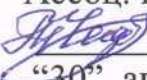


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова
Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии
специальных материалов

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующая кафедрой МПТ и ТСМ
Ассоц. проф., канд. техн. наук
 Чепуштанова Т.А.
“30” апреля 2019 г.


ДИПЛОМНАЯ РАБОТА


На тему: " Разработка способа выделения микросфер из шлакоотстойников
мокрого золоуноса и определение возможности их применения в качестве
сорбента металлов "

по специальности 5В070900 – Металлургия

Выполнил

Жақыбаев Ш.Н.

Руководитель от РГП ИПГ
Магистр технических наук
 Осеров Т.Б.
“30” апреля 2019 г

Научный руководитель
Ассоц. проф., канд. техн. наук
 Гусейнова Г.Д.
“30” апреля 2019 г



Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии
специальных материалов

5B070900 – Металлургия

УТВЕРЖДАЮ



Заведующая кафедрой МПТ и ТСМ
Ассоц. проф., канд. техн. наук
Чепуштанова Т.А.
«30» апреля 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Жақыбаеву Шыңғысхану Нұржанұлы

Тема: Разработка способа выделения микросфер из шлакоотстойников мокрого золоуноса и определение возможности их применения в качестве сорбента металлов.

Утверждена приказом Ректора Университета № 1113-б от «8» октября 2018 г.

Срок сдачи законченной работы: «2» мая 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе: отходы шлакоотстойников мокрого золоуноса Алматинской ТЭЦ-2, лабораторное оборудование (флотомашина, пикнометр), реальные растворы уранового производства.

Краткое содержание дипломной работы:

а) современное состояние переработки отходов производства, в частности отходов ТЭЦ, свойства, применение и выделение микросфер;

б) результаты экспериментов по выделению микросфер и определению их физико-механических и сорбционных свойств в статическом и динамическом режимах;

г) безопасность и охрана труда: анализ опасных производственных факторов;

г) экономическая часть: расчет общей суммы затрат на проведение исследования, определение экономического эффекта за 2 года и срока окупаемости.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены 19 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: 7 наименований


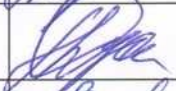
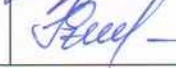
ГРАФИК

подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	5.02.2019 г.	
Литературный обзор	20.02.2019 г.	
Экспериментальная часть	18.03.2019 г.	
Экономическая часть	19.04.2019 г.	
Безопасность и охрана труда	25.04.2019 г.	
Заключение	27.04.2019 г.	
Нормоконтроль	02.05.2019 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	19.04.2019 г.	
Охрана труда	канд. техн. наук, ассоц. проф. Г.Д. Гусейнова	25.04.2019 г.	
Нормконтролер	канд. техн. наук С.С. Коныратбекова	02.05.2019 г.	

Научный руководитель


подпись

Гусейнова Г.Д.

Задание принял к исполнению обучающийся


подпись

Жақыбаев Ш.Н.

Дата

" 18 " Октября 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа написана в объеме 38 страниц и содержит 16 иллюстрации, 11 таблиц. Дипломная работа состоит из задания, введения, основной части, заключения и списка использованной литературы. Используются ссылки на 7 источников литературы.

В дипломной работе проведены эксперименты по выделению микросфер из шлакоотстойников мокрого золоуноса и определены их сорбционные свойства.

Целью работы является исследование возможности выделения микросфер из шлакоотстойников мокрого золоуноса ТЭЦ и определение их сорбционных свойств относительно содержащихся в растворах ионов урана, железа, сульфат-ионов.

Объект исследования: микросферы выделенные из золошлаковых отходов Алматинской ТЭЦ.

В работе приведены результаты по: химическому, физико-химическому анализу; экспериментам выделения микросфер в обычной флотомашине и имитаторе колонной флотомашин; определению сорбционной емкости микросфер в статистическом и динамическом режимах.

