

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет

имени К.И. Сатпаева

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии
специальных материалов

Хумарбекұлы Ерасыл

Изучение очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов природным
сорбентом – шунгитом месторождения Коксу.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В070900 – Металлургия

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии
специальных материалов

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующая кафедрой МПТ
и ТСМ ассоц. проф.,
доктор Ph.D., канд. техн. наук
_____ Чепуштанова Т.А.
“ ____ ” _____ 2020 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: " Изучение очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов
природным сорбентом – шунгитом месторождения Коксу."

по специальности 5В070900 – Металлургия

Выполнил:

Хумарбекұлы Е.

Научный руководитель
ассоц. проф., канд. техн. наук
_____ Гусейнова Г.Д
“ ____ ” _____ 2020 г

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии
специальных материалов

5B070900 – Металлургия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой МПТ и ТСМ
ассоц. проф., доктор Ph.D.,

канд. техн. наук

_____ Чепуштанова Т.А.

“ _____ ” _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Хумарбекұлы Ерасыл

Тема: Изучение очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов природным сорбентом – шунгитом месторождения Коксу.

Утверждена приказом Ректора Университета № 762–б от «27» января 2020 г.

Срок сдачи законченной работы: «30» мая 2020 г.

Исходные данные к дипломной работе: природный сорбент – шунгит месторождения Коксу; лабораторное оборудование (муфельная печь, установка для проведения сорбции);

Краткое содержание дипломной работы:

а) обжиг порошкообразного шунгита; методика получения искусственных растворов, содержащих ионы меди и цинка; физико–химический анализ шунгитов;

б) определение степени очистки растворов от ионов меди и цинка в зависимости от: массы шунгита и температуры его предварительного обжига; концентрации ионов меди и цинка; температуры процесса;

в) экономическая часть: расчет затрат на проведение исследований, расчеты себестоимости и рентабельности, определение технико–экономических показателей;

г) безопасность и охрана труда: анализ опасных производственных факторов и расчет защитных мероприятий.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены 15 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: 15 наименований

ГРАФИК

подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	7.02.2020 г.	
Литературный обзор	21.02.2020 г.	
Экспериментальная часть	17.04.2020 г.	
Экономическая часть	06.05.2020 г.	
Безопасность и охрана труда	13.05.2020 г.	
Заключение	20.05.2020 г.	
Нормоконтроль	30.05.2020 г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект)
с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты И.О.Ф (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Экономическая часть	канд. техн. наук, ассоц. проф. Г. Д. Гусейнова	06.05.2020 г.	
Безопасность и охрана труда	канд. техн. наук, ассоц. проф. Г. Д. Гусейнова	13.05.2020 г.	
Нормоконтролер	канд. техн. наук С.С.Коныратбекова	30.05.2020 г.	

Научный руководитель _____ Гусейнова Г.Д.
подпись

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Хумарбекұлы Е.
подпись

Дата «28» января 2020 г.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, әдебиетті сыни шолудан, эксперименталды бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс компьютерде терілген 49 парақта келтірілген, 21 суретті және 20 кестені қамтиды. Әдебиеттер тізімі 19 атаудан тұрады.

Берілген дипломдық жұмыстың мақсаты ұнтақталған Көксу шунгитімен ағызынды суларды ауыр металл иондарынан(мыс пен цинк) тазарту жағдайын зерттеу.

Жұмыста тазалану процесіне әсер ететін негізгі параметрлері анықталған, олар: күйдірілген шунгит температурасы, ерітіндінің концентрациясы, массаның әртүрлілігі, ерітіндінің концентрациясы, динамикалық сорбцияға әсер ететін сыртқы температура Фрейндлих теңдеуі арқылы өңделген тәжірибелер нәтижесі берілген.

Жұмыста сонымен бірге қоршаған ортаны қорғауды және ұнтақты шунгиттің тазалану нәтижесіндегі алынған экономикалық көрсеткіштері қарастырылған.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, критического обзора литературы, экспериментальной части, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 49 страницах компьютерного набора, включает 21 рисунок, 20 таблиц. Список использованной литературы содержит 19 наименований.

Целью работы является изучение очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов (меди и цинка) природным сорбентом – шунгитом месторождения Коксу.

В работе определена степень очистки растворов в зависимости от основных параметров, влияющих на процесс: температуры сорбции, концентрации ионов меди и цинка в растворах, массы шунгита, температуры предварительного обжига шунгита. Приведен физико–химический анализ шунгита. Обработка экспериментальных данных производилась с помощью уравнения Фрейндлиха.

В работе также рассмотрены разделы, касающиеся охраны окружающей среды и экономические показатели очистки гранулированного шунгита.

ANNOTATION

Degree work consists of the task, introduction, critical review, the conclusion, the list of the used literature. Work is stated on 49 pages of a computer set, includes 21 drawings and 20 tables. The list of the used literature contains 19 names.

The purpose of degree work is studying of sewage treatment of ions of heavy metals with fine shungite deposits to Koksu.

The paper defines the degree of purification of solutions depending on the main parameters that affect the process: the sorption temperature, the concentration of copper and zinc ions in solutions, the mass of shungite, the pre-firing temperature of shungite. The physical and chemical analysis of shungite is given. Experimental data were processed using the Freundlich equation.

In work the sections, concerning preservations of the environment and economic indicators of clearing granulated shungite also are considered.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Критический обзор	11
2	Экспериментальная часть	14
2.1	Обжиг порошкообразного шунгита	14
2.2	Методика получения искусственных растворов, содержащих ионы меди и цинка	14
2.3	Определение степени очистки растворов от ионов меди и цинка в зависимости от массы шунгита и температуры его предварительного обжига	15
2.4	Определение степени очистки растворов от ионов меди и цинка в зависимости от их концентрации	25
2.5	Определение степени очистки растворов от ионов меди и цинка в зависимости от температуры (30 °С, 35 °С, 40 °С)	30
2.6	Физико–химический анализ природных сорбентов	32
3	Экономическая часть	39
4	Безопасность и охрана труда	46
	Заключение	47
	Список использованной литературы	48

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние научно–технической проблемы

Деятельность многих промышленных предприятий часто приводит к загрязнению окружающей среды сточными водами, содержащие в своём составе вредные вещества, оказывающих даже в небольших количествах довольно серьёзное негативное воздействие на здоровье человека и состояние биосферы в целом.

Весьма опасными токсинами в сточной воде считаются ионы тяжелых металлов (ИТМ), а также их соединения. Они содержатся в сточных водах гальванических цехов, предприятий машиностроения и металлообработки, рудного и шахтного производства, чёрной и цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности и других отраслей.

В настоящее время существует много способов очистки воды от вредных веществ, в том числе и сорбционных. Сорбционные процессы широко используются в химической, нефтехимической и гидрометаллургической технологиях. Высокая эффективность сорбционных процессов обеспечивает им приоритетное развитие. Сейчас в мире предлагается более 200 сорбентов, которые можно квалифицировать по разным признакам. В этом направлении широко начинают использоваться сорбенты на основе природных минералов. Простая технология производства, наряду с достаточно высокими сорбционными свойствами делают их перспективным материалом для очистки природных и сточных вод от ионов тяжелых металлов и от нефтяных загрязнений. К ним можно отнести шунгит Коксуйского месторождения (Алматинская область).

Актуальность работы. В настоящее время возрастает необходимость получения более дешёвых сорбентов с улучшенными физико–химическими и эксплуатационными характеристиками. В последнее время широкое применение находят природные сорбенты. В них привлекает низкая стоимость. Простая технология получения, наряду с достаточно высокими сорбционными свойствами, делают их перспективными для очистки природных и сточных вод от ионов тяжелых металлов. Шунгитовые породы представляют собой уникальный неорганический природный минерал на основе углерода и минеральных компонентов. Залежи местных шунгитов Коксуйского месторождения, найденные в Казахстане, ранее не были исследованы. Для комплексного использования шунгитов Коксуйского месторождения необходимо детальное изучение их химического состава, структуры, адсорбционных свойств, что и обуславливает актуальность данной работы.

Целью работы является изучение очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов (меди и цинка) природным сорбентом – шунгитом месторождения Коксу.

Объект исследования: природный шунгит производства Коксу; растворы, содержащие ионы меди и цинка.

Задачи работы:

- проведение предварительного обжига порошкообразного шунгита;
- приготовление растворов с различной концентрацией ионов меди и цинка;
- определение влияния массы шунгита на степень очистки растворов;
- определение влияния температур процесса и предварительного обжига шунгита на степень очистки растворов;

Теоретической основой исследования послужили труды зарубежных авторов по данной теме, патентный поиск, материалы международных конференций.

Методологическая основа – физико–химический анализ, элементный анализ, фазовый анализ метод электронной микроскопии.

Практическая база написания – кафедра «Металлургические процессы, теплотехника и технология специальных материалов» Satbayev University.

Обоснованием для написания работы послужили выполненные дипломантом эксперименты и лабораторные испытания, которые показали принципиальную возможность предлагаемого способа очистки сточных вод.

1 Критический обзор

Деятельность человека наносит огромный ущерб природным богатствам Земли. Чтобы сохранить нашу экосистему для будущих поколений, необходимо пересмотреть свои взгляды на природные ресурсы и защитить наше национальное богатство. Подлинную ценность, которую мы осознаем после того, когда она утрачена [1].

Расход воды из рек и озер для ирригационных, бытовых и промышленных целей, за последние 40 лет, удвоился. Люди в настоящее время используют более 40–50 % запасов пресной воды, стекающей с поверхности Земли. Однако, количество воды в мире распределено неравномерно и их использование ограничено во времени. Изменение климата также может привести к необратимым последствиям для природных систем.

Более 35 видов металлов извлекается в составе руд и химического топлива из недр земли на ее поверхность. В процессе переработки руд, сжигания энергоносителей, потребления тяжелых металлов огромные их количества поступает в атмосферу и водоемы в виде отходов.

Многие тяжелые металлы образуют, так называемые, синергетические смеси, которые оказывают на водные организмы токсические воздействие, значительно понижающие сумму действий отдельных компонентов.

Поведение тяжелых металлов в реальных средах сложно и мало исследовано. Вместе с тем их накопления в живой природе вызывает серьезное беспокойство во всем мире. Все источники тяжелых металлов могут быть ликвидированы путем организации на предприятиях систем очистки и повторного использования сточных вод [2].

Необходимо сформировать новые подходы к восстановлению природных водоемов, усовершенствованию промышленных технологий с уменьшенным выбросом вредных веществ. В настоящее время существует много способов очистки воды от вредных веществ, и одно из первых мест среди них занимают *сорбционные методы* очистки. Высокая эффективность сорбционных процессов обеспечивает им приоритетное развитие. Сейчас в мире предлагается более 200 сорбентов, которые можно квалифицировать по разным признакам [3].

