

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Разработка сорбционных материалов для извлечения ионов мышьяка из водных сред и создание водоочистной системы на их основе	

УДК 628.32:661.183:546.19

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Мухортов Владислав Владимирович		

Руководитель

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н., профессор		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<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) ¹ , Критерий 5 АИОР ² (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	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	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, 2.4, 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	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 20.03.01 «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	Мухортову Владиславу Владимировичу

Тема работы:

Разработка сорбционных материалов для извлечения ионов мышьяка из водных сред и создание водоочистной системы на их основе	
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	– Водоочистная установка – Сорбционный материал на основе вермикулитобетона, модифицированного оксигидроксидом железа
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– Анализ общих сведений о мышьяке, как загрязнителе водных сред – Изучение существующих технологий очистки водных сред от мышьяка – Анализ существующих сорбционных материалов – Анализ эффективности исследуемой водоочистной системы на основе разработанного сорбента – Выполнение разделов «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» и «Социальная ответственность» – Обобщение полученных в процессе исследования результатов в заключении
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Королева Наталья Валентиновна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович
Разработка водоочистного фильтра	Мартемьянов Дмитрий Владимирович

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 кафедры ЭБЖ ИНК	Немцова Ольга Александровна			01.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Мухортов Владислав Владимирович		01.03.2016

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
Уровень образования: Бакалавриат
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности
Период выполнения (осенний/весенний семестр 2014/2015 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
Выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполняемой работы:	29.05.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела
18.03.16	Получение задания и постановка задачи, определение стадий, этапов и сроков разработки	4
24.03.16	Сбор материалов по методам водоочистки и проведению аналитических исследований по определению ионов мышьяка в водных средах	10
30.03.16	Разработка нового вида сорбента посредством иммобилизации оксигидроксида железа на поверхности вермикулитобетона	10
10.04.16	Определение адсорбционно-структурных характеристик разработанного сорбента при извлечении ионов As^{3+} в статических и динамических условиях	10
15.04.16	Разработка и создание малой водоочистной системы на основе полученного сорбционного материала	16
10.05.16	Определение фильтрационных свойств малой водоочистной системы при извлечении ионов мышьяка из модельных и реальных растворов	10
14.05.16	Согласование полученных данных с руководителем	10
20.05.16	Составление пояснительной записки	30

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н., профессор		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Мухортову Владиславу Владимировичу

Институт	Неразрушающего контроля	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, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
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	Формирование плана и графика разработки: -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; -разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
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. Альтернативы проведения НИ 3. График проведения и бюджет НИ 4. 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 кафедры менеджмента ИСГТ	Королева Наталья Валентиновна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Мухортов Владислав Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Мухортову Владиславу Владимировичу

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.	<i>Вермикулитобетон, модифицированный оксидом железа, для очистки водных сред от ионов мышьяка.</i>
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 (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – 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.	
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	30.03.16
---	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК	Сечин Андрей Александрович	к.т.н., доцент		30.03.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Мухортов Владислав Владимирович		30.03.16

РЕФЕРАТ

Ключевые слова: СОРБЕНТ, ВОДООЧИСТНАЯ УСТАНОВКА, МЫШЬЯК, ВЕРМИКУЛИТОБЕТОН.

Объектами исследования являются: сорбционный материал на основе вермикулитобетона, модифицированного оксигидроксидом железа и созданная на его основе водоочистная система.

Цель работы – изучение эффективности водоочистной установки, созданной на основе вермикулитобетона, модифицированного оксигидроксидом железа, а также установление её гидродинамических характеристик.

В процессе исследования изучалась эффективность водоочистной системы в процессе очистки от ионов мышьяка, а также удельный объём пор применяемых сорбционных материалов. Проводилось фиксирование скорости фильтрации.

В результате исследования, была доказана возможность применения водоочистной системы для очистки водных сред от мышьяка и установлена её высокая эффективность, что в свою очередь свидетельствует о высоких сорбционных показателях применяемых сорбентов.

Область применения: система может быть использована как походный фильтр, в виду относительно малых габаритных размеров, а также как стационарная водоочистная установка, так как скорость износа применяемых сорбционных материалов невелика.

Разработка является эффективной с экономической точки зрения, что достигается дешевизной используемых материалов, их доступностью и простотой эксплуатации.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Сорбенты – твердые тела или жидкости, избирательно поглощающие (сорбирующие) из окружающей среды газы, пары или растворенные вещества.

Регенерация сорбентов – восстановление сорбционных свойств, содержащих загрязнения, поглощённые ими в процессе очистки.

Адсорбенты – высокодисперсные природные или искусственные материалы с большой удельной поверхностью, на которой происходит адсорбция веществ из соприкасающихся с ней газов или жидкостей.

Вермикулитобетон – разновидность легкого бетона с добавлением вспученного вермикулита.

Вермикулит – минерал из группы гидрослюд, имеющих слоистую структуру. Продукт вторичного изменения (гидролиза и последующего выветривания) тёмных слюд биотита и флогопита.

Обозначения и сокращения

ВОС – Всемирная Организация Здравоохранения.

ПДК — Предельно допустимая концентрация; утверждённый в законодательном порядке санитарно-гигиенический норматив.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	18
1 МЫШЬЯК В ВОДНОЙ СРЕДЕ	20
1.1 Методы обнаружения	20
1.1.1 Качественное обнаружение мышьяка.....	20
1.1.2 Количественное определение мышьяка	24
1.2 Нахождение мышьяка в окружающей среде.....	30
1.3 Физико-химические свойства мышьяка	32
1.4 Влияние на человека и окружающую среду	34
2 ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ МЫШЬЯКА.....	37
2.1 Физические	37
2.2 Химические.....	38
2.3 Механические	39
2.4 Биологические	40
3 СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ОТ МЫШЬЯКА.....	43
3.1 Виды материалов – адсорбентов	43
4 РАБОТКА НОВОГО ВИДА МОДИФИЦИРОВАННОГО АДсорбЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ МЫШЬЯКА И СОЗДАНИЕ МАЛОЙ ВОДООЧИСТНОЙ СИСТЕМЫ НА ЕГО ОСНОВЕ	43
4.1. Разработка водоочистного фильтра	46
4.2 Определение величины удельной поверхности и удельного объёма пор у используемых сорбентов.....	48
4.3 Очистка водных сред от ионов As^{3+} в лабораторных условиях	49
4.4 Очистка водных сред от ионов As^{3+} в полевых (реальных) условиях	51

4.5 Выводы.....	53
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	55
Введение.....	55
5.1. Технология QuaD	55
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	57
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	57
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	58
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	59
5.2.4 Бюджет научно-технического исследования	63
5.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	63
5.2.4.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	64
5.2.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	66
5.2.4.4 Накладные расходы	67
5.2.4.5 Формирование бюджета затрат научно- исследовательского проекта	67
5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	68
Заключение	71
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	73
Введение.....	73
6.1 Профессиональная социальная безопасность.....	73

6.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	73
6.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	74
6.1.2.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	74
6.1.2.2 Повышенный уровень шума.....	77
6.1.2.3 Неблагоприятный микроклимат.....	80
6.1.2.4 Статические физические перегрузки.....	81
6.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	84
6.2 Экологическая безопасность	86
6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	86
6.2.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	87
6.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды ..	88
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	89
6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	89
6.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	89
6.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	93
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	94

Приложение А	98
Приложение Б.....	99

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Мышьяк, присутствующий в природных и подземных водах является очень большой проблемой для многих регионов мира. Эта проблема актуальна для миллиардов людей. Юго-восточная Азия, это именно тот регион где данная проблема наиболее ярко представлена.

В связи с необходимостью решить данную проблему, имеет большую актуальность вопрос о создании водоочистных материалов и водоочистных систем на основе этих материалов для очистки водных сред от мышьяка.

Цель работы

Разработка и создание нового вида сорбционного материала, для очистки водных сред от мышьяка и создание на его основе малой водоочистной системы.

Для реализации поставленной цели, необходимо решить ряд задач:

1. Разработка нового вида сорбента посредством иммобилизации оксигидроксида железа на поверхности газобетона и минерала гематита
2. Исследование физико-химических свойств полученного материала
3. Изучение сорбционных свойств разработанного сорбента при извлечении ионов As^{3+} в статических и динамических условиях
4. Разработка и создание малой водоочистной системы на основе полученного сорбционного материала.
5. Исследование фильтрационных свойств малой водоочистной системы при извлечении ионов мышьяка из модельных и реальных растворов

Научная новизна

1. Разработан новый сорбционный материал посредством иммобилизации оксигидроксида железа на поверхности газобетона и гематита, находящихся в определенных соотношениях.

2. Исследованы физико-химические и сорбционные свойства полученного материала при извлечении ионов As^{3+} из водных сред.

3. На основе данной разработки была создана малая водоочистная система которая показала высокую эффективность при извлечении ионов мышьяка из воды в лабораторных и полевых условиях.

Практическая значимость работы

В результате проведенных исследований был разработан новый вид сорбента для очистки водных сред от мышьяка. На основе данного сорбционного материала была создана малая водоочистная система способная эффективно удалять ионы мышьяка из воды.

С учетом имеющихся проблем по содержанию мышьяка в гидросфере, актуальной для многих регионов мира, существует необходимость создания подобного рода водоочистных систем для вывода конечному потребителю.

1 МЫШЬЯК В ВОДНОЙ СРЕДЕ

1.1 Методы обнаружения

1.1.1 Качественное обнаружение мышьяка

Для того, чтобы обнаружить мышьяк предложено много различных методов. Некоторые из них предназначены для обнаружения мышьяка только одной валентности, в то время как другие позволяют обнаружить мышьяк, не устанавливая его валентность, но отличаются надежностью и простотой реализации, или имеют высокую чувствительность. Существуют капельные реакции мышьяка, позволяющие использовать очень малое количество анализируемого вещества. Таким образом, выбор конкретного метода зависит от конкретных условий.

Образование зеркала металлического мышьяка.

Один из старейших и наиболее чувствительных методов обнаружения мышьяка мокрым методом, является метод Марша, который иногда называют методом Марша - Либиха. В методе используется восстановление мышьяка до арсина, после чего, его термическое разложение на водород и мышьяк и выделение мышьяка на относительно холодной поверхности металлического зеркала.

Поскольку металлическое зеркало формирует не только мышьяк, но и сурьму, мышьяк отделяют от сурьмы, образованное металлическое зеркало смачивают щелочным раствором гипохлорита натрия, если зеркало исчезает, то оно состояло из мышьяка, который растворяется в щелочном растворе гипохлорита натрия с образованием мышьяковой кислоты; при этом, зеркало сурьмы не изменяется.

При одновременном наличии мышьяка и сурьма реакция Марша становится ненадежной.

Цветные реакции арсина с различными реагентами.

Для обнаружения мышьяка в растворах наиболее часто используемые методы, основаны на реакции арсина с различными неорганическими и органическими реагентами с образованием интенсивно окрашенных продуктов. Впервые было предложено выделяющийся арсин поглощать абсорбирующей бумагой, пропитанной хлоридом ртути (II), что позволяло обнаруживать мышьяк. Бромид, ртути (II), предложенный позже оказался более эффективным. Гутцайт предложил поглощать арсин с помощью 50%-ного раствора AgNO_3 ; в присутствии арсина адсорбирующий раствор сначала становится желтым из-за образующегося соединения $\text{AsAg}_3 \cdot \text{AgNO}_3$, затем получался черный цвет, из-за образования металлического серебра. Позже, были предложены другие реагенты и различные методы для восстановления арсина мышьяка, а также различные варианты для его определения в растворах, капельным методом с использованием пропитанной бумаги, и др.

Металлический цинк наиболее часто используется для восстановления мышьяка до арсина в 1,6—2,2 М HCl . Вместо соляной кислоты можно использовать серную кислоту, но ее концентрация не должна превышать 1 М. Щавелевая кислота иногда используется из-за её высокой степени чистоты по мышьяку. Кроме цинка, также можно использовать некоторые другие металлы, например магний, олово.

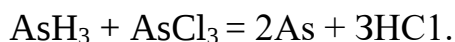
Реакция арсина с бромидом ртути (II).

В своём основании, метод имеет восстановление мышьяка до арсина с помощью металлического цинка в среде 3,5—4,5 М HCl , а затем поглощении выделяющегося вместе с избытком водорода арсина, кружком фильтровальной бумаги, насыщенной бромидом ртути (II). При взаимодействии бромида ртути (II) и арсина, в зависимости от того, какое количество арсина выделяется, могут образоваться следующие интенсивно окрашенные соединения: $\text{H}(\text{HgBr})_2\text{As}$ желтого цвета, $(\text{HgBr})_3\text{As}$ коричневого цвета и Hg_3As_2 черного цвета.

Германий и сурьма препятствуют обнаружению этим методом из-за того, что образуют летучие гидриды — SbH_3 и GeH_4 , а также фосфиты и гипофосфиты, которые восстанавливаются с образованием PH_3 .