В работе также рассмотрены разделы, касающиеся охраны окружающей среды и рассчитаны экономические показатели процесса флотации.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс 38 беттен, 16 суреттен және 11 кестеден тұрады. Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, негізгі бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізіміне сілтемеден құралған. 7 әдебиет көздеріне сілтемелер қолданылды.

Бұл дипломдық жұмыста ылғалда күлдің күл сақталатын орнының қалдығынан микрофераларды алу және олардың сорбциялық қасиеттерін анықтау көрсетілген.

Жұмыстың мақсаты ЖЭС ылғалды күл сақталатын орыннан микрофераларды алу мүмкіндігін зерттеу және ерітінділерде уран, темір және сульфат иондары құрамды компоненттерге қатысты сорбциялық қасиеттерін анықтау болып табылады.

Зерттеу объектісі: Алматы ЖЭС-2 күл сақталатын орыннан шығатын микрофералар.

Бұл дипломдық жұмыста химиялық, физика-химиялық анализ, кәдімгі флотомашинада және колонналық флотомашинаның имитаторында микрофералардың бөлінуінің тәжірибесі, статикалық және динамикалық режимдегі микрофералардың сорбциялық сыйымдылығын анықтаудың нәтижелері көрсетілген.

Бұл жұмыста, сондай-ақ, қоршаған ортаны қорғауға қатысты бөлімдер қарастырылған және процестің экономикалық көрсеткіштері есептелген.

ANNOTATION

Thesis written in the volume of 38 pages and contains 16 graphic 11 tables. Thesis consists of tasks, introduction, main chapter, conclusion and bibliography. In the preparation of the thesis used 7 literature sources.

In the thesis work carried out experiments on separation of microspheres shlakootstoynikov of wet zolounosa and identified by their sorption properties.

The aim is to investigate is the possibility of release microspheres shlakootstoynikov of wet zolounosa combined heat and determination of their sorption properties of relatively contained in solutions of uranium ions, iron, sulfate ions.

Object of research: microspheres isolated from slag waste heat power station of Almaty.

The paper presents the results: chemica, physico- chemical analysis; experiments highlight the microspheres in a conventional flotation machine flotation column and the simulator; definition of the sorption capacity of the microspheres with the statistical and dynamic modes.

This work also addresses topics related to the environment and economic calculated indicators of flotation process.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Критический обзор	11
2	Экспериментальная часть	13
2.1	Отделение микросфер от золошлаковых отходов флотацией	13
2.2	Определение физико-механических свойств микросфер	18
2.3	Определение сорбционных свойств микросфер	20
2.3.1	Определение сорбционной емкости микросфер в статистическом режиме	20
2.3.2	Определение сорбционной емкости микросфер в динамическом режиме	24
3	Экономическая часть	33
3.1	Расчет общей суммы затрат	33
3.2	Расчет изменения себестоимости	33
3.3	Расчет рентабельности исследования	33
4	Безопасность и охрана труда	35
	Заключение	37
	Список использованной литературы	38

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние научно-технической проблемы.

В настоящее время в связи с интенсивным развитием техники и технологий возросли требования к созданию новых композиционных материалов, способных к длительной эксплуатации в жестких условиях - воздействие высоких температур, больших и разнообразных механических нагрузок, химически активных сред, излучений и т.д.

Любая техническая проблема, где требуется снижение веса при низкой теплопроводности, высокой прочности и экономии объема, повышенной устойчивости к эрозии и агрессивным средам может быть решена с применением микросфер.

Микросферы образуются в процессе сжигания углей в топках котлов ТЭЦ.

Находящиеся в золе минеральные примеси образуют прочный мелкодисперсный порошок определенной крупности - полые микросферы. На современных крупных тепловых электростанциях, работающих на угле, топливо сжигается в пылевидном состоянии. Как известно, в угле содержится значительное количество минеральных негорючих веществ.

При плавлении в топочной камере ТЭС, глина и кварц образуют алюмосиликатный расплав, который в газовом потоке дробится на мельчайшие капли. Внутри этих капель может оказаться газ и образовавшийся из воды пар, который при высоких температурах расширяется и, увеличиваясь в объеме, образует газовую полость. Так и появляются полые силикатные шарики - микросфера.