Практика работы систем очистки сточных вод показывает, что сорбционная обработка целесообразна как «финишная» операция, после механической и других более дешевых видов очистки от грубодисперсных, коллоидных и части растворенных примесей. Обычная оптимальная последовательность процессов физико–химической очистки: коагуляция–отстаивания (флотация) – фильтрования – сорбция [4].

В последнее время широкое применение находят природные сорбенты. Низкая стоимость, простая технология получения, наряду с достаточно высокими сорбционными свойствами делают их перспективными для очистки природных и сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Шунгитовые породы представляют собой уникальный неорганический природный минерал на основе углерода и минеральных компонентов. Найденные в Казахстане шунгиты (тауриты) Коксуйского месторождения (Алматинская область) близки по составу шунгитам Карелии [5].

Огромный практически интерес представляет одновременное использование нескольких свойств шунгитов: химической стойкости и термостойкости, электропроводимости, малой теплопроводности и способности силикатной основы выступать в качестве активной добавки, высокой пористости и ярко выраженной способности к обеззараживанию воды и т.д.

Области применения шунгитовых материалов чрезвычайно велики и требуют постоянного изучения. Проведенные последние годы исследования свойств шунгита и продуктов его переработки, а также результаты испытаний различных материалов, полученных на его основе, позволяют существенно расширить сферу применения этого, весьма ценного, минерального сырья [6].

Шунгит – это природный минерал с определенным образом организованной кристаллической решеткой, основой которой является углерод. Как известно, углерод является основой жизни на Земле. Современные ученые рассматривают возникновение жизни на нашей планете как сложный процесс эволюции углеродных соединений. Они считают, что эти соединения могут служить носителем жизни в любой части Вселенной [7].

Шунгит широко известен высоким содержанием углерода в его составе. Обычный шунгит (тип II и III) содержит от 30 до 90 процентов углерода, а элитный или благородный шунгит (тип I) – до 98 процентов. Благодаря столь высокой доле углерода, отличительной особенностью шунгита является высокая электропроводность – $(1-3) \times 10^3 \text{ Ом}$, что не характерно для других пород и минералов. Это свойство позволяет использовать шунгит в производстве электропроводящей краски, цемента, кирпича, отделочных растворов и других материалов [8].

Кроме того, шунгитовый углерод имеет уникальную сферическую форму. Эта новая форма углерода известна как фуллерены. В отличие от Алмаза, графита и карбина, молекулы фуллеренов содержат пятиугольные фрагменты, нетипичные для неорганических соединений. В этих молекулах атомы углерода создают многослойные сферические глобулы с сильными водородными связями. Эти глобулы могут содержать от нескольких десятков до нескольких сотен атомов углерода и могут различаться по размеру и форме.

Благодаря фуллереноподобной структуре, шунгит устойчив к химическому воздействию, обладает сорбционными и каталитическими свойствами. Поэтому шунгит широко применяется в восстановительно-окислительных процессах, в том числе, например, в производстве чугуна и

сплавов на основе черных металлов. Эти же свойства позволяют использовать шунгит для очистки воды [9].

Коксуйский шунгит является прекрасным адсорбентом, который может поглотит биологические токсины, пестициды, тяжелые металлы и радионуклиды. Взаимодействие с водой шунгит излечивает многие заболевания. Его целебные свойства поразительны. Шунгит углеродсодержащий материал, обладающий уникальными свойствами, которым он обязан молекулам фуллеренов, оказывающих разноплановое оздоровительное действия на организм человека.

Шунгитовый углерод обладает аморфной структурой, устойчивой против гравитации, характеризуется высокой реакционной способностью в термических процессах, высокими сорбционными и каталитическими свойствами, электропроводностью и химической стойкостью [10].

Термостойкость шунгитовых пород определяется рядом факторов, в том числе количеством воды в порах шунгитового вещества, текстурой и пористостью пород. Повышение текстурированности, т.е. преимущественной ориентации шунгитовых частиц, изменяет характер пористости, вследствие чего выход газов на поверхность затрудняется. Отсутствие в породе преимущественной ориентации повышает термостойкость материала [11].

Выводы. Существуют различные классификации методов очистки сточных вод, среди них сорбционные методы являются наиболее эффективными. Эффективность сорбции обусловлена, прежде всего, тем, что сорбенты способны извлекать из воды многие неорганические и органические соединения, в том числе, не удаляемые другими методами (радионуклиды). При использовании высокоактивных сорбентов воду можно очистить от загрязняющих веществ до практически нулевых остаточных концентраций. Следовательно, сорбцию следует применять в тех случаях, когда необходима глубокая очистка сточной воды. При этом применение неорганических природных сорбентов, а именно, гранулированного шунгита, который являлся объектом исследования, весьма перспективно и актуально.

2 Экспериментальная часть

2.1 Обжиг порошкообразного шунгита

Для обжига порошкообразного шунгита, в разных температурах взвешивается масса шунгита, ставится в муфельную печь (рисунок 1) на 1 час. После обжига шунгит остывает при комнатной температуре. Обжиг шунгита проводился при температурах 150 °С, 200 °С, 220 °С, 250 °С.

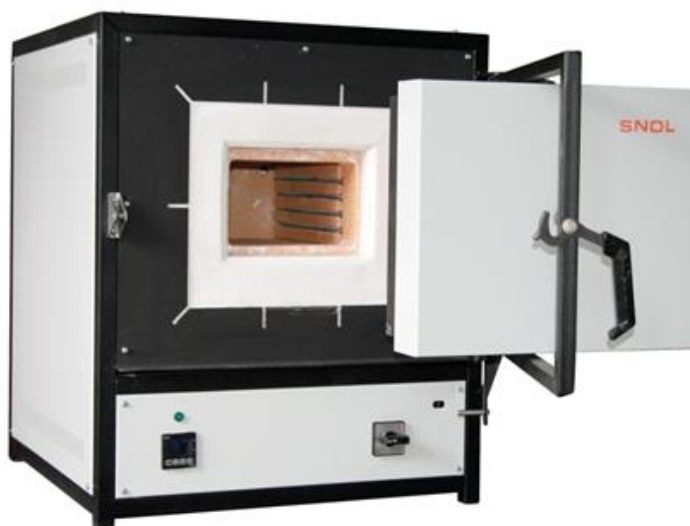


Рисунок 1 – Лабораторная муфельная печь

2.2 Методика получения искусственных растворов, содержащих ионы меди и цинка

Чтобы приготовить раствор с концентрацией 1 г/л ионов Cu^{2+} необходимо взять соль CuSO_4 , найти его молярную массу:

$$M_r(\text{CuSO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}) = 63,5 + 32 + 16 \cdot 4 + 18 \cdot 6 = 177,5;$$

$$\text{CuSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} - \text{Cu};$$

$$177,5 - 63,5;$$

$$x - 1 \text{ г/л};$$

$$x = 177,5 / 63,5 = 2,795 \text{ г}.$$

2,795 г соли CuSO_4 помещают в мерную колбу, потом до метки наливают дистиллированной воды, тщательно перемешивают в течение 5 минут.

Также готовится раствор с концентрацией 1 г/л ионов Zn^{2+} . Берут соль ZnSO_4 , находят его молярную массу.

$$\begin{aligned} M_r(\text{ZnSO}_4+6\text{H}_2\text{O}) &= 65+32+16\cdot 4 = 161+18 = 269; \\ 269 - 65; \\ x - 1 \text{ г/л}; \\ x &= 269/65 = 4,138 \text{ г}. \end{aligned}$$

2.3 Определение степени очистки растворов от ионов меди и цинка в зависимости от массы шунгита и температуры его предварительного обжига

Шунгит массой 5 г, термообработанный при температуре 150 °С, разбавляли раствором с концентрацией меди 1 г/л. После запуска установки, проба берется каждые 20 минут. Проба брали в количестве 5–8 мл. Взятые пробы отправляли на анализ. Анализ проводили на спектрофотометр DR/250, который указан на рисунке 2. Следующий эксперимент проводится в той же очередности, только меняли массу шунгита 5 г → 3 г → 1 г.



Рисунок 2 – Спектрофотометр DR/2500

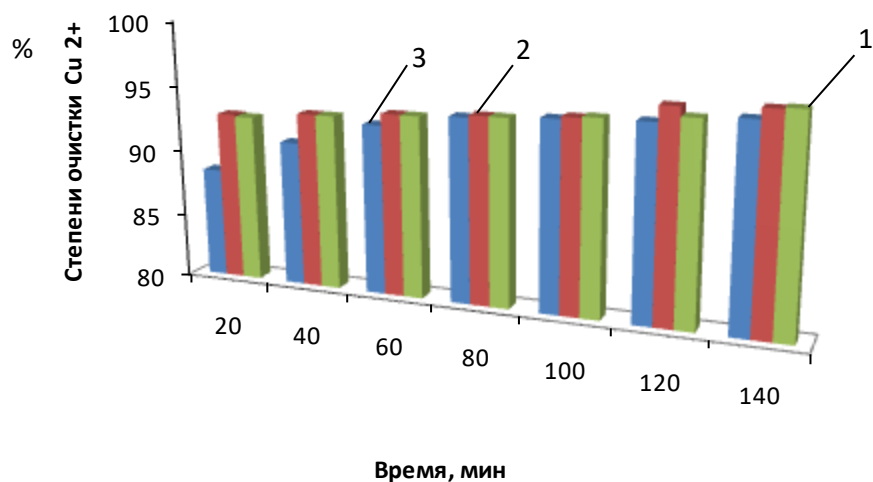
Стоит отметить, что эксперимент был проведён с использованием термообработанного шунгита при различной температуре 150 °С → 200 °С → 220 °С → 250 °С. Это применялось для нахождения оптимальной температуры обработки сорбента, что приводит к улучшению поглощения шунгитом.

Все эти данные приведены в этой главе. На основе этого был построен индивидуальный график зависимости, степени очистки (%) на промежуток времени (мин), за которое был проведен эксперимент, для каждой температуры обработки шунгита.

Сперва был использован термообработанный шунгит при температуре $t=150^{\circ}\text{C}$ вместе с этим, изменяя массу шунгита $5 \text{ г} \rightarrow 3 \text{ г} \rightarrow 1 \text{ г}$. Результаты исследования с использованием термообработанного шунгита при этой температуре для Cu^{2+} предоставлены в таблице 1 и на рисунке 3. Основываясь на этом можно сказать, что шунгит массой в 1 г имеет наибольшую степень очистки.