Реакция арсина с трихлоридом мышьяка.

Тананаевым предложен метод для обнаружения мышьяка, в основе которого лежит взаимодействие AsH_3 с трихлоридом мышьяка, происходящее с образованием элементного мышьяка. Уравнение реакции:



Соединения мышьяка до арсина восстанавливают в кислой среде подобно тому, как это делают при обнаружении мышьяка с помощью реакции с ионами серебра. Для того чтобы приготовить раствор трихлорида мышьяка, который используют для обнаружения AsH_3 , к раствору Na_2HAsO_3 прибавляют конц. HCl до полного растворения белого осадка выделившегося в самом начале.

Восстановление мышьяка до элементного состояния.

Метод имеет в своём основании восстановление мышьяка (III) и мышьяка (V) до элементного состояния в концентрированном HCl хлоридом олова (II). Чтобы устранить мешающее влияние других элементов, которые выпадают в осадок при восстановлении хлоридом олова (II), предварительно отделяют мышьяк с использованием осаждения в виде арсената магния-аммония.

В качестве восстановителя, вместо хлорида олова (II) может быть использован гипофосфит натрия.

Обнаружение мышьяка каталитической реакцией.

Метод в своей основе имеет значительное увеличение скорости обесцвечивания растворов индигокармина с помощью перекиси водорода в присутствии мышьяка (III) или мышьяка (V).

Метод обладает точностью, позволяющей определять до 10 мкг As в 25 мл раствора. Катионы, образующие нерастворимые арсенаты мышьяка мешают обнаружению этим методом.

Хроматографические методы.

В последнее время для того чтобы обнаружить мышьяк предложен ряд методов, которые требуют его предварительное хроматографическое отделение. Например, в присутствии олова и сурьмы для обнаружения мышьяка рекомендуется метод, в своей основе имеющий осадочную *хроматографию на бумаге*, пропитанной 20%-ным раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, содержащим 2% KJ. После того, как анализируемый раствор наносят на полоски бумаги их опускают в расплавленный парафин (температурой около 80—90° C) на 1—2 мин. В присутствии указанных выше элементов, происходит появление соответствующих окрашенных зон. Открываемый минимум для мышьяка составляет 5 мкг.

Для того чтобы обнаружить мышьяк в присутствии сурьмы, может быть использован метод *экстракционной хроматографии*, который основывается на хроматографировании их в виде пирролидиндитиокарбаминатов, которые перед этим экстрагируют из раствора хлороформом. С помощью данного метода возможно обнаружение до 0,1 мкг As.

Для обнаружения микроколичеств мышьяка предложен метод *круговой тонкослойной хроматографии на силикагеле* с использованием смеси (2:2:1) *n*-бутанола, воды и пиридина в качестве элюента. На хроматограмме, зону мышьяка определяют 10%-ным раствором бензидина в ледяной уксусной кислоте с помощью опрыскивания.

Для того, чтобы устранить при качественном определении мышьяка мешающих факторов, возникающих в результате присутствия других элементов, могут быть использованы методы *ионообменной* и *адсорбционной хроматографии*, а также метод *кольцевой бани*.

Методы обнаружения мышьяка (III).

Для определения арсенитов, предложена реакция с использованием нитрата серебра, образующим с AsO_3^{3-} жёлтый осадок в нейтральных растворах, который растворяется в NH_4OH и HNO_3 . Также, эту реакцию можно проводить на часовом стекле или на бумаге. Большинство других анионов с ионом серебра образуют осадки, поэтому значение этой реакция ограничено.

Для того чтобы обнаружить арсениты, возможно применение реакции, основанной на сопряженном восстановлении золота арсенитом (III) в присутствии палладия. Каплю реактива на основе золота и палладия (1,96 г золота и 1,06 г палладия растворяют в царской водке, полученный раствор досуха выпаривают и растворяют остаток в малом количестве конц. HCl до 100 мл) наносят на полоску фильтровальной бумаги, затем вносят каплю 40%-ного раствора NaOH , далее по капле — реактива на основе золота и палладия и раствора NaOH . Если в растворе присутствовал мышьяк (III), то на бумаге появится чёрное пятно, которое не исчезнет при обработке соляной кислотой. И т.д.

1.1.2 Количественное определение мышьяка

Химические методы определения мышьяка включают гравиметрические и титриметрические методы.

К гравиметрическим относятся методы перечисленные ниже.

Определение в виде сульфидов.

Определение мышьяка в виде трисульфида мышьяка As_2S_3 является одним из наиболее надёжных гравиметрических методов его определения.

Мышьяк (III) очень полно осаждается сероводородом из солянокислых растворов в виде As_2S_3 . Мышьяк (V) осаждается из конц. HCl , в виде As_2S_5 . При недостаточно высокой концентрации HCl , наряду с As_2S_5 , может образоваться некоторое количество As_2S_3 в результате частичного восстановления мышьяка (V) до мышьяка (III) сероводородом.

Для определения мышьяка в виде As_2S_3 необходимо, чтобы весь мышьяк был трёхвалентным. Если в растворе имеется мышьяк (V), то его предварительно восстанавливают до мышьяка (III) обработкой раствора сульфитом или бисульфитом натрия, иодидами щелочных металлов или аммония.

Определение в виде арсенита и арсената серебра.

Ионы AsO_3^{3-} и AsO_4^{3-} из нейтральных растворов осаждаются соответственно в виде Ag_3AsO_3 (растворимость $1 \cdot 10^{-5}$ моль/л) и Ag_3AsO_4 (растворимость $7,8 \cdot 10^{-6}$ моль/л). Из-за того, что определению мышьяка в виде арсенита и арсената серебра мешает большинство элементов, метод может быть пригоден практически только для обнаружения мышьяка в чистых растворах.

Определение в виде, арсената уранила.

В данном способе предложено для определения арсената осаждать его с помощью солей уранила в присутствии солей аммония. Полученный осадок отфильтровывают, промывают и высушивают, а затем взвешивают в виде $\text{UO}_2\text{NH}_4\text{AsO}_4$ или прокаливают при температуре $950\text{—}1000^\circ\text{C}$ до U_3O_8 .

В связи с использованием иона уранила в качестве осадителя, характеризующимся очень большой массой (270), появляется возможность обнаружения значительно меньших количеств мышьяка, чем при осаждении его в виде арсената магния-аммония.

Далее приводятся титриметрические методы.

Методы определения мышьяка на основе титриметрии превосходят все другие методы, которые используются в настоящее время по точности его определения, включая и гравиметрические. Титриметрические методы характеризуются малым количеством времени, необходимым на их осуществление, а также простотой выполнения. Количество мышьяка необходимое для определения при использовании титриметрических методов значительно меньше, чем при определении с помощью гравиметрических методов. Недостатком методов на основе титриметрии является их малая

селекционная способность, из-за чего титриметрическое определение мышьяка, обычно, требует его предварительного выделения.

Иодометрическое титрование мышьяка (III) имеет в своей основе окисление арсенита до арсената с помощью йода:



Так как окислительный потенциал пары $\text{AsO}_4^{3-} / \text{AsO}_3^{3-}$ ($E_0 = +0,57$ в) больше, чем пары $\text{J}_2/2\text{J}^-$ ($E_0 = +0,54$ в), то реакция большей частью идет справа налево. Для достижения количественного окисления арсенита до арсената, ионы водорода связывают бикарбонатом. В присутствии NaHCO_3 (рН 8) потенциал пары $\text{AsO}_4^{3-} / \text{AsO}_3^{3-}$ понижается с 0,57 до 0,11 в, становится значительно ниже потенциала пары $\text{J}_2/2\text{J}^-$, и мышьяк (III) количественно окисляется йодом до AsO_4^{3-} .

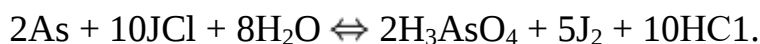
Иодатометрическое титрование может быть использовано для определения арсина, элементного мышьяка и арсенитов. Реакция окисления арсина при поглощении его кислым раствором:



Выделившийся элементный йод оттитровывают раствором KJO_3 с применением CCl_4 в качестве растворителя йода, который является индикатором.

При определении элементного мышьяка его растворяют в стандартном растворе JCl (для его приготовления, в 50 мл воды растворяют 1,56 г KJ и 1,00 г KJO_3 , а затем порциями вливают в 50 мл конц. HCl).

Растворение идет по следующей схеме:



Выделившийся свободный йод оттитровывают стандартным раствором KJO_3 с применением CCl_4 в качестве индикатора.

Мышьяк (III) титруют с использованием непосредственно раствора KJO_3 в среде 3—6 N HCl , применяя в качестве индикаторов нафтоловый синий, бриллиантовый понсо или амарант.

Также, используют множество других титриметрических методов.

Ниже перечислены физико-химические методы.

Метод молибдованадиевомышьяковой гетерополикислоты.

Мышьяковая кислота с молибдатом в присутствии ванадата образует молибдованадиевомышьяковую гетерополикислоту, которая характеризуется несколько большей интенсивностью желтой окраски. Метод применяется для определения мышьяка в материалах, которые содержат в своём составе ванадий. Для образования молибдованадиевомышьяковой гетерополикислоты оптимальной будет среда с кислотностью от pH 2 до 0,2 N HNO₃. Этот метод подходит для определения мышьяка в медных сплавах.

Метод вольфрамомышьяковой гетерополикислоты.

Недавно подробно были изучены условия образования и свойства вольфрамомышьяковой гетерополикислоты. Установлено образование двух вольфрамоарсенатов в хлорно- и сернокислых растворах: с соотношением As : W = 1 : 12 и As : W = 1 : 24. Наиболее подходящее значение pH для их образования равно двум. Оба комплекса имеют сходные спектры поглощения с максимумом при 260 нм. При этой длине волны, молярные коэффициенты погашения составляют $4,1 \cdot 10^4$ и $7,1 \cdot 10^4$ соответственно. Несмотря на то, что молярные коэффициенты погашения довольно высоки, практическое использование этого метода затрудняется максимумом поглощения вольфрамомышьяковой кислоты, который находится в коротковолновой области спектра, где слишком большим оказывается мешающее влияние большинства других элементов. В видимой области спектра вольфрамоарсенат практически не поглощает.

А также другие физико-химические методы.

Далее, приводятся физические методы.

Эмиссионный спектральный метод.

Спектральный метод имеет широкое применение при определении мышьяка в металлах, сплавах, рудах, горных породах, веществах высокой

чистоты, а также многих других материалах. Широкую область применения эмиссионного спектрального анализа можно объяснить его сравнительной простотой, универсальностью, доступностью, высокой чувствительностью и коротким промежутком времени, необходимым на выполнение. Серьёзным преимуществом данных аналитических методов является возможность определения одновременно большого числа элементов.

Рентгенофлуоресцентный метод.

В последнее время всё чаще для определения мышьяка используется рентгенофлуоресцентный метод. Это связано с рядом преимуществ, которыми обладает данный метод, в том числе хорошей точностью результатов и большой экспрессностью анализа. Последняя достигается благодаря применению образцов на основе стандартов, в которых другие элементы содержатся в тех же количествах. На основании вышеперечисленного, можно сделать вывод о том, что рентгенофлуоресцентный метод хорошо подходит для определения мышьяка в сплавах различных металлов и самих металлов, а также в веществах с неизменным количеством содержания других элементов.

Рентгенофлуоресцентный метод уступает по чувствительности эмиссионному спектральному анализу, поэтому для определения малых содержаний мышьяка его часто предварительно концентрируют.

Метод атомно-абсорбционной спектrophотометрии.

Сравнительно новым является метод атомно-абсорбционной спектrophотометрии и он уже успел себя зарекомендовать как весьма перспективный для химического анализа. Первые работы по его использованию были опубликованы в 1955 г. Метод в своей основе имеет способность свободных атомов определяемого элемента избирательно поглощать излучение только определенной длины волны. В пламя горелки или другой атомизатор вводят анализируемый раствор; таким образом, элементы переводят из химических соединений в свободные атомы и радикалы. Подбирают также условия, для того чтобы определяемый элемент до конца или возможно

большей частью переходил в свободные невозбуждённые атомы, имеющие способность поглощать световую энергию резонансных линий, излучаемую специальным источником света, например, лампой с полым катодом, или высокочастотной безэлектродной лампой, а также другим подходящим источником.

Поглощение атомным паром пробы резонансного излучения в пламени зависит от того, какова концентрация в нем атомов определяемого элемента или в конечном итоге от их концентрации в составе анализируемого раствора.

Фотометрия пламени.

Метод фотометрии пламени имеет в своей основе непосредственное измерение интенсивности спектральных линий элементов, возбуждаемых в пламени. Теоретические обоснования метода и его практическое применение подробным образом описаны в ряде специальных монографий и обзоров. Аналит помещают в раствор, который преобразуется с помощью пульверизатора в аэрозоль и вводят в пламя горелки. Пламя диссоциирует химические соединения на составляющие их атомы и радикалы. Некоторые из атомов (обычно не более нескольких процентов) возбуждаются и начинают излучение. Свет от горелки проходит через фильтр или монохроматор, фиксирующий излучение элемента, который затем записывается фотоэлектрическим методом.

