза и лицо водой, надеть противогаз или ватно-марлевую повязку, смоченную 5% раствором лимонной кислоты, открытые участки кожи обильно промыть водой, немедленно покинуть очаг заражения.

Калий-натрий виннокислый. Бесцветные прозрачные кристаллы, в массе – белого цвета, имеют солёный, холодящий язык вкус. Является антиоксидантом.

Реактив Несслера. Под воздействием света этот химический реагент начинает разлагаться, поэтому его необходимо содержать в плотно закупоренной емкости, которую следует хранить в прохладном месте. В

веществе содержится ртуть, что делает его токсичным, а в случае попадания раствора на кожу или слизистые оболочки возникает сильное раздражение, которое может вызвать общую интоксикацию [17].

Дихромат калия.

Высокотоксичен, канцерогенен, брызги его раствора разрушают кожные покровы, дыхательные пути и хрящевые ткани. ПДК 0,01 мг/м³ (в пересчете на CrO₃). При работе с дихроматом калия необходимо применять защиту органов дыхания и кожи.

5.2 Экологическая безопасность

5.2.1 Защита атмосферы

Во время исследования все опыты, осуществляемые с вредными химическими веществами, проводились под вытяжкой, затем выброс осуществлялся в атмосферу. Превышения ПДК не зафиксировано.

5.2.2 Защита гидросферы

В ходе лабораторных исследований образуются жидкие отходы: аммиак водный, реактивы (реактив Несслера, калий-натрий виннокислый, дихромат калия), а также остатки вредных химических веществ на лабораторной посуде. Все жидкие отходы сливаются в канализацию, затем отправляются на городские очистные сооружения.

5.2.3 Защита литосферы

В ходе работы образуются твёрдые отходы в виде отработанного цеолита. Цеолит собирается в отдельную тару для дальнейших исследований.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятные ЧС в химической лаборатории это: неисправность вытяжной установки, пожар, взрыв, утечка химических реактивов, выход из строя электрических сетей, аварии на канализационных системах с массовым сбросом загрязняющих веществ.

- Пожар в химической лаборатории может возникнуть вследствие неосторожности лаборанта при работе с электрическим оборудованием, а также выход из строя электрических сетей. Разлив жидкостей на электрический прибор или источники питания может привести к короткому замыканию сети, а затем к пожару. При работе с электрическим оборудованием необходимо соблюдать правила безопасности: перед работой проверить исправность оборудования, шнуров и источников питания, руки должны быть чистыми и сухими. При возникновении пожара необходимо принять меры по его ликвидации, эвакуировать людей, сообщить о случившемся в соответствующие органы.

- Взрыву может послужить неосторожное обращение с самовоспламеняющимися или легковоспламеняющимися жидкостями. Работать с такими веществами необходимо в хорошо проветриваемом помещении, без электрических приборов и источников огня. При разливе таких жидкостей необходимо незамедлительно проветрить помещение и ликвидировать разлив.

- К аварии на канализационных системах может привести засор трубы. При работе с твёрдыми веществами, их необходимо собирать в отдельную тару, с последующей утилизацией. В случае обнаружения признаков засорения труб (запах, застой воды), необходимо сообщить в специальные службы.

- Неисправность вытяжной трубы может привести к массовому выбросу вредных химических веществ в атмосферу. Регулярно необходимо проверять вытяжную и вентиляционные системы лаборатории на наличие в них посторонних предметов и поломок. В случае обнаружения неисправностей

необходимо временно прекратить работы связанные с работой вытяжки и вентиляции и провести ремонт.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Прежде чем приступить к выполнению того или иного анализа необходимо тщательно ознакомиться с методикой работы и расчетов. У лаборанта должен быть всегда под руками необходимый справочный материал.

Все лабораторные столы следует держать в чистоте и не загромождать лишними приборами и посудой. В ящиках и шкафах все предметы следует размещать в принятом порядке. Посуду, аппаратуру и реактивы необходимо располагать так, чтобы ими было удобно пользоваться, они должны быть всегда подготовлены к работе.