Таблица 1 – Степень очистки воды от ионов Cu^{2+} при разных массах шунгита

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
20	5	0,117	0,115	0,118	0,116	88,4
40		0,089	0,089	0,088	0,089	91,1
60		0,069	0,070	0,072	0,070	93
80		0,060	0,060	0,058	0,059	94,1
100		0,056	0,055	0,054	0,055	94,5
120		0,052	0,052	0,051	0,052	94,8
20	3	0,071	0,070	0,071	0,071	92,9
40		0,067	0,066	0,066	0,066	93,4
60		0,062	0,061	0,060	0,061	93,9
80		0,057	0,056	0,058	0,057	94,
100		0,052	0,054	0,052	0,053	94,7
120		0,040	0,040	0,041	0,040	96,3
20	1	0,072	0,072	0,071	0,072	92,8
40		0,068	0,066	0,065	0,066	93,4
60		0,060	0,062	0,060	0,061	93,9
80		0,058	0,056	0,056	0,057	94,3
100		0,052	0,052	0,052	0,052	94,8
120		0,047	0,047	0,046	0,047	95,3
Примечание – температура термообработки шунгита при 150°C						



1 – 1 г шунгит; 2– 3 г шунгит; 3–5 г шунгит.

Рисунок 3 – Степень очистки воды от ионов Cu^{2+} при $150\text{ }^{\circ}\text{C}$

Сравнивая результаты полученные с использованием термообработанного шунгита при $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ для Cu^{2+} , которые предоставлены в таблице 2 и на рисунке 4 с предыдущим можно сказать что степень очистки слегка улучшилась.

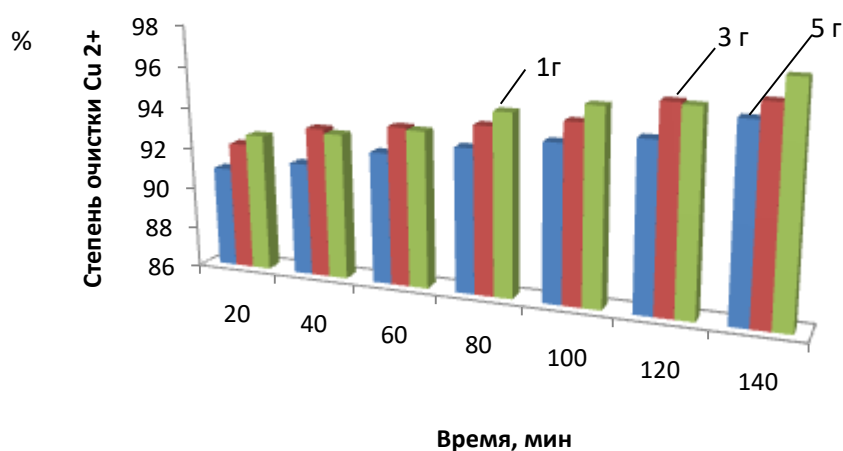
Таблица 2 – Степень очистки воды от ионов Cu^{2+} при разных массах шунгита

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
20	5	0,092	0,090	0,091	0,091	90,9
40		0,086	0,084	0,085	0,085	91,5
60		0,076	0,076	0,076	0,076	92,4
80		0,070	0,070	0,070	0,070	93
100		0,063	0,064	0,064	0,064	93,6
120		0,060	0,058	0,058	0,059	94,1
20	3	0,079	0,077	0,077	0,078	92,2
40		0,069	0,068	0,066	0,067	93,3
60		0,063	0,062	0,062	0,063	93,7
80		0,059	0,058	0,059	0,059	94,1
100		0,055	0,054	0,055	0,054	94,6
120		0,042	0,043	0,042	0,042	95,8
20	1	0,073	0,073	0,072	0,073	92,7
40		0,069	0,069	0,068	0,069	93,1

Продолжение таблицы 2

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
60		0,064	0,064	0,052	0,064	93,6
80		0,052	0,052	0,046	0,052	94,8
100		0,046	0,046	0,043	0,046	95,4
120		0,043	0,043	0,027	0,043	95,7

Примечание – температура термообработки шунгита при 200 °С



1 – 1 г шунгит; 2– 3 г шунгит; 3–5 г шунгит

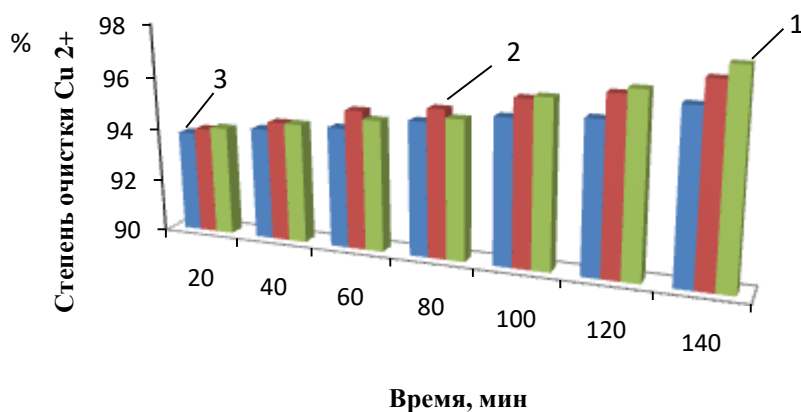
Рисунок 4 – Степень очистки воды от ионов Cu^{2+} при 200 °С

Дальнейшее использование термообработанного шунгита в более высоких температурах показывает заметный рост степени очистки раствора. Это можно заметить по данным с использованием термообработанного шунгита при 220 °С для Cu^{2+} предоставлены в таблице 3 и на рисунке 5, а также по результатам исследования полученные с использованием термообработанного шунгита при 250 °С для Cu^{2+} , которые предоставлены в таблице 4 и на рисунке 6.

Таблица 3 – Степень очистки воды от ионов Cu^{2+} при разных массах шунгита

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
20	5	0,061	0,062	0,062	0,062	93,8
40		0,060	0,059	0,058	0,058	94,2
60		0,055	0,056	0,056	0,055	94,5
80		0,050	0,050	0,050	0,050	95
100		0,046	0,046	0,046	0,046	95,4
120		0,044	0,044	0,044	0,044	95,6
20	3	0,061	0,060	0,061	0,061	94
40		0,055	0,058	0,056	0,056	94,5
60		0,047	0,048	0,048	0,048	95,2
80		0,045	0,044	0,045	0,045	95,5
100		0,040	0,039	0,038	0,039	96,1
120		0,035	0,034	0,036	0,035	96,5
20	1	0,060	0,058	0,058	0,059	94,1
40		0,055	0,055	0,055	0,055	94,5
60		0,052	0,050	0,052	0,051	94,9
80		0,048	0,047	0,048	0,048	95,2
100		0,037	0,038	0,038	0,038	96,2
120		0,033	0,034	0,034	0,033	96,7

Примечание – температура термообработки шунгита при 220 °С



1 – 1 г шунгит; 2– 3 г шунгит; 3–5 г шунгит

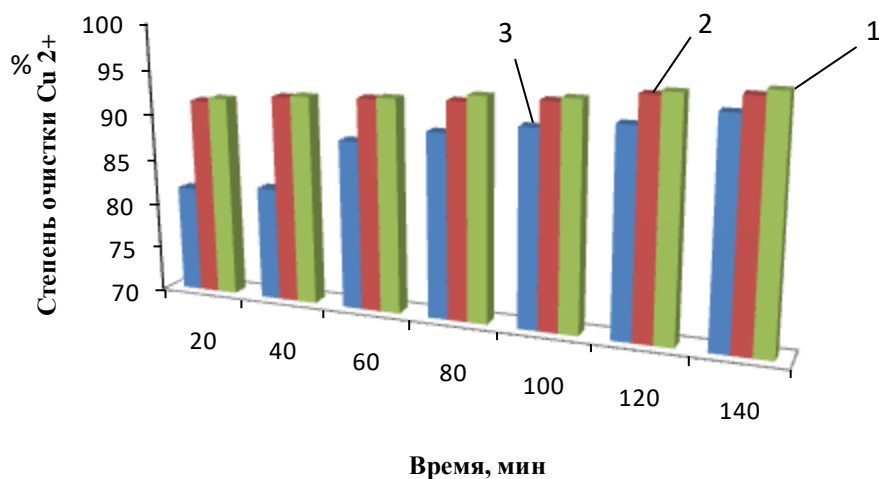
Рисунок 5 – Степень очистки воды от ионов Cu^{2+} при 220 °С

Этот же эксперимент проводился с раствором содержащий ионы цинка. Полученные результаты с использованием термообработанного шунгита при 150 °С для Zn²⁺ предоставлены ниже в таблице 5 и на рисунке 7.

Таблица 4 – Степень очистки воды от ионов Cu²⁺ при разных массах шунгита

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
20	5	0,185	0,183	0,184	0,184	81,6
40		0,175	0,172	0,178	0,176	82,4
60		0,115	0,113	0,117	0,115	88,5
80		0,098	0,096	0,99	0,098	90,2
100		0,086	0,086	0,84	0,085	91,5
120		0,075	0,075	0,74	0,075	92,5
20	3	0,084	0,084	0,084	0,084	91,6
40		0,073	0,072	0,073	0,073	92,7
60		0,069	0,068	0,068	0,068	93,2
80		0,062	0,064	0,064	0,064	93,6
100		0,057	0,057	0,056	0,057	94,3
120		0,045	0,044	0,044	0,044	95,6
20	1	0,081	0,080	0,080	0,080	92
40		0,072	0,071	0,071	0,071	92,9
60		0,068	0,066	0,066	0,066	93,4
80		0,057	0,058	0,057	0,057	94,3
100		0,052	0,054	0,053	0,053	94,7
120		0,040	0,039	0,039	0,040	96

Примечание – температура термообработки шунгита при 250 °С



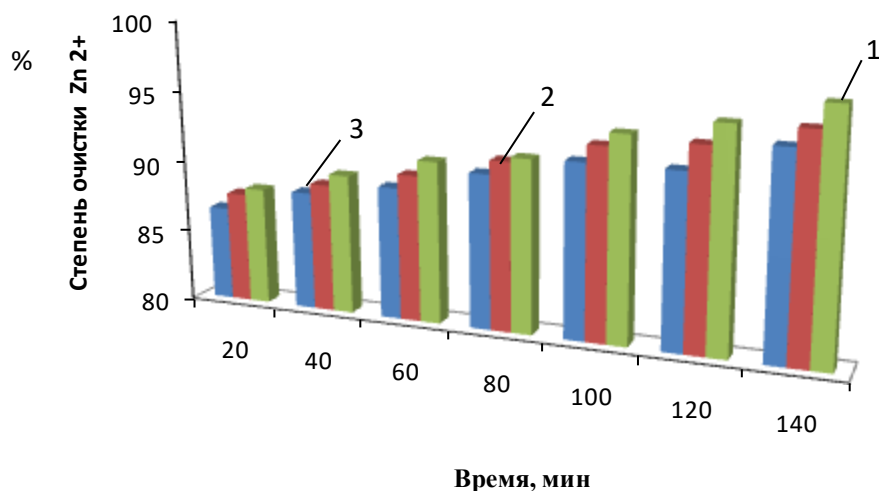
1 – 1 г шунгит; 2– 3 г шунгит; 3–5 г шунгит

Рисунок 6 – Степень очистки воды от ионов Cu^{2+} при 250 °С

С увеличением температуры обработки шунгита до 200 °С и используя его, как сорбент для Zn^{2+} были получены данные предоставленные в таблице 6 и на рисунке 8. Последующие эксперименты были проведены с использованием шунгита обработанного при температуре 220 °С и 250 °С.