Радиоактивационные методы.

Из радиоактивационных методов определения мышьяка в аналитической практике являются наиболее важными методы активации нейтронов. К ним относятся облучение материала нейтронным потоком, из-за чего стабильный изотоп ^{75}As преобразуется в изотоп радиоактивный ^{76}As период полураспада которого 26,8 часов, излучающий β -частицы вместе с γ -излучением с максимальной энергией 3,1 Мэв. Таким образом, после нейтронной активации мышьяка можно определить регистрацию. В связи с этим после активации мышьяка нейтронами его можно определять в виде β -частиц с помощью

счетчика Гейгера - Мюллера, а также с помощью сцинтилляционного счетчика измерять γ -излучение. Чаще используют β -счетчики, имеющие меньший фон по сравнению со сцинтилляционным счетчиком.

Радиометрические методы.

Среди радиометрических методов следует отметить изотопный метод разбавления. Метод в своей основе имеет учет начальной удельной активности индикатора ^{76}As , помещённого в анализируемую смесь, в результате разбавления его нерадиоактивным ^{75}As .

Изотопный метод разбавления в сочетании с субстехиометрическим высвобождением мышьяка можно использовать в органических и неорганических соединений для определения мышьяка.

Когда мышьяк определяют в органических соединениях, то пробу растворяют в разбавленной кислоте или в разбавленном растворе едкого натра.

Другие методы.

Кроме того, для того чтобы определять количество мышьяка в различных средах, используется: флуоресцентный метод, нефелометрический, электрохимический и т.д [1].

1.2 Нахождение мышьяка в окружающей среде

Среднее содержание мышьяка в земной коре (кларк) $1,7 \times 10^{-4}\%$ (по массе), в таких количествах он присутствует в большинстве изверженных пород. Поскольку соединения мышьяка летучи при высоких температурах (сухая вулканическая возгонка на батолитах), элемент возгоняется в атмосферу и воздух в виде металлических паров (миражи – воздух внизу рябит) не накапливается при возгоночных по трещинам и трубкам магматических лавовых процессах; он концентрируется, осаждаясь из паров и горячих глубинных вод на катализаторах кристаллообразования – металлическом железе (вместе с S, Se, Sb, Fe, Co, Ni, Cu и другими элементами).

Во время вулканических извержений (при сухой возгонке мышьяка) мышьяк попадает в атмосферу в качестве летучих соединений. Так как мышьяк многовалентен, окислительно-восстановительная среда имеет значение при формировании путей его миграции. При воздействии окислительных условий поверхности земли образуются арсенаты (As^{5+}) и арсениты (As^{3+}).

Содержание мышьяка в биосфере $3 \cdot 10^{-5}\%$, в речных водах $3 \cdot 10^{-7}\%$. Мышьяк, попадающий в океан с речной водой, довольно быстро осаждается. Морская вода содержит $1 \cdot 10^{-7}\%$ мышьяка (там много золота, которое его вытесняет), однако в сланцевых и глиняных породах (по берегам рек и водоемов, в глинистых черных формированиях и по краям карьеров) - $6,6 \cdot 10^{-4}\%$. Мышьяком часто обогащены осадочные железные руды, железомарганцевые и иные железные породы [2].

Хотя уровни мышьяка в естественных водах обычно низки (несколько $\mu\text{g/L}$), питьевые воды в некоторых областях в мире содержат концентрации мышьяка свыше 100 из $\mu\text{g/L}$. Эти повышенные концентрации мышьяка - результат естественной геохимической активности. Арсенат как правило преобладает; однако, некоторые грунтовые воды содержат до 50 % арсенитов. Концентрации метилированных разновидностей в природных водах обычно низки, меньше 0.3 $\mu\text{g/L}$.

Обзор контрольных данных качества воды, собранных во время периода 1976-1993, показал, что концентрации мышьяка в питьевых водах в США лежат между <2.5 и 28 $\mu\text{g/L}$ в поверхностных водах, и между <5 - 48 $\mu\text{g/L}$ в источниках грунтовой воды. Согласно этим данным, приблизительно 2% американского населения употребляют воду, содержащую более 10 $\mu\text{g/L}$ мышьяка. Области особенно высоких концентраций мышьяка были идентифицированы американским ЕРА в подробном анализе 1978 контрольных данных качества воды. Они включают части Калифорнии и Невады, где естественный уровень мышьяка высок; сообщили о средних концентрациях мышьяка до 80 $\mu\text{g/L}$ и максимальных уровнях больше 1 400 $\mu\text{g/L}$. Мышьяк был

обнаружен в 67 % из 3 834 образцов питьевой воды, взятых в этом году (предел чувствительности 0.1 $\mu\text{g/L}$); средняя концентрация была 2.4 $\mu\text{g/L}$.

В Западной Бенгалии Индии считалось, что более чем 1 миллион человек потребляет питьевую воду, содержащую мышьяк при концентрациях выше 50 $\mu\text{g/L}$. Уровни до 3.7 mg/L были зарегистрированы в некоторых местоположениях (Десять кубометров и др., 1995). Точно так же в областях Бангладеш, граничащего с Индией, 38 % образцов грунтовых вод в 27 районах, как находили, содержали мышьяк на уровнях > 50 $\mu\text{g/L}$. В Юго-западном Тайване приблизительно 100 000 человек, как полагают, были подвержены воздействию (то есть до 1970) высоких концентраций мышьяка в питьевой воде (диапазон 10 - 1800 $\mu\text{g/L}$, среднее 500 $\mu\text{g/L}$). О подобных проблемах сообщили в Чили, где 100 000 человек в течение 12 лет употребляли питьевую воду, содержащую 800 $\mu\text{g/L}$ мышьяка и на Севере Центральной Мексики, где 200 000 человек были выставлены > 50 $\mu\text{g/L}$ мышьяков в питьевой воде (и к целых 410 $\mu\text{g/L}$ по крайней мере в одной деревне. В главных австралийских системах питьевой воды были зарегистрированы уровни мышьяка до 15 $\mu\text{g/L}$; однако, типичные концентрации обычно ниже 5 $\mu\text{g/L}$.

Другие области

Много других областей увеличили концентрации мышьяка в почвах, отложениях и водах в результате добывающей деятельности. Зарегистрированные случаи включают область Lavrion Греции, связанной с деятельностью по добыче серебра и свинца, Долина Zimarán Мексики, части юго-западной Англии, Южная Африка, Зимбабве и Остров Bowen, Британская Колумбия. Хотя серьезное загрязнение окружающей среды часто документировалось в эти области, воздействие на грунтовые воды, используемые для пригодной для питья поставки, обычно незначительно [3].

1.3 Физико-химические свойства мышьяка

Физические свойства

Мышьяк может иметь разные виды аллотропических модификаций. В обычных условиях более устойчивые свойства чем у других имеет так называемый металлический, или серый, мышьяк (α -As) – серостальная хрупкая кристаллическая масса (по свойствам свойства – как пирит, золотая обманка, железный колчедан); на недавно произошедшем «порезе», имеет металлический блеск, покрываясь тонкой пленкой As_2O_3 . на открытом воздухе стремительно тускнеет.

Серый мышьяк обладает ромбоэдрической слоистой кристаллической решеткой. Плотность $5,72 \text{ г/см}^3$ (при 20° C), удельное сопротивление электричеству $35 \times 10^{-8} \text{ ом*м}$, или $35 \times 10^{-6} \text{ ом*см}$, температурный коэффициент электросопротивления $3,9 \times 10^{-3} (0^\circ\text{-}100^\circ \text{ C})$, твердость по Бринеллю 1470 Мн/м^2 , или 147 кгс/мм^2 (3-4 по Моосу); мышьяк обладает диамагнитными свойствами.

При воздействии атмосферного давления, мышьяк возгоняется при температуре 615° C не расплавляясь, так как тройная точка α -As лежит при 816° C и давлении в 36 атмосфер.

До температуры 800° C пар мышьяка составляют молекулы As_4 , выше 1700° C – молекулы As_2 . Конденсируясь на поверхности охлаждаемой жидким воздухом, пар мышьяка образует желтый мышьяк – мягкие и прозрачные кристаллы, плотностью $1,97 \text{ г/см}^3$, своими свойствами напоминающие белый фосфор.

Под воздействием света или слабого нагревания, он переходит в серый мышьяк. Также существуют стекловидно-аморфные модификации: бурый мышьяк и черный мышьяк, которые нагреваясь до 270° C превращаются в серый мышьяк.

Химические свойства

Мышьяк обладает следующей атомной онfigurationей внешних электронов: $3d^{10}4s^24p^3$. Степени окисления мышьяка в соединениях: +5, +3 и -3.

Серый мышьяк обладает меньшей химической активностью, чем фосфор. Если в воздушной среде нагреть мышьяк до 400 °С, он начинает гореть, образуя As_2O_3 .

С галогенами мышьяк соединяется непосредственно; в обычных условиях AsF_5 - газ; AsF_3 , AsCl_3 , AsBr_3 – бесцветные летучие жидкости; AsI_3 и As_2I_4 - красные кристаллы. Если нагревать мышьяк вместе с серой, то можно получить сульфиды: оранжево-красный As_4S_4 и лимонно-желтый As_2S_3 .

При взаимодействии мышьяка с кислородом, образуется оксид мышьяка (III) As_2O_3 - мышьяковистый ангидрид и оксид мышьяка (V) As_2O_5 - мышьяковый ангидрид. Образование первого из них происходит при воздействии кислорода на сульфиды мышьяка, или непосредственно самого мышьяка, например, $2\text{As}_2\text{S}_3 + 9\text{O}_2 = 2\text{As}_2\text{O}_3 + 6\text{SO}_2$ [2].

1.4 Влияние на человека и окружающую среду

Воздействие на человека

Все соединения мышьяка, как и сам мышьяк, являются ядовитыми веществами. При отравлении мышьяком время через которое появляются симптомы колеблется от двух до двадцати четырёх часов. При лёгких интоксикациях, появляются следующие признаки: общее недомогание, слабость, головная боль, тошнота. При отравлениях средней тяжести: боли в правом подреберье, пояснице; тошнота, рвота. Отмечается цианоз, иктеричность склер и кожных покровов. Гемоглобин в крови уменьшается до 53-57%, эритроциты до трёх мл; цветной показатель до 0,8, наблюдается ретикулоцитоз, лейкоцитоз. Может возникать увеличение печени. В моче наблюдается выделение белка, желчные пигменты, кислоты, уробилин. Могут присутствовать неврологические боли. Наблюдается расстройство чувствительности.

При сильном отравлении, первые симптомы: глубокая слабость, головокружение, головные боли, осложнение дыхания, тошнота, боли в животе

и пояснице, рвота, повышение температуры тела, оцепенение пальцев рук и ног, уменьшение артериального давления. Выздоровление медленное, вероятно поздняя гибель организма.

Основными осложнениями тяжёлого отравления представляются: разрушение стенок сосудов, тяжёлые почечная, печеночная и сердечно-сосудистая недостаточность, явления позднего поражения нервов. Нахождение мышьяка в моче увеличено при любых формах отравления.

При попадании аэрозолей через дыхательную систему ярко проявленное раздражение слизистых верхних дыхательных путей и глаз, болевые ощущения в грудной клетке, отёк лица и век. При пероральном поступлении: привкус металла, жжение и сухость во рту, зеве, осложнение глотания и боль возникают в течение тридцати минут или нескольких часов.

Отравление мышьяком должно быть подозреваться у любого человека с наличием следующих симптомов: нервные, желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистые и респираторные отклонения; гемолитические отклонения; поражения кожи; угнетение функции почек и печени. Чтобы диагностировать отравление, необходимо определить мышьяк и его метаболиты в моче, кале, волосах и ногтях. Обнаружение 200 мкг/мл в пробе мочи, как и 100 моль/100 г образца волос и ногтей являются признаками отравления мышьяком.

Воздействие на окружающую среду

Воздействие на окружающую среду характеризуется в основном воздействием на животных.

При непрерывном воздействии арсином, концентрацией 0,3 мг/м³ в течение суток ингаляционным путём у крыс через три месяца возросло количество метгемоглобина в крови, уровень гемоглобина понизился, зафиксирован лейкоцитоз, подавлена активность и уменьшено количество SH-групп. Патоморфологические изменения были представлены повреждением стенок сосудов, ухудшением функции кровеносной системы, дистрофией в

легких, почках, сердечных тканях, реакцией ретикулоэндотелия печени и селезенки.

При попадании через пищеварительную систему: потеря аппетита, исхудание, слабость, повышенная саливация, диарея, нарушение покрова кожи, гипотермия, тремор, нарушение передвижения, парализация. В крови анемия, понижение количества гемоглобина, на начальных стадиях повышение, а затем уменьшение содержания сахара в крови, ретикулоцитоз, уменьшение активности холинэстеразы, снижение количества SH-групп. Урина выводится с белками и кровью, а также желчными пигментами. Наблюдается снижение массы внутренних органов, количества гликогена в печени, активности дегидрогеназы. Зафиксировано понижение функции дыхания тканей. Отмечается накопление мышьяка в организме [4, 5].