Каждая химическая лаборатория обеспечивается вентиляцией, водоснабжением и канализацией. Полы помещений выполняется из негорючих или труднотгорючих и не впитывающих жидкость материалов.

Стол должны иметь гладкие поверхности из материалов. Мало сорбирующих вредные вещества и легко поддающиеся очистке.

Стеклянные сосуды, имеющие пузыри и посторонние включения в стекле (камень, крупка), не должны применяться в ответственных лабораторных установках.

Запаянные ампулы, в зависимости от свойств, находящихся в них веществ, хранят в различных защитных оболочках. Вскрытие стеклянных ампул производят только после их охлаждения ниже температуры кипения, запаянного в них вещества.

Любая химическая посуда должна быть тщательно вымыта до и после выполнения работы. Загрязненную посуду нельзя скапливать [18].

6 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения исследований были выполнены все поставленные задачи. Было установлено, что способ удаления аммиака и ионов аммония из водных растворов в статических условиях с применением неорганических природных цеолитов является экологически эффективным и экономически выгодным способом очистки воды.

Было выяснено, что природные цеолиты обладают различной сорбционной способностью в зависимости от месторождения, размера фракции, химического состава и кристаллографической структуры.

Также было обнаружено, что модификация природных пористых цеолитов NaCl придаёт им дополнительные ионообменные свойства. Однако, отмечено, что не все модифицированные цеолиты показали положительные результаты. Это опять же связано с химическим составом и характеристиками цеолитов.

В результате исследования была предложена дополнительная стадия очистки воды от ионов аммония для аппаратурно-технологической схемы умягчения подземных вод с использованием генератора микропузырьковой обработки и гидроксида аммония. Включенная стадия очистки воды является заключительной стадией установки. Таким образом, генератор решает две задачи: умягчение воды для технологических нужд и снижение концентрации ионов аммония до гигиенических нормативов с последующим сбросом.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Е.Д. Попова, Н.В. Маланова, Е.С. Журавкова Расчет равновесных концентраций ионов кальция для процесса удаления гидрокарбоната кальция из водных растворов с использованием гидроксида аммония // Перспективы развития фундаментальных наук сборник трудов XII Международной конференция студентов и молодых ученых (Томск, 21–24 апреля 2015 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 496-498.
2. Е.Д. Попова Расчет равновесных концентраций ионов кальция для процесса удаления гидрокарбоната кальция из водных растворов с использованием гидроксида аммония // Неразрушающий контроль: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». В 2 т. Т. 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 308-312
3. E.D. Popova, N.V. Malanova, O.A. Nemtsova Assessment of water treatment efficiency from ammonium ions with a help of zeolites // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, имени профессора Л.П. Кулёва, посвященной 120-летию Томского политехнического университета (г. Томск, 17–20 мая 2016 г.) / Томский политехнический университет. — Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – С. 520-521.
4. Работа «Удаление аммиака из водных растворов с использованием цеолитов» была представлена на VI Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность» и опубликована в Трудах конференции.
5. Работа «Investigation of the water solutions softening dependence from the equilibrium concentrations of calcium ions at ammonium hydroxide use»