Таблица 5 – Степень очистки воды от ионов Zn^{2+} при разных массах шунгита

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
20	5	0,1246	0,1402	0,1366	0,1338	86,62
40		0,1170	0,1134	0,1202	0,1168	88,32
60		0,1070	0,1142	0,1002	0,1071	89,29
80		0,0944	0,0876	0,0932	0,1917	90,83
100		0,0802	0,0796	0,0742	0,0780	92,20
120		0,0710	0,0642	0,0742	0,0780	92,20
20	3	0,1282	0,1206	0,1182	0,1223	87,77
40		0,1150	0,1120	0,1026	0,1099	89,01
60		0,1002	0,0950	0,0966	0,0973	90,27
80		0,0864	0,0820	0,0790	0,0819	91,81
100		0,0750	0,0642	0,0590	0,0661	93,39
120		0,0724	0,0550	0,0532	0,0602	93,98
20	1	0,1222	0,1166	0,1142	0,1177	88,24
40		0,1066	0,1022	0,0970	0,1019	89,81
60		0,0920	0,0860	0,0816	0,0865	91,35
80		0,0796	0,0752	0,0802	0,0789	92,11
100		0,0622	0,0556	0,0542	0,0573	94,27
120		0,0462	0,0780	0,0442	0,0455	95,45
Примечание – температура термообработки шунгита при 150 °С						



1 – 1 г шунгит; 2– 3 г шунгит; 3–5 г шунгит

Рисунок 7 – Степень очистки воды от ионов Zn^{2+} при 150 °С

Результаты с использованием термообработанного шунгита при 220 °С для Zn^{2+} предоставлены в таблице 7 и на рисунке 9.

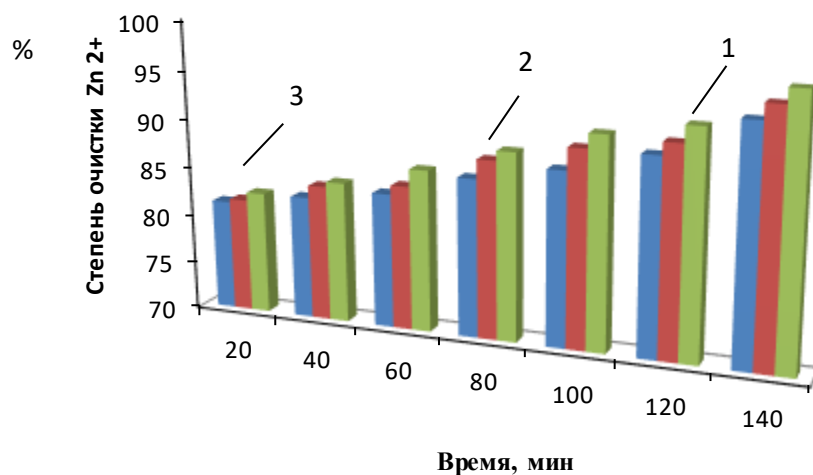
Таблица 6 – Степень очистки воды от ионов Zn^{2+} при разных массах шунгита

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
20	5	0,1860	0,1946	0,1822	0,1875	81,25
40		0,1790	0,1750	0,1720	0,1750	82,5
60		0,1680	0,1630	0,1590	0,1633	83,67
80		0,1430	0,1390	0,1374	0,1398	86,02
100		0,1328	0,1162	0,1224	0,1238	87,62
120		0,1062	0,1046	0,0942	0,1017	89,80
20	3	0,1926	0,1846	0,1750	0,1841	81,59
40		0,1650	0,1586	0,1624	0,1620	83,80
60		0,1622	0,1570	0,1426	0,1539	84,61
80		0,1266	0,1191	0,1150	0,1202	87,98
100		0,1022	0,1072	0,0942	0,1012	89,88
120		0,0956	0,0900	0,0818	0,0891	91,09
20	1	0,1790	0,1742	0,1732	0,1755	82,45
40		0,1646	0,1582	0,1472	0,1567	84,33
60		0,1446	0,1270	0,1362	0,1369	86,41
80		0,1182	0,1106	0,1022	0,1103	88,97

Продолжение таблицы 6

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
100	1	0,0946	0,0848	0,0796	0,0863	91,37
120		0,0750	0,0726	0,682	0,0719	92,81

Примечание – температура термообработки шунгита при 200 °С



1 – 1 г шунгит; 2– 3 г шунгит; 3–5 г шунгит

Рисунок 8 – Степень очистки воды от ионов Zn²⁺ при 200 °С

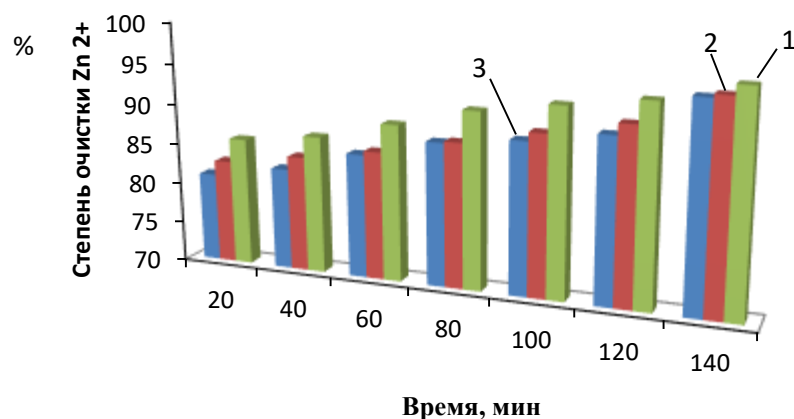
Таблица 7 – Степень очистки воды от ионов Zn²⁺ при разных массах шунгита

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
20	5	0,1884	0,1922	0,1912	0,1905	80,95
40		0,1782	0,1744	0,1724	0,1750	82,50
60		0,1606	0,1422	0,1416	0,1481	85,19
80		0,1282	0,1264	0,1202	0,1249	87,51
100		0,1166	0,1124	0,1142	0,1144	88,51
120		0,1022	0,0996	0,0964	0,0994	90,06
20	3	0,1776	0,1742	0,1652	0,1723	82,77
40		0,1608	0,1556	0,1582	0,1582	84,18
60		0,1470	0,1422	0,1402	0,1431	85,69
80		0,1260	0,1196	0,1234	0,1230	87,70

Продолжение таблицы 7

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
100	1	0,1064	0,1070	0,0990	0,1038	89,62
120		0,0944	0,0796	0,0824	0,0885	92,45
20		0,1462	0,1426	0,1390	0,1426	85,74
40		0,1370	0,1346	0,1222	0,1313	86,87
60		0,1146	0,1082	0,1020	0,1083	89,17
80		0,1260	0,1196	0,1234	0,1230	87,70
100		0,0726	0,0742	0,0642	0,0703	92,97
120		0,0606	0,0550	0,0582	0,0579	94,21

Пр и м е ч а н и е – температура термообработки шунгита при 220 °С



1 – 1 г шунгит; 2– 3 г шунгит; 3–5 г шунгит

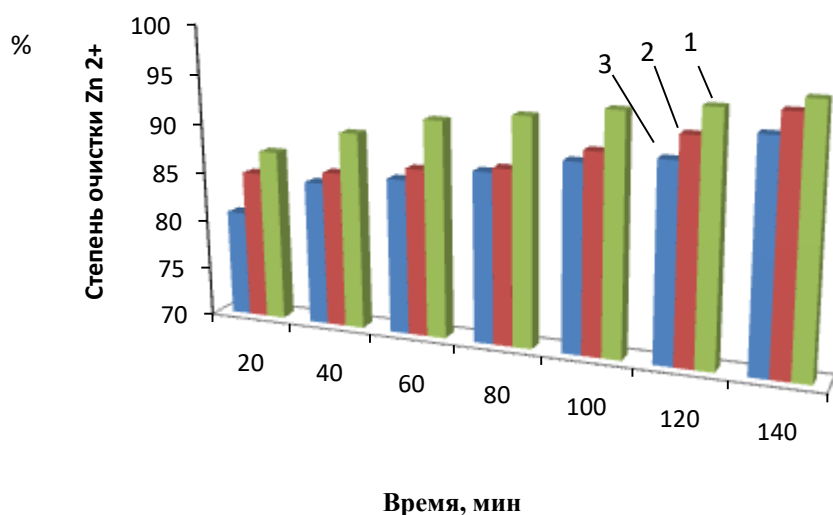
Рисунок 9 – Степень очистки воды от ионов Zn²⁺ при 220 °С

Дальнейшие результаты полученные с использованием термообработанного шунгита при 250 °С для Zn²⁺ предоставлены в таблице 8 и на рисунке 10. По этим данным можно сделать вывод, что термообработка при определенных температурах увеличивает свойство поглощения у шунгита. Лучшие показатели были у раствора с использованием термообработанного шунгита при 220 °С.

Таблица 8 – Степень очистки воды от ионов Zn^{2+} при разных массах шунгита

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
20	5	0,1912	0,1926	0,1944	0,1927	80,73
40		0,1464	0,1528	0,1624	0,1539	84,61
60		0,1422	0,1416	0,1446	0,1428	85,72
80		0,1326	0,1244	0,1258	0,1276	87,24
100		0,1171	0,1064	0,1072	0,1102	88,98
120		0,1022	0,0996	0,1014	0,1011	89,89
20	3	0,1524	0,1466	0,1502	0,1501	84,99
40		0,1424	0,1462	0,1382	0,1423	85,77
60		0,1416	0,1271	0,1244	0,1310	86,90
80		0,1220	0,1196	0,1270	0,1229	87,71
100		0,1080	0,1024	0,0864	0,0989	90,11
120		0,0824	0,0760	0,0714	0,0766	92,34
20	1	0,1308	0,1264	0,1222	0,1265	87,35
40		0,1064	0,1002	0,0956	0,1007	89,93
60		0,0864	0,0822	0,0750	0,0812	91,88
80		0,0720	0,0702	0,0694	0,0705	92,95
100		0,0624	0,0594	0,0542	0,0587	94,13
120		0,0536	0,0496	0,0462	0,0498	95,02

Примечание – температура термообработки шунгита при 250 °С



1 – 1 г шунгит; 2 – 3 г шунгит; 3 – 5 г шунгит

Рисунок 10 – Степень очистки воды от ионов Zn^{2+} при 250 °С

2.4 Определение степени очистки растворов от ионов меди и цинка в зависимости от их концентрации

Термообработанный при различных температурах шунгит, массой 3 г, смешивается с раствором ионов тяжелых металлов. В процессе экспериментов изменяется концентрация ионов Cu^{+2} и Zn^{+2} 1 г/л до 0,1 г/л.