2 ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ МЫШЬЯКА

2.1 Физические методы

Известен метод очистки водных сред с использованием электрохимического метода. Содержание мышьяка 3-80 мг/дм³ при pH 6-7. Процесс происходит в электролизере с растворимым железным анодом при плотности тока 0,1-0,4 А/м². Получаемое содержание мышьяка в фильтре после процесса очистки соответствует уровню санитарных норм. Минусами данного метода, является высокие затраты электроэнергии 3,5-10 кВт·ч/м³, а также выделение арсина [6].

Способ осаждения мышьяка, который содержится в водах как нерастворимые сернистые соединения, выполняется с помощью добавления раствора сульфида натрия в кислые стоки. Воды, pH которых варьируется от четырёх до восьми, подкисляют купоросным маслом до pH 1 - 6 и подают в них раствор Na₂S при температуре 30 °С до пока не произойдет полное осаждение мышьяка. После завершения процесса осаждения, избыток Na₂S снимают бисульфитом и отфильтровывают сернистый мышьяк. Получаемая смесь As₂S₃ и As₂S₅ легко отфильтровывается на стандартном барабанном вакуум-фильтре при остаточном показателе давления 300 - 400 миллиметров ртутного столба.

К недостаткам данного способа можно отнести недостаточно качественную очистку и большую продолжительность процесса. Однако, если подразумевается стационарная система очистки, данный метод выделяет относительная простота [7].

Использование физических методов в конечном результате приводит лишь к изменению формы, размеров, агрегатного состояния и других физических свойств. В очищаемых средах не возникают новые и не исчезают прежние вещества. С помощью физических методов достигается выделение из

сточных вод до 95-99% взвешенных веществ и снижение органических загрязнений на 20-25%.

2.2 Химические методы

Известны способы осаждения мышьяка в виде труднорастворимых соединений. В роли осадителей используются различные реагенты: оксиды и соли переходных и щелочноземельных металлов, фосфат и сульфитсодержащие материалы, зола, шлаки и различные органические соединения.

Использование гидроксида кальция в качестве осадителя при уровне нагрева 80-90 °С и рН 6-8 делает возможным снижение содержания мышьяка с 200 до 1 мг/дм³. Высокую степень очистки позволяет достичь осаждение мышьяка с помощью известкового молока в присутствии солей магния или карбоната натрия также, довольно высокую эффективность можно достичь осаждавая мышьяк смесью извести и золы в щелочной среде.

Данные методы являются довольно экономными, так как не требуют применения дорогостоящих реактивов, однако с их помощью нельзя достигнуть требуемой степени очистки раствора от мышьяка, соответствующей уровню его ПДК: (0,05 мг/дм³).

Известен экстракционный способ очистки сточных вод от мышьяка. В качестве экстрагентов применяются: высокомолекулярные спирты, кетоны, четыреххлористый углерод, трибутилфосфат, сложные и простые эфиры.

К недостаткам экстракционных методов очистки относится относительно высокая стоимость реагентов, их токсичность, пожаро- и взрывоопасность, а также недостаточность информации о переработке реэкстрактов и потерях экстрагентов. Наиболее многообещающая сфера использования экстракции — это переработка с их помощью концентрированных растворов.

Рассмотрено предложение использовать ионообменные материалы для очистки от мышьяка, на основе гидроксидов железа, цинка меди, титана, магния и никеля, гранулированные с помощью метода замораживания. Эффективность данных сорбционных материалов была исследована на модульных растворах и природных водах содержащих 6-20 мг/дм мышьяка. В нейтральных и слабокислых средах с помощью этих образцов удалось достичь уровень ПДК у шестисот колоночных объемов раствора.

К недостаткам данного способа очистки можно отнести большой расход материала, обусловленный тем, что грануляты разрушаются в результате механического воздействия в циклах сорбция-десорбция.

Известен метод очищения водных сред от мышьяка, заключающийся в сорбции на различных материалах.

Очистка достигается путем пропускания смеси через слой сорбента, который благодаря своим ионообменным свойствам, способен улавливать молекулы загрязняющего вещества и позволяет получать на выходе очищенный раствор. Данные способы обладают высокой эффективностью, зависящей от правильного выбора сорбента.

Недостаток этого способа заключается в медленной скорости протекания процесса очистки, а также в необходимости производить замену сорбционных материалов, т.к. накопление загрязняющего вещества в слое сорбента, может привести к его внезапному вымыванию в больших количествах [6].

2.3 Механические методы

Предложен способ фильтрования мышьяка с помощью брусита. Водный раствор, содержащий 80-100 мкг/л As^{3+} в виде арсенита натрия, отфильтровывают через фильтровальную колонку, в которой находится брусит. Фракция фильтрующего материала 0,5-3,0 мм. Высота слоя загрузки 500 мм диаметр колонок 19 мм, линейная скорость фильтрации поддерживается на

уровне 1,0-1,3 м/ч. Эффективность очистки равняется тридцати двум процентам [8].

Механические способы очистки отличаются простотой выполнения, а также доступностью и дешевизной используемых материалов, однако обладают недостаточной эффективностью.

2.4 Биологические методы

Биологические методы очистки в настоящее время имеют большое значение для очищения как хозяйственно-бытовых, так и промышленных сточных вод от большого количества содержащихся в них как неорганических, так и органических загрязняющих веществ, используемых микроорганизмами в качестве питательной среды. При этом загрязняющие вещества подвергаются окислению, образуя воду и диоксид углерода при аэробной и процессам восстановления, образуя метан при анаэробной очистке. В процессе питания микроорганизмы увеличивают свою массу в очищаемом растворе. В число микроорганизмов входит большое количество разнообразных бактерий, простейших и ряд более высокоорганизованных микроорганизмов (грибов, микроводорослей, дрожжей). Наибольшее значение в сообществе имеют бактерии. Количество их родов может достигать огромного значения. Масса микроорганизмов образует так называемый активный ил, обладающий концентрацией до 2-5 г/л сточных вод.

Очистка в биофильтрах

Биофильтры – это сооружения, в корпусе которых размещена кусковая насадка (загрузка) и предусмотрены распределительные устройства для сточных вод и воздуха. В биофильтрах сточные воды отфильтровываются с помощью слоя загрузки, который покрыт плёнкой из микроорганизмов (биопленка). Биопленка – это слизистые образования имеющие толщину от 2 мм и более. Биопленка имеет в своём составе, грибы, дрожжи, простейших, бактерии и т.д.

Микроорганизмы биопленки производят окисление органических веществ, используя их в качестве питательной среды. С помощью этого способа, из водных растворов удаляются органические вещества, а масса микроорганизмов, а соответственно и биоплёнки, увеличивается. Отработанная (омертвевшая) биопленка входит в состав сточных вод и выносится из биофильтра. Как загрузку используют различные материалы обладающие высокой пористостью, большой удельной поверхностью и малой плотностью: щебень, гравий и шлак.

Очистка в аэротенках

Аэротенки – это резервуары, заполненные сточной водой смешивающейся с комплексом развивающихся микроорганизмов, которые образуют легко осаждающиеся хлопья – активный ил, и насыщающейся воздухом или кислородом при помощи разнообразных систем аэрации. Аэрация обеспечивает эффективное смешение сточных вод с активным илом, подачу кислорода в иловую смесь и поддерживает ил во взвешенном состоянии. Очистительный процесс в аэротенках идет по мере пропускания через него аэрированной смеси сточной воды и активного ила.

Анаэробные методы

Методы анаэробного обезвреживания используют для сбраживания осадков, которые образуются в процессе биохимической очистки производственных сточных вод. Для того чтобы очистить сточные воды используется метановое брожение, которое состоит из кислой и щелочной фазы. В кислой фазе из сложные органические вещества образуют водород, аминокислоты, сероводород спирты, аммиак, диоксид углерода и низшие жирные кислоты. Эти промежуточные продукты образуют в щелочной фазе метан и диоксид углерода. Процесс брожения проводят в метантенках – это герметически закрытые резервуары, оборудованные приспособлениями для ввода несброженного и отвода сброженного осадка.

К недостаткам данного способа очистки относится длительное количество времени, необходимого на рост анаэробных, особенно метановых, бактерий [9].

3 СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ОТ МЫШЬЯКА

3.1 Виды материалов – адсорбентов

Сорбентом, называется материал, на поверхности или в объеме пор которого происходит концентрирование поглощаемого вещества, а поглощаемое вещество — сорбатом. Сорбционные эффекты имеют в своей основе химическое и физическое взаимодействие сорбента и сорбата [10].

Адсорбенты для иммобилизации могут быть органическими или неорганическими, природными, искусственными, синтетическими. Используют также комбинированные адсорбенты, представляющие собой подложку из одного материала с поверхностным слоем (пленкой) из другого. Поверхностный слой может быть привитым или нанесенным, он может формироваться и из материала подложки после ее физической или химической обработки (промывка, травление, обработка кислотой или щелочью, карбонизация, термообработка, обработка электроразрядом и т.д.).

Носители для адсорбционной иммобилизации

Натуральные (природные), неорганической природы: глины (например кордерит, каолинат, бентонит,); кизельгур (целит и другие диатомовые земли); песок; цеолиты; природные кремнеземы; силикаты; карбонаты; фосфаты; угли; графит; туф; перлит; морская губка.

Натуральные органической природы (полимерные): хитин, хитозан; декстран (поперечно-сшитый); древесина (различные сорта, щепы, стружка, опилки); багасса; хлопок; целлюлоза; лигнин; шерсть; волосы; шелк; коллаген.

Искусственные неорганической природы: кремнеземы; силикагели; стекла (эти материалы применяются в виде гранул, волокон, ершей, пластин); графитированные материалы (сажа, активированный уголь, ткани, волокна, углеродные материалы); кирпич; керамика (гранулы, пластины, кольца и т.д.); нержавеющая сталь (пластины, диски, волокна, шарики); медь (волокно);

металлические сплавы; магнетит; оксиды и гидроксиды Ti (IV), Zr (IV), Sn (IV), V (III), Al (III), Fe (II, III).

Полимерные материалы синтетической природы: DEAE-целлюлоза; TEAE-целлюлоза; ЕСТЕОБА-целлюлоза; ДЕНРАЕ-целлюлоза; фосфоцеллюлоза; ацетилцеллюлоза; целлофан; анионообменные смолы на основе сополимеров стирола и дивинилбензола с пришитыми аминами; DEAE-сефадекс; полиэтилен; полипропилен; политетрафторэтилен; сополимер тетрафторэтилена и гексафторпропилена; полиэтилентерефталат; полипропилекоксид; поливинилхлорид; поливиниловый спирт; сополимер винилового спирта и этилена; эпоксицированные смолы; фенолформальдегидные смолы; полистирол; тефлон; производные полиакриловых кислот; сополимеры 2-оксиэтил-метакрилата и этилендиметакрилата (сфероны); нейлон, капрон; полиуретаны (продукты взаимодействия изоционата с полиоксидо- соединениями); поликарбонат; полиацетат; полиэфир; силикон.

Комбинированные (нанесенные, привитые): туф плюс желатина; целлюлоза плюс полиэтиленимин (ПЭИ); стекло плюс ПЭИ; сталь плюс ПЭИ; сталь плюс полипропилен; сталь плюс сополимеры метакриловой кислоты; полиэтилен плюс альбумин; полиэтилен плюс коллаген; полиэтилен н- лектин; полистирол плюс альбумин; полиэтилен плюс сополимер акриламида и акриловой кислоты; силикагель плюс слой липидов; сажа плюс слой липидов.

Неоспоримым плюсом большинства адсорбционных материалов органической природы, является химическая стабильность, широкий потенциал для изменений хемосорбционных характеристик их поверхности и возможности вариативного изменения структуры пор, возможности изменения формы микрочастиц сорбционного материала – придание гранулам желаемой геометрии с малыми размерными распределениями, получение, пленковых волокон, труб, листов и т.д.

К плюсам адсорбционных материалов неорганической природы, можно отнести следующие факторы: высокая биологическая стабильность, доступность и дешевизна, доступность и простота регенерации.

Изменение свойств пор и химических свойств натуральных сорбционных материалов неорганической природы затруднено. Иногда, возможно механическое разрушение материала. Адсорбционные вещества, имеющие в своей основе кремнезём (стекло, силикагель, силохром) можно охарактеризовать высокой степенью растворимости, в щелочной среде. Потенциал для ее устранения заключается в изменении поверхностных характеристик кремнезёмов. Например, с помощью покрывания плёнками металлических оксидов, таких как гафний, алюминий, цирконий, титан. Путём использования солей переходных металлов, таких как олово, железо, титан, ванадий и др., покрытием полимерными плёнками [11].