В настоящее время становится достаточно распространенным применение нетрадиционных в области строительства теплоизолирующих материалов.

В свое время интенсивно велись работы по изучению вопроса о выделении микросфер из золы-уноса и последующем внедрении в различные отрасли народного хозяйства. Основной задачей была очистка микросфер от мусора, выделение и удаление микросфер с нарушенной оболочкой и калибровка по размеру для разных задач. Содержание полых микросфер в золе уноса на различных тепловых электростанциях изменяется от десятых долей процента до нескольких процентов.

Актуальность работы.

Развитие цивилизации приносит человечеству не только достижения, но и проблемы, с чем трудно не согласиться. В наши дни защита окружающей среды — едва ли не самая актуальная из них. Одно из решений данной проблемы – вторичная переработка промышленных отходов. Прогрессивной тенденцией является превращение промышленных отходов в сырьё, пригодное для индустриального использования. Это в полной мере относится к золам ТЭЦ и выделению из шлакоотстойников мокрого золоуноса микросфер. Результаты проведенных исследований показали возможность

использования выделенных микросфер в качестве сорбентов ионов металлов и сульфат-ионов. Определение возможности использования микросфер в качестве сорбента и сорбционных свойств выделяемых микросфер позволит расширить область их применения.

Объект исследования: микросферы взятые из золошлаковых отходов Алматинской ТЭЦ-2.

Целью дипломной работы является разработка эффективного способа выделения микросфер из шлакоотстойников мокрого золоуноса ТЭЦ и определение возможности применения микросфер в качестве сорбента для извлечения из растворов урана, железа, сульфатов.

Задачи работы – изучение способов выделения микросфер, применение микросфер в качестве сорбента, разработка мероприятий по охране труда и технике безопасности, экономическая оценка выполненных исследований.

Научная новизна работы заключается в определении оптимального соотношения Ж:Т равного 3:1 для флотационного выделения микросфер, проверке разработанного способа флотационного выделения микросфер в лабораторных условиях на модифицированной флотационной машине, определении сорбционных свойств микросфер.

Теоретическая основа написания дипломной работы - анализ литературных данных, промежуточные научные отчеты ИПГ.

Методологическая основа написания дипломной работы - химический, физико-химический, атомно-абсорбционный анализы.

Практическая база написания дипломной работы – РГП «Институт проблем горения».

Обоснованием для написания работы послужили выполненные дипломантом эксперименты и лабораторные испытания, которые показали принципиальную возможность осуществления предлагаемой технологии.

1 Критический обзор

Золошлаковые отходы и их переработка

Уголь — один из древнейших видов топлива, вплоть до середины XX века был основным источником энергии. И сейчас, несмотря на активное использование нефти, газа, урана, доля угля в мировом производстве электроэнергии составляет около 40 % (в Китае — 78 %, в США — 50 %, в России — 19 %). Однако уголь не сгорает бесследно. В процессе его сжигания образуется не только энергия, но и отходы [1].



Рисунок 1 – Шубаркульский уголь

Внесём ясность: речь пойдёт о том, что остаётся на земле после того, как уголь использован по своему главному назначению — для генерации тепловой и электрической энергии. Угольная энергетика оставляет очень заметный след и в атмосфере, но это отдельная тема.

Уголь состоит из органического и минерального вещества. Богатая углеродом органическая составляющая — носитель тех полезных свойств, благодаря которым уголь относится к полезным ископаемым. А вот минеральные компоненты только ухудшают качество угля как топлива. Ведь чем больше минерального вещества, тем, естественно, меньше органического и, следовательно, тем меньше теплотворная способность. Если зольность — масса минерального остатка после сжигания угля, выраженная в процентах к массе сожжённого, — больше определённого предела, уголь становится уже «бесполезным ископаемым», непригодным для промышленного использования. Пределы зольности для разных направлений использования углей и для углей разных угольных месторождений различны. Для энергетики это обычно не более 40-45 %.