Обработка экспериментальных данных производилось с помощью известной методики [12], путем использования уравнение Фрейндлиха (уравнения 1).

Очищаемые от ионов растворы, подвергались процессу принудительной циркуляции через систему с помощью насоса (рисунок 11).

Зависимость адсорбции от концентрации выражается довольно простым эмпирическим уравнением Фрейндлиха [13]:

$$x/m = kC^n, \quad (1)$$

где x – средняя концентрация поглощения;

m – масса шунгита;

C – концентрация ионов меди и цинка.



Рисунок 11 – Лабораторная установка для проведения адсорбции

Последующие данные были внесены в соответствующие таблицы для меди (таблица 9) и для цинка (таблица 10). Получив эти данные, были

построены графики, показывающие степень очистки воды от ионов Cu^{2+} (рисунок 12) и Zn^{2+} (рисунок 13).

Таблица 9 – Степень очистки воды от ионов Cu^{2+} при разных концентрациях меди в растворе

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
1 г/л						
20	3	0,071	0,070	0,071	0,00105	92,9
40		0,067	0,066	0,066		93,4
60		0,062	0,061	0,060		93,9
80		0,057	0,056	0,058		94,3
100		0,052	0,054	0,052		94,7
120		0,040	0,040	0,041		96
0,5 г/л						
20	3	0,046	0,054	0,036	0,00067	91,0
40		0,041	0,048	0,034		91,8
60		0,040	0,039	0,038		92,2
80		0,036	0,034	0,036		93
100		0,032	0,028	0,034		93,8
120		0,030	0,032	0,028		94
0,2 г/л						
20	3	0,022	0,024	0,0018	0,00029	89,5
40		0,018	0,016	0,022		90,5
60		0,016	0,018	0,014		92
80		0,012	0,014	0,016		93
100		0,014	0,014	0,012		93,0
120		0,010	0,012	0,014		93,5
0,1 г/л						
20	3	0,011	0,0096	0,0126	0,00017	89
40		0,01	0,11	0,01		90
60		0,009	0,007	0,01		91,3
80		0,009	0,007	0,008		92
100		0,007	0,0062	0,008		92,9
120		0,0056	0,0064	0,007		93,7
П р и м е ч а н и е – температура термообработки шунгита при 150 °С						

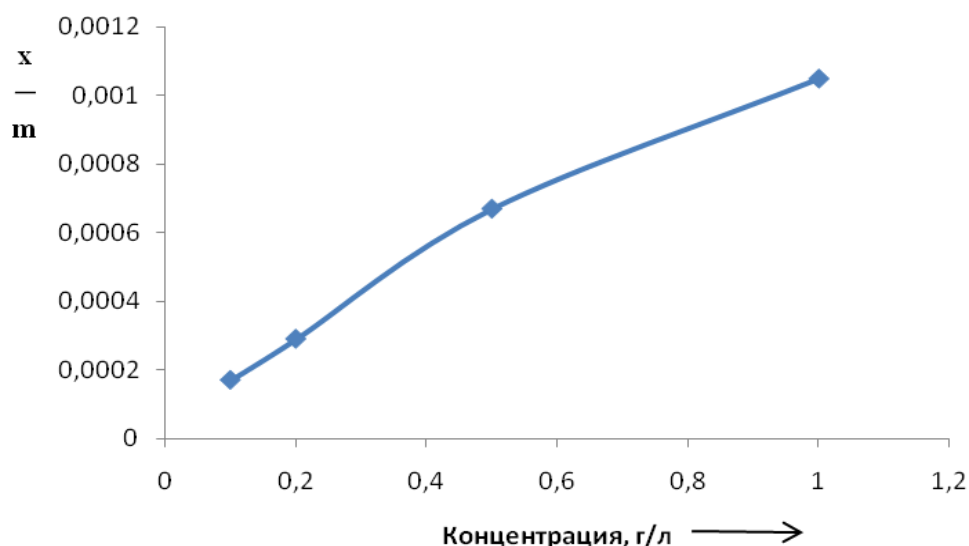


Рисунок 12 – Степень очистки воды от ионов Cu^{2+} при разных концентрациях меди в растворе

Таблица 10 – Степень очистки воды от ионов Zn^{2+} при разных концентрациях цинка в растворе

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
1 г/л						
20	3	0,1282	0,1206	0,1182	0,00162	87,77
40		0,1150	0,1120	0,1026		89,01
60		0,1002	0,0950	0,966		90,27
80		0,0864	0,0802	0,0790		91,81
100		0,0750	0,0642	0,0590		93,39
120		0,0724	0,0550	0,0532		93,98
0,5 г/л						
20	3	0,0689	0,0702	0,0678	0,00091	86,22
40		0,0595	0,0606	0,0582		88,12
60		0,0545	0,0562	0,0524		89,12
80		0,0456	0,0472	0,0426		90,98
100		0,0386	0,0394	0,0372		92,32
120		0,0346	0,0372	0,0332		93
0,2 г/л						
20	3	0,0296	0,0304	0,0292	0,00041	85,15
40		0,0246	0,0236	0,0262		87,60

Продолжение таблицы 10

Время, мин	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Среднее значение	Степени очистки, %
		проба 1	проба 2	проба 3			
60	3	0,0236	0,0232	0,0228	0,00041	88,40	
80		0,0216	0,0224	0,0210		89,15	
100		0,0196	0,0192	0,0212		90,00	
120		0,0156	0,0164	0,0142		92,30	
0,1 г/л							
20	3	0,0156	0,0136	0,0164	0,00022	84,80	
40		0,0136	0,0144	0,0128		86,40	
60		0,0126	0,0116	0,0136		87,40	
80		0,0116	0,0106	0,0126		88,40	
100		0,0106	0,0096	0,0110		89,60	
120		0,0086	0,0082	0,0106		92,70	
Пр и м е ч а н и е – температура термообработки шунгита при 150 °С							

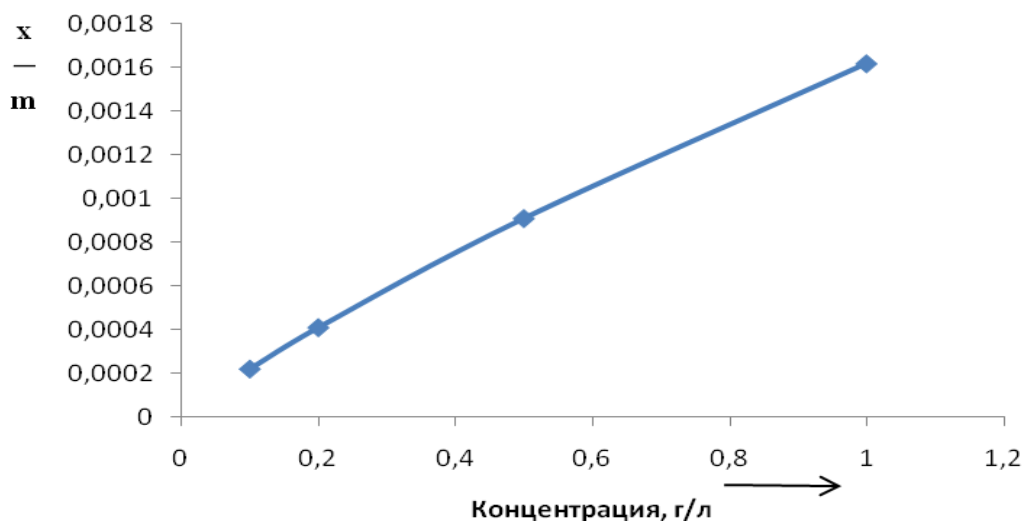


Рисунок 13 – Степень очистки воды от ионов Zn^{2+} при разных концентрациях в растворе

Эксперимент проводился до двух часов с различными концентратами меди и цинка от 0.1 г/л до 1.0 г/л.

Самая высокая степень очистки от Cu^{2+} и Zn^{2+} , которая равна у меди 96 % и 93,38 % у цинка, была достигнута при концентрации 1г/л. Продолжительность сорбции 2 часа. Соответственно, самая низкая степень очистки равна у меди 89 % и 84,80 % у цинка с концентрацией 0,1 г/л. Продолжительность – 20 минут.

Таким образом, можно заметить, что с увеличением концентрации увеличивается и степень очистки раствора от ионов меди и цинка.

2.5 Определение степени очистки растворов от ионов меди и цинка в зависимости от температуры (30 °С, 35 °С, 40 °С)

Термообработанный шунгит 1 г засыпали в колонну, после разбавляли растворами с ионами цинка или меди. Пропускали через наружную рубашку воду, нагретую до 30 °С и начинали эксперимент. Пробу снимать каждый 20 минут. Для следующего эксперимента увеличивали температуру терморегулятора с 30 °С до 40 °С и т.д. Результаты экспериментов приведены в таблице 11 и таблице 12.

По графику зависимости рисунок 14 и рисунок 15 можно приблизительно оценить влияние температуры раствора на степень извлечения меди и цинка.