4 РАБОТКА НОВОГО ВИДА МОДИФИЦИРОВАННОГО АДСОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ МЫШЬЯКА И СОЗДАНИЕ МАЛОЙ ВОДООЧИСТНОЙ СИСТЕМЫ НА ЕГО ОСНОВЕ

4.1. Разработка водоочистного фильтра

Одной из наиболее актуальных проблем стоящих перед человечеством является проблема обеспечения населения чистой питьевой водой. Среди различных веществ, загрязняющих водные среды, мышьяк занимает особое место. В последние годы всё чаще используются новые технологии для очистки воды от мышьяка, такие как: обратноосмотическая очистка, реагентная обработка, сорбция. Существующие технологии очистки мышьяк-содержащих вод основаны на процессах окисления, соосаждения с фосфатом и карбонатом кальция, либо осаждение мышьяка в виде других арсенатов железа, коагуляции и мембранных технологиях и, как правило, не всегда позволяют извлекать мышьяк до требуемых концентраций. При этом предельно-допустимая концентрация для питьевых и природных вод составляет 0,05 мг/л, которая в последнее время для ряда стран пересматривается в сторону уменьшения – до 0,01 мг/л, вследствие высокой токсичности мышьяка.

Среди присутствующих на рынке водоочистных систем, особое место занимают разработки походных фильтров. На основании полученной информации, обоснованно создание новых видов сорбционных материалов и походных систем на их основе, для более эффективной очистки водных сред от ионов мышьяка и более детальное их исследование. Целью данной работы явилось исследование сорбционных свойств разработанного походного фильтра, при извлечении ионов мышьяка As^{3+} из водных сред.

Исследуемый водоочистной походный фильтр, представленный на рисунке 1, внешне представляет собой пластмассовое ведро, в которое помещено ещё одно ведро, заполненное фильтровальной загрузкой. В нижней части корпуса находится кран для слива очищенной воды, а в верхней части находится напорная ёмкость для исходной воды. В разработанном, походном

филтре, для очистки воды применялись в комбинации природные минералы (цеолит, диатомит), фильтровальный материал на основе вермикулитобетона модифицированного оксигидроксидом железа и активированный уголь.



Рисунок 1 – Внешний вид фильтра

На рисунке 2 изображена схема разработанной походной, водоочистной установки, где 1 – фильтровальный модуль с сорбционными материалами. 2 – приёмная ёмкость для очищенной воды. 3 – напорная ёмкость для подачи загрязнённой воды. 4 – крышка заливочного отверстия. 5 – герметизирующая прокладка. 6 – крышка напорной ёмкости. 7 – паз настенного крепления. 8 – сливной кран. 9 – ручка. 10 – пористый материал для механической очистки. 11 – фильтр предварительной механической очистки.

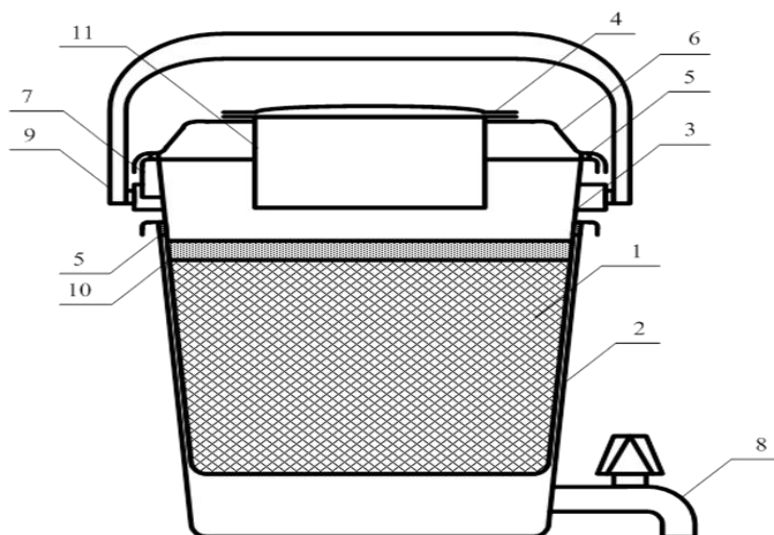


Рисунок 2 – Схема разработанной походной водоочистной установки

4.2 Определение величины удельной поверхности и удельного объема пор у используемых сорбентов

В исследуемой водоочистной системе применяется разработанный сорбционный материал на основе вермикулитобетона, модифицированного оксигидроксидом железа с размером фракции 1,4 - 2,4 мм. Кроме представленного сорбента на основе вермикулитобетона, в водоочистной системе использовали следующие сорбционные материалы: цеолит Шивыртуйского месторождения, диатомит Галкинского месторождения, активированный уголь.

Для оценки структурных характеристик сорбционных материалов использовали метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали площадь удельной поверхности ($S_{уд}$) и значения удельного объема пор (P) образцов с использованием анализатора «СОРБОМЕТР М».

В настоящей работе исследовали ряд физико-химических свойств сорбционных материалов, применяемых в разработанной походной, водоочистной установке, данные по которым приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Размер фракции, удельная поверхность и удельный объём пор сорбентов

Образец сорбента	Размер фракции, мм	Удельная поверхность, м ² /г	Удельный объём пор, см ³ /г
Цеолит Шивыртуйский	0,1 - 1	12,7	0,005
Диатомит	0,1 - 1	68,3	0,045
Сорбент (вермикулитобетон + FeOOH)	1,4 – 2,4	113,4	0,0491
Активированный уголь	1 – 2,8	377,3	0,167

Из таблицы 1 видно, что наибольшую удельную поверхность и удельный объём пор имеет активированный уголь, а также сорбционный материал на основе вермикулитобетона.

4.3 Очистка водных сред от ионов As^{3+} в лабораторных условиях

Для проведения эксперимента в динамическом режиме, готовился модельный раствор на водопроводной воде, с содержанием As^{3+} равной 1 мг/дм³. Раствор с содержанием As^{3+} готовился с использованием ГСО состава растворов ионов мышьяка.

Приготовленный раствор заливали в установку через отверстие в крышке. Количество раствора не должно превышать 5 литров. Открывали кран в сборной ёмкости и отбирали выходящий фильтрат в лабораторный стакан. По мере необходимости раствор модельных загрязнений доливали в установку.

Отбор проб на содержание в отфильтрованной воде As^{3+} проводили микродозатором, после прохождения через систему фильтровальных модулей каждого пятого литра.

За результат испытания принимали среднее арифметическое значение результатов трёх параллельных определений, допускаемое расхождение, между которыми не должно превышать 5%. Концентрации ионов As^{3+} в исходном

модельном растворе и в фильтратах, определяли методом инверсионной вольтамперометрии.

В таблице 2 представлены сорбционные характеристики разработанной, походной установки, при фильтрации модельного раствора содержащего ионы As^{3+} .

Таблица 2 – Динамические сорбционные характеристики походной водоочистой установки

Пропущенный литр	Выделение железа Fe (II, III) из установки, мг/дм ³	Результаты*		
		Исходная концентрация, мг/дм ³	Конечная концентрация, мг/дм ³	Эффективность очистки установки, %
1	0,3	1,024	0,0118	98,84
5	0,2		0,0086	99,16
10	0,15		0,00013	99,98
15	0,07		0	100
20	0,03		0	100
25	0		0	100
30	0		0	100
35	0		0	100
40	0		0	100
45	0		0	100
50	0		0	100

Примечание * - в таблице представлен средний результат от трёх параллельных экспериментов по установке.

ПДК элементов: мышьяк As^{3+} – 0,05 мг/дм³; $Fe^{общ}$ – 0,3 мг/дм³.

Как видно из таблицы 2, в 1, 5, и 10 литрах фильтрата наблюдается малое содержание ионов As^{3+} , а в следующих пробах видна 100 процентная очистка от мышьяка. Такие данные обусловлены тем, что в 1, 5 и 10 литрах фильтрата, видно наибольшее вымывание железа из сорбционного модуля.

Смыв железа происходит в начале процесса фильтрации, из-за содержания в установке железосодержащего сорбента (вермикулитобетон + FeOOH). Вместе со смываемым железом происходит проскок в фильтрат мышьяка, аккумулированного на железе. Содержание железа и мышьяка в фильтрате находится в пределах ПДК. Далее, идёт 100 %-ная очистка воды от мышьяка (результат ниже предела обнаружения по методике анализа) и не обнаружено наличия железа в отфильтрованной воде.

При написании технической инструкции на эксплуатацию данной водоочистной установки, необходимо указывать, что перед использованием фильтра надо производить слив первых литров отфильтрованной воды.

4.4 Очистка водных сред от ионов As^{3+} в полевых (реальных) условиях

Целью данной работы является исследование сорбционных свойств разработанного походного фильтра, при извлечении ионов мышьяка As^{3+} из проб воды, взятых в одной из деревень близ Калькутты, штат Западный Бенгал, Индия. Исследования фильтровальной системы осуществляли сотрудники Джадавпурского университета (Калькутта, Индия).

Гидродинамические характеристики исследуемой водоочистной установки определялись в процессе пропускания очищаемой воды из деревни близ города Калькутта (Западный Бенгал, Индия). Забор воды осуществлялся из поверхностного источника (озеро) и пропускался через установку. Объём пропущенной водной среды: 1000 дм^3 .

Пропускание воды осуществлялось непрерывно в течении трёх суток. Концентрация ионов As^{3+} в очищаемой воде составляла $0,306 \text{ мг/дм}^3$ (ПДК питьевой воды ВОЗ $0,01 \text{ мг/дм}^3$). Метод анализа ионов мышьяка в воде – инверсионная вольтамперометрия. В приложениях 1 и 2 представлена разработанная водоочистная установка при исследовании её фильтрационных

свойств в одной из деревень близ города Калькутта, штат Западный Бенгал, Индия.

На рисунке 3 показана производительность исследуемой водоочистной установки при пропускании 1000 дм³ воды через неё.

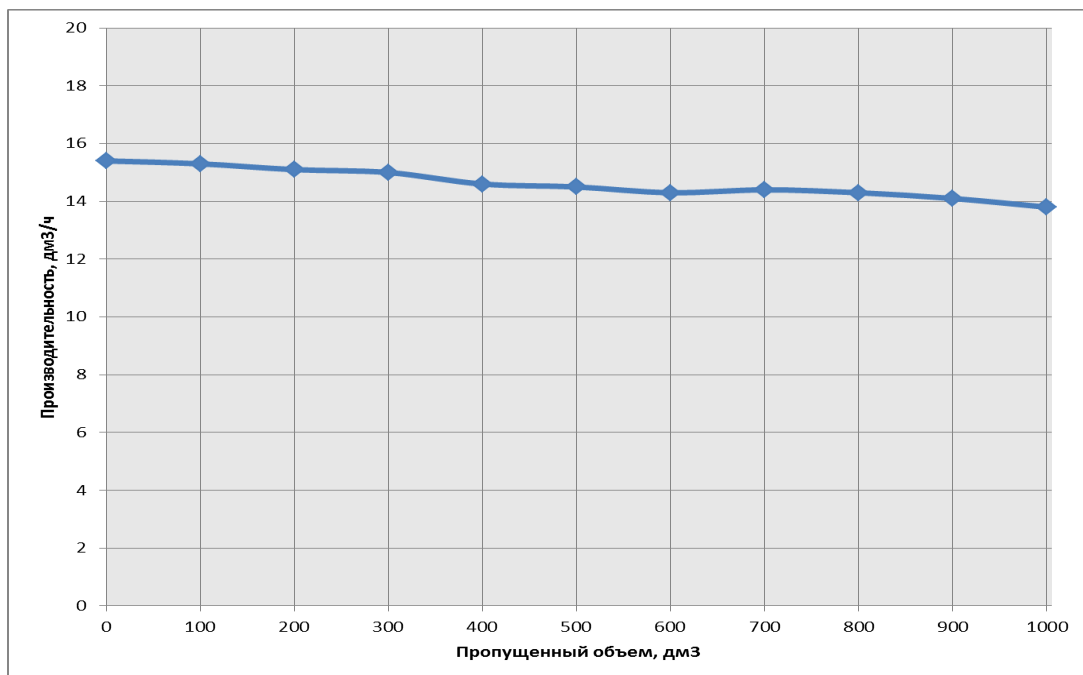


Рисунок 3 – Производительность исследуемой водоочистной установки

Из рисунка 3 видно, что производительность исследуемой водоочистной установки на протяжении всего процесса фильтрации незначительно меняется в меньшую сторону с 15,4 дм³/ч до 13,8 дм³/ч. Данное снижение производительности фильтра не является критическим и связано с эффектом слёживаемости сорбционных материалов при пропускании через них воды.

На рисунке 4 представлены фильтрационные свойства водоочистной установки при извлечении из очищаемой воды ионов As³⁺.