была представлена на 11-м Международном форуме по стратегическим технологиям IFOST-2016 и опубликована в Трудах форума.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 N 20 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения"
2. СанПиН 2.1.4.1074-01. 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы
3. Все о воде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vse-o-vode.ru/zagryaznenie/ammiak-v-promyshlennoj-i-pitevoj-vode/>
4. ЭкоВодИнжиниринг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nprowi.ru/solutions/sugar-and-sugar-refining-plants/>
5. Применение цеолитов клиноптилолитового типа для очистки природных вод / Н.И. Ватин, В.Н. Чечевичкин, А.В. Чечевичкин, Е.С. Шилова // Инженерно-строительный журнал –2013 – №2. – С. 81–129
6. REINODLS. Водоподготовка - удаление аммонийного азота - аммония и аммиака [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://reinolds.com.ua/sistemi_ochistki_vodi/ammiak.php
7. Эколого-экономические аспекты выбора технологии удаления аммиака из воды, предназначенной для локального питьевого водоснабжения / Г.А. Самбурский // Вестник МИТХТ – 2010. – №5. – С. 106–110.
8. Влияние органических соединений на эффективность удаления ионов аммония из сточных вод методом окисления / И. А. Небукина, Н. Н. Смирнова, И. С. Рвачев // Университет им. В.И. Вернадского – 2015. – №2 (56). – С. 28–33
9. Ю.В. Литти Анаэробное окисление аммония и метаногенез в системах аэробной очистки сточных вод с иммобилизацией микроорганизмов: Автореферат дис. канд. биол. наук. – Москва: МГУ, 2012. – 26 с.

10. С.А. Иванова Разработка технологии очистки природных вод от соединений бора, аммония и железа: Дис. канд. техн. наук. – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 110 с.

11. Карл Герхард Бауер, Томас Папкалла, Ульрих Канне, Петер Штопс. Способ очистки сточных вод от аммониевых ионов и органического углерода. Патент Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru-patent.info/21/05-09/2107040.html>.

12. ГОСТ 33045-2014 Межгосударственный стандарт. Методы определения азотсодержащих веществ.

13. Модификация природных цеолитов NaCl с целью придания им ионообменных свойств / Е.А. Осипова, Ф.Е. Сапрыкин, Д.В. Мартемьянов// Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летнему юбилею Победы советского народа над фашистской Германией, Томск, 6-10 апреля 2015 г.: в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2015. — Т. 2. — [С. 276-278].

14. Маланова Н.В. Процессы удаления гидрокарбоната кальция из подземных вод с использованием генератора микропузырьковой обработки и гидроксида аммония: Автореферат дис. канд. техн. наук. – Томск: ТПУ, 2015. – 24 с.

15. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие.— Томск: Изд. ТПУ. - 2001. – 87 с.

16. Аммиак. Свойства, производство, сфера использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00003934_0.html

17. Официальный сайт ОАО «УЗХР». Реактив Нesslera [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.upcr.ru/catalog/zakaznye_reaktivy/reaktiv_nesslera_item/.

18. «Справочник химика. Химия и химическая технология» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chem21.info/>.

Приложение А

(обязательное)

Таблица А.1 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Холинский цеолит с фракцией менее 0,1 мм	кг	1	1	1	120	130	125	120	130	125
Холинский цеолит с фракцией 0,5-1 мм	кг	1	1	1	130	130	130	130	130	130
Холинский цеолит с фракцией 1-2,5 мм	кг	1	1	1	125	130	140	125	130	140
Чугуевский цеолит с фракцией менее 0,1 мм	кг	1	1	1	140	145	140	140	145	140
Чугуевский цеолит с фракцией 1-1,4 мм	кг	1	1	1	150	155	160	150	155	160
Шивыртуйский цеолит с фракцией менее 0,1 мм	кг	1	1	1	130	135	135	130	135	135
Шивыртуйский цеолит с фракцией 1,5-2,5 мм	кг	1	1	1	150	155	160	150	155	160
Сокирницкий цеолит с фракцией менее 0,1 мм	кг	1	1	1	170	160	150	170	160	150
Сокирницкий цеолит с фракцией 0,7-1,5 мм	кг	1	1	1	175	160	155	175	160	155

Продолжение приложения А

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Сегнетова соль	л	1	1	1	250	200	150	250	200	150
Реактив Нesslerа	л	1	1	1	650	600	575	650	600	575
Хлорид натрия	кг	1	1	1	100	150	90	100	150	90
Итого								2290	2250	2110