Таблица 11 – Степень очистки воды от ионов Cu^{2+} при разной температуре раствора

Время, мин	Температура, °С	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степень очистки, %
			проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
20	30	1	0,070	0,072	0,068	0,070	93,0
40			0,062	0,060	0,058	0,060	94,0
60			0,056	0,058	0,056	0,057	94,5
80			0,052	0,050	0,052	0,051	94,9
100			0,046	0,044	0,046	0,045	95,5
120			0,040	0,036	0,042	0,038	96,2
20	35	1	0,066	0,062	0,070	0,066	93,4
40			0,056	0,058	0,050	0,055	94,5
60			0,050	0,052	0,052	0,051	94,9
80			0,048	0,046	0,050	0,048	95,2
100			0,042	0,040	0,044	0,042	95,8
120			0,036	0,034	0,038	0,036	96,4
20	40	1	0,062	0,058	0,060	0,060	94,0
40			0,050	0,052	0,050	0,051	94,9
60			0,048	0,046	0,046	0,047	95,3
80			0,042	0,040	0,044	0,042	95,8
100			0,038	0,038	0,040	0,039	96,1
120			0,032	0,036	0,028	0,032	96,8

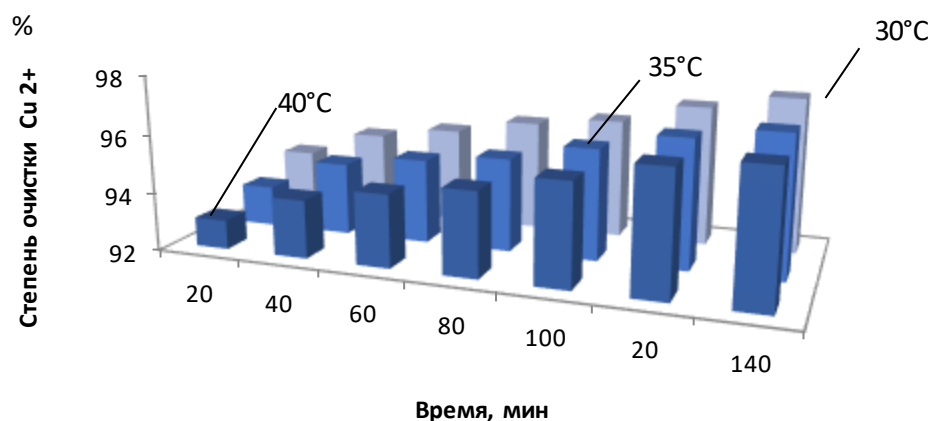


Рисунок 14 – Степень очистки воды от ионов меди при разной температуре раствора

Таблица 12 – Степень очистки воды от ионов Zn^{2+} при разной температуре раствора

Время, мин	Температура, °С	Масса шунгита, г	Концентрация поглощение, г/л				Степень очистки, %
			проба 1	проба 2	проба 3	Среднее значение	
20	30	1	0,0108	0,112	0,106	0,109	89,1
40			0,096	0,094	0,098	0,096	90,4
60			0,082	0,086	0,078	0,082	91,8
80			0,076	0,072	0,074	0,074	92,6
100			0,054	0,052	0,056	0,054	94,6
120			0,041	0,040	0,042	0,041	95,9
20	35	1	0,096	0,102	0,090	0,096	90,4
40			0,078	0,082	0,086	0,082	91,8
60			0,078	0,072	0,086	0,078	92,2
80			0,068	0,062	0,064	0,065	93,5
100			0,052	0,048	0,050	0,050	95,0
120			0,038	0,040	0,036	0,038	96,2
20	40	1	0,080	0,082	0,090	0,084	91,6
40			0,078	0,072	0,086	0,078	92,2
60			0,070	0,072	0,072	0,071	92,9
80			0,062	0,058	0,058	0,059	94,1
100			0,046	0,041	0,044	0,044	95,6
120			0,032	0,030	0,032	0,031	96,9

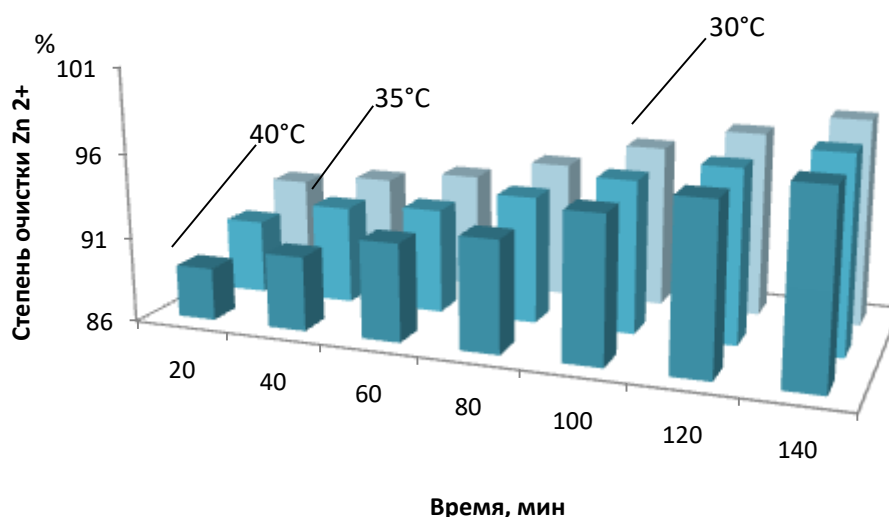


Рисунок 15 – Степень очистки воды от ионов цинка при разной температуре раствора

Эксперимент наглядно показал, что с увеличением температуры раствора увеличивается и степень его очистки за короткий промежуток времени. Исходя из этого можно сделать вывод, что степень поглощения шунгита улучшается с увеличением температуры в котором проводится процесс очистки.

2.6 Физико–химический анализ природных сорбентов

Физико–химический анализ природных сорбентов, в качестве которых выступали шунгиты казахстанских месторождений, проводили в лаборатории с использованием уникальных современных приборов физико–химического анализа – рентгеновского дифрактометра X'Pert MPD PRO (PANalytical) и низковакуумного растрового электронного микроскопа в комплекте с системой энергодисперсионного рентгеновского микроанализа Jeol JSM–6490.

Рентгеновский дифрактометр X'Pert MPD PRO (PANalytical) позволяет с высокой точностью проводить измерения интенсивностей и углов рентгеновских отражений в диапазоне температур от 83 до 900 К. База дифракционных данных PDF–2 составляет более чем 130 тысяч карточек (минералы, органические и неорганические соединения, металлы, сплавы и др.) и обеспечивает фазовый анализ объектов окружающей среды.

В качестве природных сорбентов был выбран шунгит. А так же был произведен физико–химический анализ, как исходных материалов, так и модифицированных. В частности, шунгиты были термообработаны и модифицированы солями тяжелых металлов (таблица 13).

Таблица 13 – Характеристика исходных материалов

Проба	Материал	Обработка материала	Предполагаемый химический состав, масс. %
1	Шунгит	Без обработки	C – 10; SiO ₂ – 50–60;
2	Шунгит	Нагрев в атмосфере аргона при t = 600 °С	Al ₂ O ₃ – 10; Fe ₂ O ₃ – 6–8; MgO – 1,5–2,5; CaO – 5–15;
3	Шунгит	Нагрев в атмосфере аргона при t = 1000 °С	Na ₂ O – 0,5–0,6; K ₂ O – 5–3

При сравнении дифрактограмм исходного необработанного шунгита (рисунок 16), термообработанного шунгита при 600°С (рисунок 17), видно, что в системе изменился фазовый состав. Особо следует отметить, что при 600°С появились рефлексы Mg на точке 003.

При рассмотрении дифрактограмм необработанного шунгита, термообработанного шунгита при 1000°С (рисунок 18), заметно частичное разрушение структуры шунгита.

Полученные результаты, таблицы 14, 15 и 16, позволяют констатировать, что уникальная природа углеродной связи Коксуйского шунгита позволяет образовать интересные наноструктуры и существует возможность использования нанодисперсных материалов с заданными свойствами для многофункционального применения в производстве.

Анализ фазового состава шунгитов показал, что основными фазами в нем являются кварц, графит, широкий перечень алюмосиликатных структур, в том числе – мусковит, биотит, флогопит и др. Из элементов представлены все перечисленные выше, в том числе кальций, фосфор, натрий и сера. Результаты рентгенофазового анализа приведены ниже на круговых диаграммах для исходного шунгита (рисунок 19), для термообработанного шунгита при 600 °С (рисунок 20), для обработанного при 1000 °С шунгита (рисунок 21).

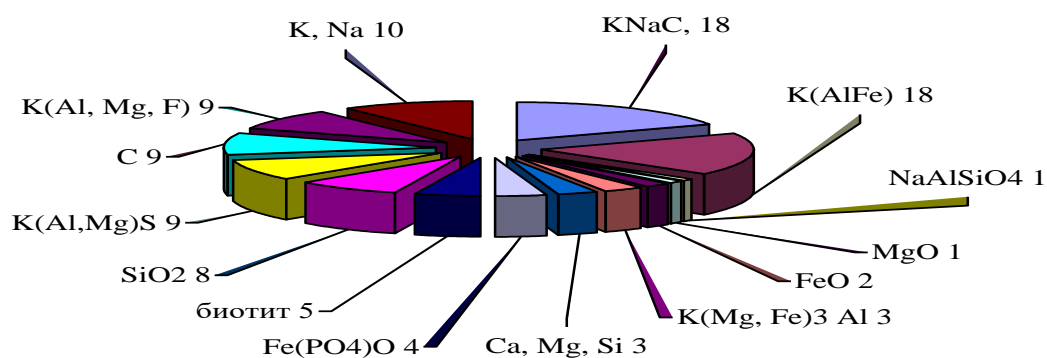


Рисунок 19 – Результаты фазового анализа исходного шунгита (содержание компонентов, масс. %)

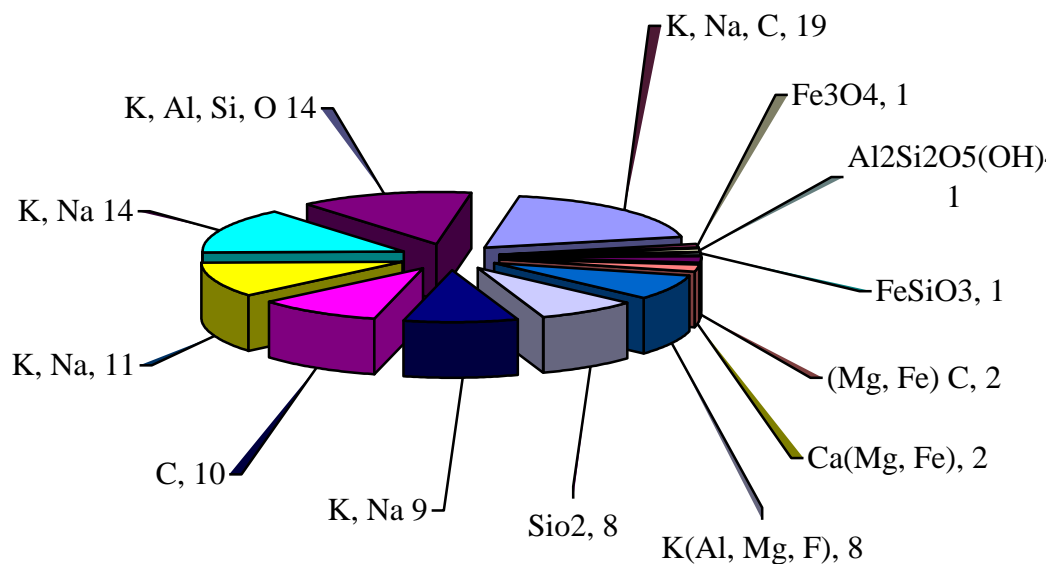


Рисунок 20 – Результаты фазового анализа шунгита, термообработанного при 600 °С (содержание компонентов, масс. %)