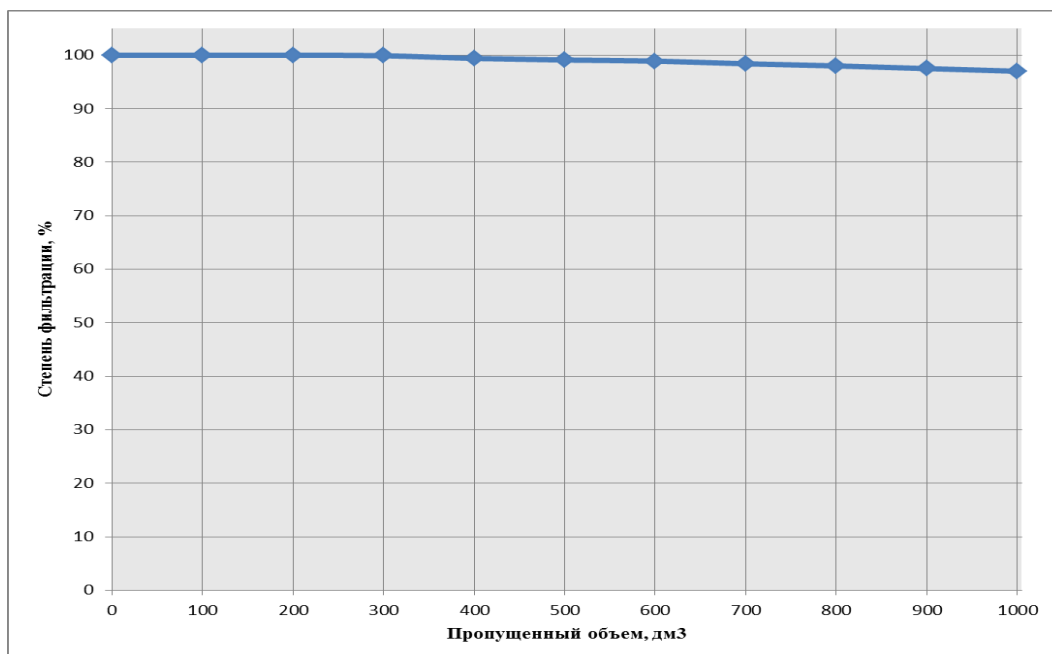


Рисунок 4 – Фильтрационные свойства исследуемой водоочистной установки

Из рисунка 4 видно, что на протяжении всего процесса фильтрации степень очистки воды от ионов As^{3+} снизилось со 100 % до 97 %. Очистку воды до ПДК обеспечивает степень очистки 96,7 %, поэтому весь пропущенный объем воды был отфильтрован от ионов As^{3+} до необходимых показателей.

4.5 Выводы

На основании проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработана походная водоочистная установка.
2. Определены удельная поверхность и удельный объем пор сорбционных материалов, используемых в исследуемом фильтре.
3. Удалось определить сорбционную способность водоочистной установки при фильтрации раствора содержащего ионы As^{3+} в лабораторных условиях.
4. Проведены фильтрационные исследования водоочистной системы при извлечении из воды ионов As^{3+} в полевых (реальных) условиях.

5. На основании проведённой работы можно сделать вывод о возможности эффективного использования созданной водоочистной системы на основе разработанного сорбента для очистки воды от мышьяка.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Важной частью выпускной квалификационной работы является анализ коммерческой ценности рекомендуемого сорбента.

Целью данного раздела является анализ ресурсоэффективности сорбционного материала на основе вермикулитобетона, модифицированного оксигидроксидом железа и разработанной водоочистной системы. Основные задачи заключаются в оценке перспективности разработанного сорбента и водоочистной системы и определении их экономической эффективности.

Разработанная система, рекомендуемая для использования в качестве походного фильтра, привлекательна своей низкой стоимостью, а также является более эффективной, по сравнению со своими аналогами.

5.1. Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Для сравнения конкурентоспособности методов урвнеметрии, был выбран ёмкостной метод и поплавковый. Выбранные показатели для оценки конкурентоспособности метода показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1.Функциональная мощность	0,3	95	100	0,95	0,285
2. Надежность	0,1	95	100	0,95	0,095
3. Безопасность	0,05	100	100	1	0,05
4. Простота эксплуатации	0,3	100	100	1	0,3
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
5. Конкурентоспособность	0,05	80	100	0,8	0,04
6. Перспективность рынка	0,1	80	100	0,8	0,08
7.Финансовая эффективность научной разработки	0,1	90	100	0,9	0,09
Итого	1	640	700	6,4	0,94

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле 1.

$$P_{cp} = \sum B_i * B_i \quad (1)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i-го показателя.

$$P_{cp} = 0.3 * 95 + 0.1 * 95 + 0.05 * 100 + 0.3 * 100 + 0.05 * 80 + 0.1 * 80 + 0.1 * 90 = 28.5 + 9.5 + 5 + 30 + 4 + 8 + 9 = 94$$

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. $P_{cp} = 94\%$, следовательно, разработка может

считаться перспективной. Конкурентноспособность разрабатываемой системы высока. Дополнительных инвестиций для усовершенствования технологии водоочистки в данной разработке не требуется.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

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

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследования	2	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	
Теоретические исследования	5	Изучение литературы по теме	Студент
	6	Анализ методов и средств очистки водных сред от ионов мышьяка	
Практические исследования	7	Экспериментальные исследования эффективности очистки с помощью разработанного сорбента	Научный руководитель, студент
	8	Изучение результатов проведенного исследования	
Оценка полученных результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	10	Заключение	Студент

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула 2.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (2)$$

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

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

t_{maxi} — 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i} \quad (3)$$

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.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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 (4).

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}} \quad (4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле (5).

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}} = 366$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней;

$T_{\text{пр}} = 15$ – количество праздничных дней.

Согласно производственному и налоговому календарю на 2016 год, количество календарных 366 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных и праздничных 119 дней (количество предпраздничных дней – 15, количество выходных дней – 104).

Далее будет рассчитан коэффициент календарности по формуле (5).

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366-104-15} = 1.48$$

Рассчитанные значения по формуле (4) в календарных днях по каждой работе $T_{\text{кi}}$ округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу 6. На основе таблицы 5, строим таблицу 6.

Таблица 5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ож}$, 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							
Составление и утверждение темы проекта	1	1	2	3	3	3	2	2	2	Руководитель	2	2	2	3	3	4
Поиск и изучение материала по теме	15	16	18	20	20	21	17	18	19	Студент	17	18	19	25	26	28
Выбор направления исследований	5	5	7	10	12	11	7	8	9	Студент, руководитель	4	4	4	5	6	6
Календарное планирование работ	1	1	2	2	2	3	1	1	2	Руководитель	1	1	2	2	2	4
Изучение литературы по теме	15	15	16	16	18	19	15	16	17	Студент	15	16	17	23	24	25
Анализ методов и средств измерения	25	28	28	29	30	31	27	29	29	Студент	27	29	29	39	43	43
Экспериментальные исследования	1	2	2	3	3	4	2	2	3	Студент	2	2	3	3	4	4
Изучение результатов исследования	1	1	2	3	4	4	2	2	3	Студент, научный руководитель	2	2	3	3	3	4
Анализ результатов	3	4	5	5	5	6	4	4	5	Студент	4	4	5	6	7	8
Заключение	2	2	3	4	4	4	3	3	3	Студент	3	3	3	4	4	5
Итого														112	121	132

Таблица 6 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Раб.	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				Февраль			Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	4												
2	Поиск и изучение материала по теме	Студент	28												
3	Выбор направления исследований	Студент, руководитель	6												
4	Календарное планирование работ	Руководитель	4												
5	Изучение литературы по теме	Студент	25												
6	Анализ методов и средств измерения	Студент	43												
7	Экспериментальные исследования	Студент	4												
8	Изучение результатов исследования	Студент,	4												
9	Анализ результатов	Студент	8												
10	Заключение	Студент	5												

 - студент ;  - научный руководитель.

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования

5.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данный пункт включает стоимость всех материалов, используемых в процессе выполнения практической части выпускной квалификационной работы. Это в первую очередь покупные материалы, которые использовались для обеспечения нормального процесса исследований, а также сырье и материалы, используемые в качестве объектов исследований. Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (6).

$$З_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m Ц_i + N_{расхi} \quad (6)$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, m^2 и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ m^2 и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Материальные затраты

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
Вермикулитобетон	м ³	0,25	0,25	0,5	0,097	0,1152	0,131	0,02425	0,0288	0,065
Гидроксид железа	Килограмм	0,15	0,5	1,5	50	65	80	7,5	32,5	120
Пластмассовое ведро (особое)	Штук	2	4	6	112	228	365	224	912	2190
Цеолит	Килограмм	0,5	2	5	54	66	88	33	132	440
Диатомит	Килограмм	0,5	2	5	13	23	66	6,5	46	330
Активированный уголь	Килограмм	0,5	2	5	60	238	590	30	476	2950
Кран (сантехника)	Штук	1	2	3	1	120	1070	1	240	3210
Итого:								302,02	1838,53	8980,065

5.2.4.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата исполнителей темы

В этой статье расходов планируется и учитывается основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки:

$$C_{осн/зн} = \sum t_i \cdot C_{зн_i}, \quad (7)$$

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

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{зн_i} = \frac{D + D \cdot K}{F}, \quad (8)$$

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).

Расчет затрат на основную заработную плату приведен в таблице:

Таблица 8 – 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	23264,86	1376,81	7,2	9	13	9907	12391.29	17896.53
Студент	6976,22	412,23	27	29.5	45.5	11130.21	12160.78	18756.46
ИТОГО						21037.21	24552.07	36652.99

Для руководителя:

$$C_{\text{зи}} = \frac{D + D \cdot K}{F} = (23300 + 23000 \cdot 0,3) / 22 = 1374,74 \text{ руб./день.}$$

Для студента:

$$C_{\text{зи}} = \frac{D + D \cdot K}{F} = (6976,22 + 6976,22 \cdot 0,3) / 22 = 412,23 \text{ руб./день.}$$

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (9)$$

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

Таблица 9 – 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	9907	12391.29	17896.53	0,15	1486.05	1858.69	2684.4
Студент	11130.21	12160.78	18756.46		1669.53	1824.11	2813.46
Итого					3155.58	3682.8	5497.86

5.2.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}) \quad (10)$$

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

На 2016 г. в соответствии с Федеральным закона 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 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 10 – 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
Руководитель проекта	9907	12391.29	17896.53	1486.05	1858.69	2684.4
Студент-дипломник	11130.21	12160.78	18756.46	1669.53	1824.11	2813.46
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%					
Итого						
Исполнение 1	6556.24					
Исполнение 2	7651.64					
Исполнение 3	11422.88					

5.2.4.4 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$З_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (11)$$

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

Величина коэффициента накладных расходов принимается равной 50%.

Таблица 11 – Накладные расходы

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты	302,02	1838,53	8980,065
Основная заработная плата	21037.21	24552.07	36652.99
Дополнительная з.п.	3155.58	3682.8	5497.86
Отчисления во внебюджетные фонды	6556.24	7651.64	11422.88
Коэффициент, учитывающий накладные расходы	50 %		
З_{накл}	15525.5	18862.5	31276.9

5.2.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при

формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	302,02	1838,53	8980,065
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	21037.21	24552.07	36652.99
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3155.58	3682.8	5497.86
4. Отчисления во внебюджетные фонды	6556.24	7651.64	11422.88
5. Накладные расходы	15525.5	18862.5	31276.9
6. Бюджет затрат НТИ	46576.55	56587.54	93830.7

Таким образом, исходя из результатов таблицы 12 следует, что наиболее затратным является исполнение 3, наименее затратным – исполнение 1.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (12).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (12)$$

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).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } 1} = 0,49 ; I_{\text{финр}}^{\text{исп } 2} = 0,6 ; I_{\text{финр}}^{\text{исп } 3} = 1$$

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i \quad (13)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

Таблица 13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1.Функциональная мощность	0,3	4	4	5
2. Надежность	0,1	4	4	5
3. Безопасность	0,05	5	5	5
4. Простота эксплуатации	0,3	5	5	5
5. Конкурентоспособность	0,05	4	3	3
6. Перспективность рынка	0,1	5	4	4
7.Финансовая эффективность научной разработки	0,1	5	3	1
Итого	1	4,55	4,2	4,4

$$I_{p1} = 4 * 0,3 + 4 * 0,1 + 5 * 0,05 + 5 * 0,3 + 4 * 0,05 + 5 * 0,1 + 5 * 0,1 = 4,55$$

$$I_{p2} = 4 * 0,3 + 4 * 0,1 + 5 * 0,05 + 5 * 0,3 + 3 * 0,05 + 4 * 0,1 + 3 * 0,1 = 4,2$$

$$I_{p3} = 5 * 0,3 + 5 * 0,1 + 5 * 0,05 + 5 * 0,3 + 3 * 0,05 + 4 * 0,1 + 1 * 0,1 = 4,4$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 14.

$$I_{исп1} = \frac{I_{p1}}{I_{исп1}^{финр}}, I_{исп2} = \frac{I_{p2}}{I_{исп2}^{финр}}, I_{исп3} = \frac{I_{p3}}{I_{исп3}^{финр}} \quad (14)$$

$$I_{исп1} = 4,7925 ; I_{исп2} = 4,3755 ; I_{исп3} = 4,4$$

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (15)$$

Таблица 14 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,9494	0,9599	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	4,2	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	4,7925	4,3755	4,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,0953	0,913	0,9181

Проведя вышеперечисленные расчеты и сравнив различные исполнения приходим к выводу, что исполнение 1 является наилучшим вариантом.