Некоторые минеральные компоненты снижают качество угля даже при допустимой зольности. Примеров можно привести много. Содержащийся в углях минерал пирит (FeS_2), разлагаясь при высоких температурах, образует газообразный оксид серы, при взаимодействии которого с парами воды

возникает сернистая кислота, разрушающая оборудование тепловых электростанций. Та часть оксидов серы, которая с дымовыми газами выбрасывается в атмосферу, становится одним из самых серьезных загрязнителей природной среды. Карбонаты кальция влияют на температуру плавления золы и шлака, что приходится учитывать при конструировании котлов [2].

Всё это далеко не полный перечень «негативных» свойств минеральных компонентов углей. Остановимся на одном из них.

При сжигании углей минеральные компоненты преобразуются в золу и шлак, которые складываются как отходы энергетического производства в золоотвалах. Накопленная к настоящему времени масса золоотвалов огромна. По оценкам на конец 2018 года, на золоотвалах угольных теплоэлектростанций РК было складировано более 1,5 млрд т золы и шлака, а общая площадь земель, занятых золоотвалами, составляла многие десятки тысяч гектаров. Несмотря на обычно принимаемые меры, золоотвалы пылят со всеми вытекающими из этого последствиями для населения и природной среды. Просачивающиеся сквозь них атмосферные осадки и технические воды растворяют минеральные соединения, загрязняя подземные воды.

Золоотвалы угольных теплоэлектростанций могут считаться месторождениями в том случае, если они или содержащиеся в них компоненты пригодны для экономически целесообразного и экологически безопасного промышленного использования. Материал золоотвалов («полезное ископаемое») по всем этим характеристикам должен не уступать традиционно используемому сырью, а его разработка — оправдывать капиталовложения на организацию добычи.

Прежде всего, золошлаковые материалы служат заменой песка, применяемого в качестве заполнителя бетонов и строительных растворов. При достаточно высоком содержании извести их можно использовать вместо цемента. По масштабам возможного применения бетоны — главное направление, которое может решить проблему ликвидации золоотвалов путем их полной утилизации. Это подтверждает зарубежный опыт.

Золу и шлак можно использовать как минеральные добавки к глине при производстве кирпича, керамической плитки, черепицы, дренажных труб.

Из шлака можно получать пористые заполнители. Для этого шлаковый материал подвергают обжигу при температурах 1050-1250 °С, при которых гранулы шлака вспучиваются. Пористые заполнители являются обязательными компонентами при производстве «легких» бетонов (то есть обладающих меньшей плотностью), а также используются для тепло- и звукоизоляции.

Строительные материалы — наиболее очевидное, но далеко не единственное направление в утилизации золоотвалов. Зола и шлак могут стать ценным источником металлов. Металлы находятся в угле в составе различных минералов и металлоорганических соединений. При сжигании углей значительная их часть переходит в золу [3].

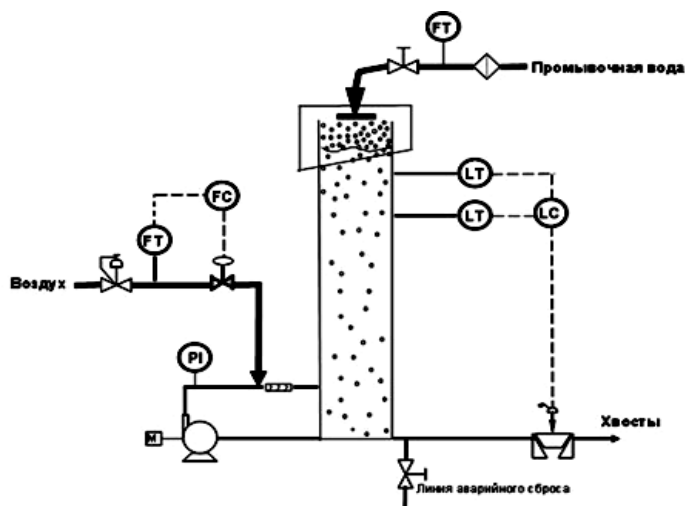
2 Экспериментальная часть

2.1 Отделение микросфер от золошлаковых отходов флотацией

Для выделения микросфер из зольных уносов ТЭЦ был разработан эффективный способ, основанный на использовании доступных средств, позволяющий получать товарные фракции микросфер с заданными характеристиками. Разработанный способ основан на безреагентной флотации с разделением материала по его естественным физико-химическим свойствам.