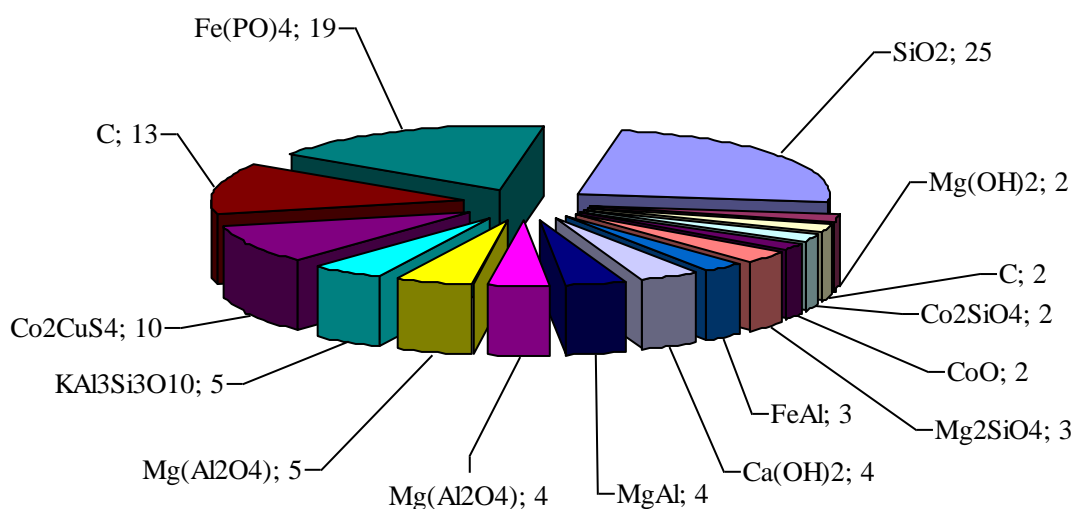


Рисунок 21 – Результаты фазового анализа шунгита, термообработанного при 1000 °С (содержание компонентов, масс. %)

Элементный анализ каждой пробы выполняли не менее, чем в трех точках образца, результаты затем усредняли, одновременно получали снимки поверхности. Поскольку шунгит был и термообработан и модифицирован солями тяжелых металлов, то картину поверхностей модифицированных образцов обязательно сравнивали с поверхностью исходного материала.

Термообработка шунгитов при $t = 1000$ °С приводит к изменению поверхности сорбентов: она становится менее развитой, что должно ухудшать сорбционные свойства. На растровом электронном микроскопе кобальт не обнаруживается. Это может быть связано с наложением откликов кобальта и железа, либо количество кобальта намного меньше 1 %.

3 Экономическая часть

Расчет затрат на проведение исследований

Рассчитаем амортизационные отчисления для оборудования лаборатории (таблица 17) Норму (H_a), следовательно, и суммы амортизации будем определять по сроку службы оборудования согласно формуле:

$$H_a = \frac{100}{B}, \quad (2)$$

где B – срок службы.

Таблица 17 – Амортизационные отчисления

Наименование оборудования	Срок службы, лет	Количество	Цена, тг	Годовая стоимость, тг	H_a , %	Годовая сумма амортизации, тг
Муфельная печь	10	1	171000	171000	10	17100
Термостат	10	1	90000	90000	10	9000
Дистилятор	10	1	30000	30000	10	3000
РН метр, 150 м	5	1	60000	60000	20	12000
Пипетка	4	2	200	400	25	100
Воронка	4	2	1500	3000	25	750
Стакан	4	5	350	1750	25	437
Термометр	4	1	1500	1500	25	375
Мерный цилиндр	4	2	1300	3600	25	900
Колба	4	1	1000	1000	25	100
Бюретка	4	1	1000	1000	25	250
Мензурка, 100 мл	4	1	600	600	25	150
Итого	67	19	358450	363850	250	44162

Таким образом, общая стоимость оборудования составляет 358,450 тг. За год сумма амортизационных отчислений за оборудование составит 44,162 тг. За два месяца сумма амортизационных отчислений за оборудование составит 7360 тг.

Расчет затрат на основные и вспомогательные материалы

Рассчитаем затраты на основные и вспомогательные материалы, используемые непосредственно для проведения эксперимента, а также для проведения химических анализов. Затраты на основные и вспомогательные материалы рассчитаны на 50 опытов. Результаты расчета представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Затраты на основные и вспомогательные материалы

Наименование материалов	Расход материалов	Стоимость единицы, тг	Общая стоимость, тг
Дистиллированная вода, л	200	10	2000
Соляная кислота, мл	0,05	260	13
(CCl ₄)	0,05	600	30
Диэтилдитиокарбонат натрия, л	2	800	1800
Раствор 10 % NaOH, мл	0,05	1000	50
ZnSO ₄ 7H ₂ O, г	0,5	1200	600
CuSO ₄ , г	0,5	1500	750
Шунгит, кг	0,5	3200	1600
Сульфат натрия, г	0,05	830	415
Серная кислота, мл	0,05	20	1
Гидроксид алюминий, г	0,1	1000	100
Эпоксидный клей, г	300	5	1500
Ацетон, мл	0,2	500	25
Дитизон, мл	0,05	500	25
Итого		10925	8884

Таким образом, затраты на основные и вспомогательные материалы составляют 8884 тг за два месяца.

Расчет затрат на электроэнергию и холодную воду

Электричество потребляют:

- электропечь потребляет за 50 опытов 50 кВт·ч;
- агрегат электронасосный (за 7 часов работы) потребляет 2 кВт·ч;
- реактор с механическим перемешиванием потребляет за 50 опытов 150 кВт·ч;

Таким образом, общий расход электроэнергии будет составлять 150 кВт·ч. Стоимость 1 кВт·ч электричества составляет 6,47 тг.

Тогда затраченные 57 кВт·ч будут стоить:

$$150 \cdot 6,47 = 970,5 \text{ тг.} \quad (3)$$

Следовательно, на электроэнергию израсходовано 970,5 тг.

Расход холодной воды рассчитывается на 50 опытов. В среднем на один

опыт расходуется 3 литров воды, на 50 опытов соответственно расходуется 150 литров воды.

Стоимость 1 м³ холодной воды составляет 15 тг, тогда 0,15 м³ будут стоить:

$$0,15 \cdot 15 = 2,25 \text{ тг.} \quad (4)$$

Расход воды на мытье химической посуды составляет 2 м³.

Затраты на мытье химической посуды составляют:

$$2 \cdot 15 = 30 \text{ тг.} \quad (5)$$

Затраты на холодную воду в течение всех опытов составят:

$$30 + 2,25 = 32,25 \text{ тг за два месяца.} \quad (6)$$

Расчет заработной платы и начислений

Заработная плата руководителя (младший научный сотрудник, 2 ставка) составляет 20 000 тг в месяц, а исполнителя (инженер, 0,5 ставки) – 6 000 тг в месяц. Продолжительность работы – 2 месяца, количество работающих – 1 человека. Таким образом, заработная плата работающих составит 40 000 тг за два месяца.

Начисления в страховой фонд определяются в размере установленных 21 – го процента от общей суммы выплачиваемой заработной платы и равны:

$$40\,000 \cdot 0,21 = 8400 \text{ тг.} \quad (7)$$

Начисления в фонд занятости – 2 %, следовательно :

$$40\,000 \cdot 0,02 = 800 \text{ тг.} \quad (8)$$

Накладные расходы – 20 %, следовательно:

$$40\,000 \cdot 0,2 = 8000 \text{ тг.} \quad (9)$$

Итого заработная плата со всеми начислениями составит:

$$40\,000 + 8400 + 800 + 8000 = 57\,200 \text{ тг.} \quad (10)$$

Расчет общей суммы затрат

Расчет общей суммы затрат включает в себя затраты на сырье, реактивы, воду, электроэнергию, амортизационные отчисления за оборудование и заработную плату.

Все затраты сведены в таблицу 19, общая сумма затрат, согласно

указанной таблице составила 74,447 тг, основную часть всех затрат на проведение исследования составляют затраты на заработную плату (57,200 тг) и амортизационные отчисления (7360 тг).

Таблица 19 – Общие затраты на научно–исследовательскую работу

Наименование затрат	Сумма затрат, тг
Амортизационные отчисления за два месяца	7360
Основные и вспомогательные материалы	8884
Электричество	970,5
Холодная вода	32,25
Заработная плата	57 200
Итого:	74 447

Расчет изменения себестоимости

В данной исследовательской работе рассматривается очистка сточных вод от ионов меди и цинка. Применение данного способа способствует увеличению степени сорбции ионов на шунгите, что окажет влияние на его себестоимость и обеспечит более высокую экономическую эффективность производства [14, 15]. Изменение показателей сорбции на шунгите ведет к изменению объема продукции.

Снижение себестоимости может быть определено по формуле:

$$U = Z \cdot \frac{(E_2 - E_1)}{E_2}, \quad (11)$$

где Z – затраты на исследования;

E_1 – степень очистки шунгита при 3 г, %;

E_2 – степень очистки шунгита при 5 г, %.

Тогда изменение себестоимости будет равняться:

$$U = 74\,447 \cdot \frac{95,6 - 94,9}{95,6} = 545,11 \text{ тг.} \quad (12)$$

При расчете экономического эффекта следует учитывать затраты и накопления на научно–исследовательскую работу, причем расчет производим с учетом нарастания суммы накоплений из года в год, т.е. рассчитываем стоимость проекта на первый и второй год его реализации.

Расчет накоплений на исследовательскую работу

Накопления (A) рассчитываются по следующей формуле:

$$A = C_{\text{п}} \cdot I_{\text{о}} \cdot 0,33, \quad (13)$$

где $C_{п}$ – первоначальная стоимость оборудования, умноженная на 0,33;
 $I_{о}$ – индексация, которую принимаем равной 1,082.
Таким образом, сумма накоплений за 2 месяца составит:

$$A = 358\,450 \cdot 1,082 \cdot 0,33 = 127\,988 \text{ тг.}$$

Тогда на первый год сумму накоплений (A_1) определим по формуле:

$$A_1 = C_{п} \cdot 0,33 \cdot I_{о} \cdot (1 + e)^1, \quad (14)$$

где e – коэффициент эффективности, равный 0,1:

$$A_1 = 358\,450 \cdot 0,33 \cdot 1,082 \cdot (1 + 0,1)^1 = 140\,787 \text{ тг.}$$

На второй год сумма накоплений будет рассчитываться по формуле:

$$A_2 = C_{п} \cdot 0,33 \cdot I_{о} \cdot (1 + e)^2; \quad (15)$$

$$A_2 = 358\,450 \cdot 0,33 \cdot 1,082 \cdot (1 + 0,1)^2 = 154\,865 \text{ тг.}$$

Стоимость проекта (B) считается по следующей формуле:

$$B = Z + A, \quad (16)$$

где Z – затраты на исследования;
 A – накопления на исследовательскую работу.