Заключение

В данном разделе ВКР была произведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Анализ показал, что перспективность данной разработки на высоком уровне т. к. средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки составило 94%. Также из результатов анализа конкурентных технических решений, следует, что данная разработка, а именно «разработка водоочистной системы на основе сорбционного материала вермикулитобетона, модифицированного оксигидроксидом железа» является актуальной на сегодняшний день и на рынке может зарекомендовать себя как продукт, на который будет спрос в связи с его дешевизной, эффективностью и простотой применения. Также было составлено планирование выполнения ВКР, включающее в себя структуру работ и определение трудоемкости выполнения. Был рассчитан бюджет научно-технического исследования, включающий материальные затраты, заработанную плату. По результатам расчетов минимальные затраты составили 46576.55 руб. В работе определены ресурсная, финансовая, бюджетная, социальная и

экономическая эффективность исследования. Сравнение значений интегральных показателей эффективности показывает, что более эффективным и результативным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является 1 исполнение.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Объект исследования: сорбционный материал на основе вермикулитобетона, модифицированного оксигидроксидом железа.

Введение

Целью данной работы является разработка нового сорбционного материала, способного эффективно очищать водные растворы от ионов трёхвалентного и пятивалентного мышьяка, а также создание малой водоочистной системы, на основе разработанного сорбента.

Создаваемая водоочистная система должна обладать высокой эффективностью очистки, отличаться доступностью и относительной дешевизной.

В разделе будет рассмотрено рабочее место лаборанта в лаборатории №12 при ИФВТ НИ ТПУ и вредные факторы действие которых может испытать на себе работник.

Объектом исследования является сорбционный материал на основе вермикулитобетона, модифицированного оксигидроксидом железа.

6.1 Профессиональная социальная безопасность.

6.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Вермикулитобетон - разновидность легкого бетона с добавлением вспученного вермикулита. Такую смесь применяют для шумо и теплоизоляции домов и при утеплении плоских кровель, пола, стен. В промышленности его используют для внешних и внутренних конструкций, тепло и шумоизоляции оборудования. При обработке и использовании, вермикулитобетон не может

создать никаких опасных факторов для здоровья человека, за исключением повышенной запылённости помещений при измельчении материала.

6.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

Опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть при выполнении работ по созданию сорбционных материалов и исследованию их свойств приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке и проектировании программного приложения и его эксплуатации (по ГОСТ 12.0.003-74)

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)	
	Вредные	Опасные
1) Исследование сорбционных свойств материалов 2) Создание сорбционных материалов	– недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума; – Неблагоприятный микроклимат – Статические физические перегрузки	• опасность возникновения пожара;

6.1.2.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещенность-важнейший параметр на рабочем месте в лаборатории, обеспечивающий комфортные условия, повышенную эффективность и безопасность труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

В зависимости от назначения помещения, а также вида зрительных работ нормируются такие показатели освещённости, как естественное освещение или искусственное освещение. Естественное освещение обусловлено прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода и меняется в зависимости от географической широты, времени суток, степени

облачности, прозрачности атмосферы. Ограниченная прозрачность остекления светопроемов, их затеняемость, а зачастую и несоответствие их размеров площади и глубине помещений, вызывают повышенный дефицит естественного света в помещениях. Недостаток естественного света восполняется искусственным освещением.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию, сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги. К таким же последствиям приводит длительное пребывание в световой среде с ограниченным спектральным составом света и монотонным режимом освещения. [12]

При верхнем или комбинированном естественном освещении помещений любого назначения нормируется среднее значение коэффициента естественной освещенности (КЕО) [13].

В СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 содержатся требования к освещенности лабораторных помещений, которые приведены в таблице 16 [13].

Таблица 16 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения основных помещений (по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03).

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО е _н , %		КЕО е _н , %		Освещенность, лк				
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении и	При комбинирован ном освещении		При общем освещении	Показатель дискомфорта М, не более	Коэффициент пульсации, К _п , %, не более
всего	от общег о									
Лаборатории органической и неорганической химии, препараторские	Г – 0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	40	10
Аналитические лаборатории	Г – 0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500	40	10
Весовые, термостатные	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	400	400	200	40	15

Так как контроль проведения исследований или обработка полученных результатов осуществляется на электронно-вычислительных машинах, в качестве рекомендаций по организации освещения на рабочем месте, можно использовать рекомендации, представленные в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [14]:

- рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, а естественный свет падал преимущественно слева;
- искусственное освещение в помещениях для эксплуатации персональной ЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения;
- следует ограничивать отраженную блёскость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения;
- светильники местного освещения должны иметь непросвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40° ;
- в качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ);
- общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении видеодисплейных терминалов. При расположении компьютеров по периметру линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору

6.1.2.2 Повышенный уровень шума

Основными источниками шума являются: печатающие устройства, в вычислительных машинах – шум от работы вентилятора, в лабораториях –

установки для кондиционирования воздуха, а также шум процесса измельчения материалов.

- Повышенный уровень шума имеет следующие последствия:
- нарушение слуха. Исключительно высокий уровень шума (более 120 дБ) может привести к акустической травме. При значительно большей интенсивности звука можно потерять слух. Более частое последствие работы при повышенном уровне шума – постепенное и малозаметное снижение слуха;
- сердечно-сосудистые заболевания. Шум негативно влияет на сердечно-сосудистую систему, что приводит к развитию гипертонии и гипотонии, скачкам артериального давления. Сосудистые нарушения совместно с отрицательным влиянием шума на мозг могут вызвать сильные головные боли, сосудистые спазмы.
- гормональные расстройства. Высокий уровень шума может нарушать работу мозга и нервной системы, что приводит к появлению сахарного диабета, болезни щитовидной железы и репродуктивной системы.
- влияние на психику. Приводит к снижению концентрации, невозможности сосредоточиться, ухудшению памяти, депрессии и др.
- низкий тонус и иммунитет [15].

Далее приводятся предельно допустимые уровни звукового давления с учетом типа трудовой деятельности и рабочих мест (таблица 17) [16].

Таблица 17 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест (по СН 2.2.4/2.1.8.562-96.)

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Научная деятельность, конструирование и проектирование. Рабочие места в помещениях в лабораториях для теоретических работ и обработки данных.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Измерительные и аналитические работы в лаборатории;	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60

Для обеспечения соответствия шумового воздействия нормативным документам, могут применяться приведённые ниже технические решения, в соответствии с СП 51.13330.2011 [17]:

- Конструкция вентиляционных блоков должна обеспечивать целостность стенок (отсутствие в них сквозных каверн, трещин), разделяющих каналы. Горизонтальный стык вентиляционных блоков должен исключать возможность проникновения шума по неплотностям из одного канала в другой.
- При проектировании дверей, ворот и окон следует обращать особое внимание на принятие мер по повышению их изоляции от воздушного шума.

6.1.2.3 Неблагоприятный микроклимат

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энерготрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма [18].

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются [18]:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;

Работа в лаборатории относится к категории работ Ia – работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

Далее приводятся значения оптимальных параметров микроклимата для категорий работ Ia [18].

Таблица 18 – Оптимальные величины показателей микроклимата для категории работ Ia (по СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22-24	21-25	40-60	0,1
Теплый	Ia	23-25	22-26	40-60	0,1

Планировка должна обеспечивать свободный доступ свежего воздуха ко всем участкам помещений. Наиболее рациональны в гигиеническом отношении мало пролетные здания. Для свободного поступления наружного, более холодного воздуха и, следовательно, для лучшего проветривания помещений весьма важно оставлять максимальное количество свободного от застроек периметра стен [19].

Для обеспечения оптимального микроклимата на рабочем месте следует провести следующий комплекс мероприятий [20]:

- оборудование помещения системами обогрева (радиаторы и кон-векторы, системы с тепловентиляторами, воздушное отопление, системы лучистого обогрева, системы кабельного обогрева);
- установка и ремонт систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- использование увлажнителей воздуха;
- рациональное размещение оборудования;
- использование тепловой изоляции оборудования различными видами теплоизоляционных материалов;
- использование теплозащитных экранов

6.1.2.4 Статические физические перегрузки

Статические перегрузки вызываются длительным пребыванием человека в вынужденной рабочей позе или длительным статическим напряжениям отдельных групп мышц при выполнении работ.

Например: сидя или стоя с наклоненной головой (шейный и плечевой пояс); сидя или стоя с наклоненным туловищем (пояснично-крестцовый отдел); лежа (шейно-плечевая область); на коленках (коленные суставы); на корточках

(коленные и голеностопные суставы, сдавливание нервов); с упором на локоть (давление на локтевой сустав) [21].

Основным видом статической нагрузки при исследовательской работе в лаборатории, является нахождение в неподвижном состоянии, часто в неудобной позе при работе на ЭВМ.

При этом возникает локальная динамическая перегрузка пальцев и кистей рук. Статическим перенапряжениям мышц способствуют неподходящие эргономические параметры рабочего места и его компонентов (отсутствие подлокотников, пюпитра, подставки для ног), отсутствие возможности регулировки параметров рабочего стула, высоты рабочей поверхности стола, неудобное расположение клавиатуры и дисплея [22].

В данном случае, в качестве нормативов обеспечения безопасного рабочего процесса, следует принимать допустимые параметры рабочей зоны пользователя ЭВМ, в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [14].

Таблица 19 – Требования к организации и оборудованию рабочих мест с персональной ЭВМ (по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)

Объект	Характеристика	Численное значение
Рабочий стол	Высота (при наличии возможности регулирования)	680-800мм
	Высота (при отсутствии возможности регулирования)	780 мм
	Размер рабочей поверхности – ширина (при высоте 780 мм)	800, 1000, 1200, 1400 мм
	Размер рабочей поверхности – глубина (при высоте 780 мм)	800, 1000 мм
	Пространство для ног: – высота – ширина – глубина на уровне колен – глубина на уровне вытянутых ног	– не менее 600 мм – не менее 500 мм – не менее 450 мм – не менее 650 мм
Рабочий стул	Ширина и глубина поверхности сиденья	не менее 400 мм
	Регулировка высоты сиденья	400-550 мм
	Регулировка угла наклона сиденья	вперед до 15° и назад до 5°
	Высота опорной поверхности спинки	300 ± 20 мм
	Ширина опорной поверхности спинки	не менее 380 мм
	Радиус кривизны горизонтальной плоскости	400 мм
	Угол наклона спинки в вертикальной плоскости	± 30°
	Регулировка расстояния спинки от переднего края сиденья	260-400 мм
	Стационарные или съемные подлокотники: – длина – ширина	– менее 250 мм – 50-70 мм
	Регулировка подлокотников по высоте над сиденьем	230 ± 30 мм
Подставка под ноги	Ширина	не менее 300 мм
	Глубина	не менее 400 мм
	Регулировка по высоте	до 150 мм
	Угол наклона упорной поверхности	до 20°
	Высота бортика по переднему краю	10 мм

В качестве средства профилактики заболеваний, связанных с сидячим образом жизни, предлагается использовать физкультминутки (ФМ). ФМ способствует снятию локального утомления. По содержанию ФМ различны и предназначаются для конкретного воздействия на ту или иную группу мышц или систему организма в зависимости от самочувствия и ощущения усталости [14].

6.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Рабочее место располагается на первом этаже лаборатории №12 ИФВТ НИ ТПУ. Данная рабочая зона имеет в своём составе пять ЭВМ, четыре рабочих стола и различное лабораторное оборудование. Стены окрашены матовой краской светло-бежевых тонов, потолки светлые. В помещении имеется три оконных проема.

Для обеспечения защиты исследователя от действия опасных факторов, необходим контроль за соблюдением сотрудниками лаборатории техники безопасности и правил поведения в лаборатории.

Необходимо соблюдать правила техники безопасности, приведённые ниже [24]:

- При работе со стеклянными приборами необходимо соблюдать следующие приемы:
 - а) защищать руки полотенцем при сборе стеклянных приборов или соединений отдельных частей их с помощью каучука; при разламывании стеклянных трубок придерживать левой трубку около надпила;
 - б) при закрывании колбы, пробирки или другого тонкостенного сосуда пробкой держать сосуд за верхнюю часть горлышка ближе к месту, куда должна быть вставлена пробка, защищая руку полотенцем;

в) оплавливать и смачивать водой концы трубок и палочек до надевания каучука; при плавлении концов трубок и палочек пользоваться держателями.