Таким образом, стоимость проекта составит:

$$B = 518,18 + 127\,988 = 128\,506 \text{ тг.}$$

Тогда на первый год стоимость проекта с учетом суммы накоплений будет равна:

$$B_1 = 518,18 + 140\,787 = 141\,305 \text{ тг.}$$

Тогда на второй год стоимость проекта с учетом суммы накоплений составит:

$$B_2 = 518,18 + 154\,865 = 155\,383 \text{ тг.}$$

Расчет рентабельности и экономического эффекта исследования

Для того, чтобы рентабельность была хотя бы 0,7 %, экономический

эффект должен составлять:

$$\mathcal{E}_0 = (Z + A) \cdot 0,1, \quad (17)$$

$$\mathcal{E}_0 = (518,18 + 127\,988) \cdot 0,07 = 8995 \text{ тг.}$$

Так как работа проводилась в течение двух месяцев, то экономический эффект по истечении этого времени будет равен:

$$\mathcal{E}_1 = [Z + C_{\text{п}} \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e)^1 \cdot \frac{2}{12}] \cdot 0,07, \quad (18)$$

$$\mathcal{E}_1 = [518,18 + 358\,450 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1)^1] \cdot 0,07 \cdot \frac{2}{12} = 1582 \text{ тг.}$$

Экономический эффект научно–исследовательской работы при 0,7 %–ной рентабельности по результатам первого года составит:

$$8995 + 1582 = 10577 \text{ тг.}$$

На второй год экономический эффект научно–исследовательской работы при 0,7 %–ной рентабельности определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = [Z + C_{\text{п}} \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e)^2 \cdot \frac{2}{12}] \cdot 0,07, \quad (19)$$

$$\mathcal{E}_2 = [518,18 + 358\,450 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1)^2] \cdot 0,07 \cdot \frac{2}{12} = 1740 \text{ тг.}$$

Экономический эффект научно–исследовательской работы при 0,7 %–ной рентабельности на второй год составит:

$$8995 + 1740 = 10735 \text{ тг.}$$

Срок окупаемости проекта на единицу продукции рассчитываем по формуле:

$$T = \frac{K}{U}, \quad (20)$$

где K – единовременные затраты;
 U – изменение себестоимости.

$$T = \frac{358450}{545,11} = 0,7 \text{ год.}$$

Таким образом, срок окупаемости проекта составит 0,7 года.

Технико–экономические показатели

На основании рассчитанных данных составим таблицу основных технико–экономических показателей (таблица 20), характеризующих данную научно–исследовательскую работу.

Таблица 20 – Технико–экономические показатели работы

Показатели	Значения
Степень очистки шунгита при 3 г, %	95,6
Капитальные затраты на оборудование, тг	363850
Затраты на исследования, тг	61568
Заработная плата и начисления, тг	57200
Накопления на исследования, тг	127,988
Накопления на исследования за первый год, тг	140,787
Накопления на исследования за второй год, тг	154,865
Стоимость проекта, тг	128506
Стоимость проекта на первый год, тг	141305
Стоимость проекта на второй год, тг	155383
Срок окупаемости, год	0,7
Экономический эффект при 0,7 %-ной рентабельности за первый год, тг	1582
Экономический эффект при 0,7 %-ной рентабельности за второй год, тг	1740

Выводы

Расчеты экономических затрат показали, что основную часть затрат составляют капитальные затраты и затраты на заработную плату исполнителей научно–исследовательской работы. Экономический эффект при 0,7 %-ной рентабельности работы за первый год может составить 1582 тенге по результатам второго года – 1740 тенге. Срок окупаемости научно–исследовательской работы в этих условиях составит 0,7 года.

4 Безопасность и охрана труда

Законы Республики Казахстан

Настоящий раздел написан с учетом законов Республики Казахстан:

- Трудовой кодекс Республики Казахстан от 22.05.2007 г.
- Закона о пожарной безопасности от 22.05.07 г.;
- Закона о промышленной безопасности на опасных производственных объектах от 15.05.2007 г. №251 – 3 – II ЗРК.

Анализ опасных и вредных производственных факторов

Во время работы человек вступает во взаимодействие с различными предметами и людьми. Кроме этого на него воздействуют параметры производственной обстановки (температура, влажность, подвижность воздуха, шум и т.д.). Это характеризует определенные условия, в которых протекает труд человека. От условий труда в большой степени зависят здоровье и работоспособность человека, его отношение к труду.

При плохих условиях резко снижается производительность, и создаются предпосылки для возникновения травматизма и профессиональных заболеваний.

Такие факторы встречаются не только в производственной работе, но и при лабораторных условиях. Каждый присутствующий в лаборатории человек должен придерживаться таких требований:

- предварительно пройти инструктаж по технической и пожарной безопасности;
- уметь пользоваться средствами пожаротушения, знать их расположение;
- уметь пользоваться аптечкой и знать ее расположение. Обязательно умение предоставить первую помощь при ожогах (в т.ч. химических), и отравлениях;
- знать особенности исходных реактивов и образующихся веществ;
- применять средства индивидуальной защиты;
- после окончания работы убрать лабораторию, отключить газоснабжение, электричество, воду.

Обязательно наличие в лаборатории таких средств пожаротушения:

- Огнетушитель (углекислотный или жидкостный), закрепленный возле входной двери.
- Открытый ящик с сухим песком и совком.
- Закрывающийся ящик для использованной бумаги и промасленных тряпок. Периодически эту емкость следует очищать.

Выводы

В работе рассмотрен краткий анализ вредных и опасных факторов в лабораторных условиях и меры предосторожности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по дипломной работе можно сделать следующие выводы:

1) Существуют различные классификации методов очистки сточных вод, среди них сорбционные методы являются наиболее эффективными. Эффективность сорбции обусловлена, прежде всего, тем, что сорбенты способны извлекать из воды многие неорганические и органические соединения, в том числе не удаляемые другими методами (радионуклиды). При использовании высокоактивных сорбентов воду можно очистить от загрязняющих веществ до практически нулевых остаточных концентраций. Следовательно, сорбцию следует применять в тех случаях, когда необходима глубокая очистка сточной воды. Таким образом, применение неорганических сорбентов в этом направлении, а именно, гранулированного шунгита, который являлся объектом исследования, весьма перспективно и актуально;

2) Использование предварительно обработанного шунгита при высоких температурах значительно увеличивает степень извлечения ионов металла;

3) При динамической сорбции ионов меди и цинка, был использован шунгит, термообработанный при температуре 220°C, который показал большую степень очистки от ионов меди и цинка, чем не обработанный шунгит;

4) Изучение влияния концентраций меди и цинка в растворе на процесс адсорбции показал, что увеличение содержания ионов меди и цинка от 0,1 г/л до 1 г/л вызывает рост степени поглощения их шунгитом на 1,3–3%;

5) Фазовый анализ шунгита показал наличие химических элементов и соединений, таких как кварц, графит, алюмосиликатных структур, в том числе – мусковит, биотит, флогопит и др. Из элементов - кальций, фосфор, натрий и сера;

6) Элементным анализом установлено, что термообработка шунгита при $t=1000$ °C приводит к уменьшению сорбционных свойств, вызывая изменения на поверхности шунгита.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ignatov I., Mosin O. V. The structure and composition of natural carbonaceous fullerene containing mineral shungite // International Journal of Advanced Scientific and Technical Research. 2013. V. 6. № 11–12. P. 9–21.
- 2 Евгенийев М.И., Евгеньева И.И. Контроль и оценка экологическ-ого риска химических производств. Казань: издательство «Фэн» АН РТ, 2007. 207 с.
- 3 Калинин Ю.К. Экологический потенциал шунгита // Шунгиты и безопасность жизнедеятельности человека: Материалы 1 Всероссийской научно–практической конференции, 3–5 октября 2006 г. Петрозаводск, 2007. С. 5–10.
- 4 Панов П. Б., Калинин А. И., Сороколетова Е. Ф., Кравченко Е. В., Плахотская Ж. В., Андреев В. П. Использование шунгитов для очистки питьевой воды. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. с.103.
- 5 Мосин О.В. Новый природный минеральный сорбент – шунгит // Сантехника. 2011. №3. С. 34– 361
- 6 Мосин О. В. Новый природный минеральный сорбент – шунгит // Сантехника. 2011. № 3. С. 34–36.
- 7 Голуб С.Л., Ульянов А.В., Буряк А.К., Луговская И.Г., Ануфриева С.И., Дубинчук В.Т. Состав и сорбционные свойства шунгитового материала // Сорбционные и хроматографические процессы. 2006. Т. 6. №5. С. 748–763.
- 8 Mosin O. V., Ignatov I. The structure and compositions of natural carbonaceous fullerene containing mineral shungite // International Journal of Advanced Scientific and Technical Research. 2013. V. 3. № 11–12. P. 9–21.
- 9 Ignatov, I., Mosin, O. V. (2014) The Structure and Composition of Carbonaceous Fullerene Containing Mineral Shungite and Microporous Crystalline Aluminosilicate Mineral Zeolite. Mathematical Model of Interaction of Shungite and Zeolite with Water Molecules Advances in Physics Theories and Applications, V. 28, P. 10–21.
- 10 Голубев Е.А. Электрофизические свойства и структурные особенности шунгита (природного наноструктурированного углерода) // Физика твердого тела. 2013. Т.55. №5. С. 995–1002.
- 11 Мосин О. В., Игнатов И. Состав и структурные свойства фуллеренсодержащего минерала шунгита // Нано и микросистемная техника. 2013. Т. 1. С. 32–40.
- 12 Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии.–Л.: Химия, 1974.–С. 45–49.
- 13 А.С. 994404 СССР МКИЗ В 25 J 13/31. Способ извлечения углерода из углесодержащей породы/Калинин Ю.К., Дюкиев Е.Ф., Кондратьева Л.А. и др. Б. и., 1983. – Бюл. №5.
- 14 Шокобаев Т.Д. Повышение эффективности микроэкономики цветной металлургии./Учебное пособие.– Алматы: РИК, 1993. – С.46–57.

15 Грацерштейн И.М., Малинова Р.Д. Экономика, организация и планирование производства в цветной металлургии. –М.: Металлургия, 1966.– 281 с.