- Чтобы избежать травмирования при резании стеклянных трубок, сборке и разборке приборов, изготовленных из стекла, необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

а) стеклянные трубки небольшого диаметра ломать после надрезки их напильником, предварительно защитив руки полотенцем;

б) при вставлении стеклянных трубок в резиновые пробки или резиновые трубки (при сборке приборов) предварительно смочить снаружи стеклянную трубку и внутреннюю край резиновой трубки или отверстие в пробке водой, глицерином или вазелиновым маслом. Острые края стеклянных трубок должны быть оплавлены. Во всех случаях руки необходимо защищать полотенцем во избежание ранения от поломки стекла;

в) собирать стеклянные приборы и стеклянные детали в местах, оборудованных подкладками (пеноуретан, резина и др.);

г) при вставлении стеклянных трубок или термометра в просверленную пробку, последнюю не упирать в ладонь, а держать за боковые стороны. Трубку или термометр держать как можно ближе к вставляемому в пробку концу.

- Нагретый сосуд нельзя закрывать притертой пробкой до тех пор пока он не охладится.
- При переливании жидкостей (кроме жидкостей, содержащих возбудителей инфекционных заболеваний) необходимо пользоваться воронкой.
- Нагревая жидкость в пробирке, необходимо держать последнюю так, чтобы отверстие было направлено в сторону от себя и соседей по работе.
- Использованную химическую посуду и приборы, содержавшие кислоты, щелочи и другие едкие и вредные вещества, освобождают от остатков этих веществ, обезвреживают, передают в мойку.

- Все химические реактивы должны храниться в специально отведённых для этого местах и иметь подписанную этикетку.
- Лаборатория должна быть оборудована вытяжным шкафом для хранения кислот, щелочей и проведения опытов с ЛВЖ и ГЖ.
- Перед началом работы должна быть приведена в действие приточно-вытяжная вентиляция.
- Работы необходимо проводить только в спецодежде.
- Во время работы в лаборатории необходимо соблюдать чистоту и порядок.
- При окончании работы необходимо выключить силовую электросеть, привести в порядок рабочее место, вымыть и убрать посуду, закрыть газовые и водяные краны, поставить на место реактивы.
- В лаборатории запрещается работать одному.

Перед началом работы в лаборатории, каждый сотрудник должен пройти инструктаж, а в лабораторном журнале по технике безопасности должна быть сделана соответствующая запись. В дальнейшем, процедуру необходимо повторять раз в полгода.

Ответственность за соблюдение сотрудниками правил процедуры, а также за соответствие рабочей зоны лаборатории требованиям правил техники безопасности несёт руководитель лаборатории.

В лаборатории имеется медицинская аптечка с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств.

6.2 Экологическая безопасность

6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Сорбционный материал на основе вермикулитобетона, модифицированного оксигидроксидом железа является практически

безвредным для окружающей среды, так как не обладает токсикологическим воздействием на живые организмы и растения.

После исчерпания очистного ресурса сорбента его необходимо утилизировать методом захоронения на специализированных полигонах, исключающих попадание веществ с места захоронения в грунтовые воды, т.к. использованный сорбент может содержать большое количество ионов трёхвалентного и пятивалентного мышьяка, которые являются вредными для окружающей среды и живых организмов элементами.

При процессе регенерации сорбента (очищение от ионов мышьяка и возобновление сорбционных свойств сорбента) образуются сточные воды, содержащие ионы мышьяка. Необходимо проводить дополнительные мероприятия по очистке загрязненных вод, иначе мышьяк попадёт в окружающую среду вместе с водой и окажет негативное воздействие.

6.2.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

К негативному влиянию на атмосферу в процессе исследования сорбента, можно отнести пыль выносящуюся в окружающую среду с приточно-вытяжной вентиляцией, которая образуется в результате измельчения и просеивания вермикулитобетона. Измельчение проводят в ступах, а просеивания – с помощью сит. Эти процедуры производят с целью получения фракций различного размера, и дальнейшего изучения сорбционных свойств получаемых на их основе материалов.

Негативное влияние на гидросферу в процессе исследования, заключается в воздействии на последнюю сточных вод, образующихся после промывки лабораторной посуды, использованной в процессе исследования. Стоки могут содержать различные виды щелочей и кислот, а также токсичные вещества. В данном случае – ионы трёхвалентного и пятивалентного мышьяка.

Отрицательное воздействие на литосферу оказывают твёрдые отходы образующиеся в процессе исследований. Это могут быть: бумага, фильтровальные материалы (ткани), обломки лабораторной посуды, вскрытые ёмкости для хранения реагентов и индикаторов, отработанные насадки для лабораторных дозаторов, перчатки, канцелярские принадлежности, шлам (после измельчения материалов). Все отходы выбрасываются в общий мусорный контейнер.

6.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

При выполнении исследовательских работ и использовании лабораторного оборудования, необходимо выполнять мероприятия по охране окружающей среды.

Защита атмосферы

Для избегания попадания пыли и токсичных паров в атмосферу, необходимо оборудовать вытяжки в лабораторных помещениях системами очистки (например рукавным фильтром, циклоном), которые позволят значительно снизить количество выбрасываемых в атмосферу вредных веществ.

Защита гидросферы

Приказом ТПУ № 391 от 21.01.2015 г. в лаборатории 12 все жидкие отходы необходимо сливать в специальные сливные ёмкости. Отработанные растворы, остатки кислот, сернистых соединений, соединений ртути и серебра, растворы, содержащие йод и т.д. сливают в специальные банки. Нельзя сливать указанные растворы в раковины, соединённые с общей системой канализации.

Защита литосферы

Для минимизации количества выбрасываемых отходов, а также для уменьшения нагрузки на полигоны ТБО, целесообразно ввести отдельный сбор мусора. Данное решение позволит более рационально подходить к

вопросу утилизации отходов (часть из них можно будет отправить на переработку). Возможно вторичное использование бумаги и стеклянной посуды.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Объект исследования не может являться причиной возникновения ЧС.

6.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.

При проведении исследований существует вероятность появления пожара.

Это может произойти при перегреве проводящих элементов устаревшего оборудования, что приведёт к его выходу из строя, а также к возникновению пожароопасной ситуации. Помимо перегрева, пожароопасная ситуация может стать следствием короткого замыкания, произошедшего в результате намокания токопроводящих элементов и систем из-за неаккуратных действий лаборанта. Также, пожар может возникнуть в результате возникновением короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электросоединений и электрораспределительных щитов.

6.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима

эксплуатации электрических сетей, дисплеев, лабораторного оборудования (центрифуг, магнитных мешалок и др.) и других электрических средств автоматизации.

Для предупреждения возникновения пожара необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности [25]:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов.

Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- противопожарный инструктаж работающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.
- эксплуатационные мероприятия:
- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;

Технические мероприятия:

- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Работник лаборатории работает в двух положениях: сидя (преимущественно) и стоя.

Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса. Категории работ - по ГОСТ 12.1.005-88. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.)

должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда [26].

Рабочее место для выполнения работ стоя организуют при физической работе средней тяжести и тяжелой, а также при технологически обусловленной величине рабочей зоны, превышающей ее параметры при работе сидя. Категория работ - по ГОСТ 12.1.005-88. Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения исследовательской работы были выполнены все поставленные задачи. Было выяснено, что разработанная водоочистная система на основе предлагаемого сорбционного материала (вермикулитобетон модифицированный оксигидроксидом железа), в лабораторных условиях способна эффективно удалять ионы мышьяка из водных сред, обладает необходимой экономической эффективностью и не представляет опасности для окружающей среды и людей при использовании её по назначению.

Исследуемая водоочистная система была испытана в полевых условиях вблизи города Калькутты, штат Западный Бенгал, Индия, при фильтрации воды из поверхностного источника (озеро). Начальная концентрация ионов мышьяка в очищаемой воде составила $0,306 \text{ мг/дм}^3$. Наименьшая степень эффективности очистки, которую показала установка в конце процесса фильтрации (1000 дм^3), составила 97%, что обеспечивает концентрацию ионов мышьяка равную $0,0092 \text{ мг/дм}^3$ (ПДК питьевой воды ВОЗ $0,01 \text{ мг/дм}^3$). Таким образом, была доказана эффективность предлагаемой водоочистной системы.

Также, в процессе исследования были установлены структурные характеристики используемых в водоочистной системе сорбентов и проведена оценка ее производительности.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. В.В. Мухортов, П.Е. Слядников, Д.В. Мартемьянов. Использование сланца в процессах водоочистки // Проблемы геологии и освоения недр Том II Труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 70-летию Победы советского народа над фашистской Германией (г. Томск 6–10 апреля 2015 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 274-275.

2. В.В. Мухортов, О.А. Немцова, Д.В. Мартемьянов, Ю.Р. Мухортова, П.С. Дозморов. Бытовая установка для очистки водопроводной воды // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность Материалы трудов XX всероссийской научно-технической конференции Том 2 (г. Томск 2-4 декабря 2014 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – С. 107-109.

3. В.В. Мухортов, Д.В. Мартемьянов, П.Е. Слядников. Применение сорбционного материала в малой водоочистной системе для очистки воды от ионов As^{3+} // VI Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность» (г. Томск, 23-27 мая, 2016 г.) / Томский политехнический университет. – Изд-во Томского политехнического университета, 2016.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Немордук А.А. Аналитическая химия мышьяка / А.А. Немордук – Москва: изд-во «Наука», 1976. – с. 22-114.
2. Серова В.А., Коган В.И., Способы очистки сточных вод и технологических растворов от мышьяка. // М.: Цветинформация. 1977. С. 32.
3. J. Derel. Arsenic contamination in developing countries: Health effects (Special Issue). // Health Popul. Nutr. 2006, № 24. – Р. 259 – 375.
4. Тяжёлые металлы [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL: <http://www.newecologist.ru>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 11.02.2016).
5. Введение Студопедия [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL: <http://studopedia.ru>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 13.02.2016).
6. Способ очистки сточных вод от мышьяка: патент Рос. Федерация № 2136607; опубл. 10.09.99.
7. Осаждение – мышьяк [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL: <http://www.ngpedia.ru/index.html>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. рус. (Дата обращения: 25.02.2016).
8. Способ очистки воды от мышьяка: патент Рос. Федерация № 2441846; заявл. 28.06.09; опубл. 10.02.12.
9. Методы очистки воды. [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL: <http://studopedia.ru>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 09.03.2016).
10. Сорбционный материал [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL: <http://ru-ecology.info/index>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 17.03.2016).

11. Проектирование аппарата для очистки сточных вод от фенола и нефтепродуктов [Электронный ресурс]: Режим доступа URL: <http://www.vevivi.ru>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 17.03.2016).
12. Недостаточная освещенность рабочей зоны [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL: <http://studopedia.ru>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 09.05.2016).
13. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий: утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, 6 апреля 2003 года. Документ с изменениями, внесенными: постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 15 марта 2010 года N 20 (Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, N 16, 19.04.2010).
14. Санитарные правила и нормы: СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 30 мая 2003 г.
15. Вредное производство: повышенный уровень шума [Электронный ресурс] / Zdravo. Приведи здоровье в порядок. 2016. URL: <http://zdravo.by> (дата обращения: 09.05.2016).
16. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы: утверждены и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. N 36.
17. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003: утвержден приказом Министерства регионального развития

Российской Федерации (Минрегион России) от 28 декабря 2010 г. N 825 и введен в действие с 20 мая 2011 г.

18. СанПиН 2.2.4.548-96 Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: утверждены и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 1 октября 1996 г., N 21.
19. Влияние метеорологических условий на здоровье работников [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL: <http://dvkuot.ru>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 10.05.2016).
20. Мероприятия по обеспечению оптимального и допустимого микроклимата [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL: <http://edu.trudcontrol.ru>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 10.05.2016).
21. Пособие по БЖД [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL: <http://www.studfiles.ru>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 10.05.2016).
22. Опасные и вредные факторы при работе с ПЭВМ [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL: <http://rgrtu-640.ru>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 10.05.2016).
23. Вермикулитобетон. Пропорции и способ приготовления [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL: <http://msksluda.ru>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 10.05.2016).
24. Нормативные документы, методические пособия и рекомендации. Правила устройства, техники безопасности, производственной санитарии, противоэпидемического режима и личной гигиены при работе в лабораториях (отделениях, отделах) санитарно-эпидемиологических учреждений системы Министерства здравоохранения СССР [Электронный ресурс]: – Режим доступа URL:

<http://www.interlabservice.ru>, свободный. – Заглс с экрана. Яз. Рус. (Дата обращения: 10.05.2016).

25. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 13 июля 2015 года): принят Государственной Думой 4 июля 2008 года. Документ с изменениями, внесенными: Федеральным законом от 13 июля 2015 года N 234-ФЗ.
26. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования: введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 26 апреля 1978 г. N 1100. Переиздание: апрель 2001 г.

Приложение А



Рисунок А.1 Исследуемая водоочистная установка

Приложение Б



Рисунок Б.1 – Исследуемая водоочистная установка