Показатели процесса флотационного выделения микросфер из золошлаковых отходов зависят не только от физико-химического состояния их поверхности, среды разделения, способа аэрации, и гидродинамических условий процесса, но и от конструктивных особенностей используемых флотационных машин и аппаратов. Как правило, золошлаковые отходы ТЭЦ содержат набор компонентов с различными физико-химическими свойствами (плотность и удельная поверхность микросфер, и частиц золы).

В связи с этим для флотационного выделения полых микросфер предлагается использовать колонные флотомшины. На протяжении последних трех десятилетий конструкции аппаратов для колонной флотации активно развивались и совершенствовались. Принципиальная схема колонной флотомшины приведена на рисунке 2.



FT – измерение расхода; LT – измерение уровня; LC – управление уровнем;
FC – управление расходом; PI – датчик давления; М – электродвигатель

Рисунок 2 - Принципиальная схема колонной флотомшины

В настоящее время колонные флотомашины доказали свою эффективность и возможность получения на них концентратов более высокого качества, чем в классических машинах обычной и пенной флотации.

Основные особенности флотации в колонной машине заключаются в ином принципе распределения поступающей с исходным материалом воды между пенным и камерным продуктом. Одним из главных факторов, приводящих к снижению качества получаемых при флотации золошлаковых отходов ТЭЦ микросфер, является механический вынос вместе с водой в пенный продукт гидрофильных частиц золы. Данные частицы золы в соответствии со своими поверхностными свойствами должны находиться в объеме флотомашин и разгружаться хвостами аппарата, однако при ведении обычного процесса флотации за счет механического выноса они попадают в пенный продукт, обогащенный микросферами [4].

В отличие от обычных флотационных машин в аппарате колонной флотации предусмотрена дополнительная подача промывочной воды для промывки более толстого нижнего слоя пены. Подача дополнительной промывочной воды освобождает межпузырьковое пространство от гидрофильных частиц золы и препятствует их попаданию в пенный продукт. Отделенные от пены гидрофильные частицы золы вместе с промывочной водой перемещаются в объеме камеры к разгрузке хвостов и далее вместе с хвостами выводятся из аппарата. Схема работы колонной флотомашины представлена на рисунке 3.

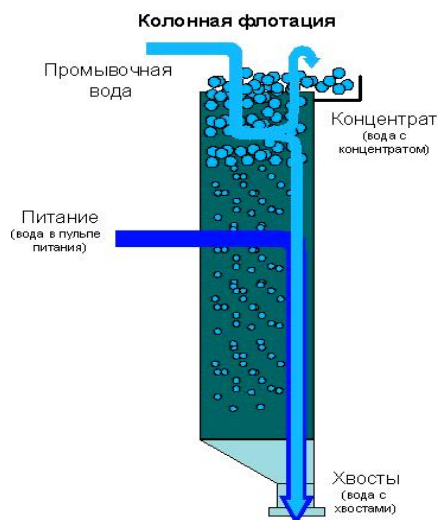


Рисунок 3 – Схема работы колонной флотомашины

Такой принцип работы колонной машины обеспечивает селективное отделение микросфер от золошлаковых отходов.

Применяемый в колонных машинах способ разделения позволяет повысить эффективность флотационного отделения микросфер от компонентов золошлаковых отходов, поверхности которых были приданы

гидрофобные свойства и которые закрепились непосредственно на поверхности раздела фаз (пузырьке).

Дополнительно сравнительно большая высота колонной машины позволяет осуществлять гидравлическую классификацию поступающих отходов и более эффективно выделять из них микросферы [5].

Для проверки правильности принятых технических решений по выделению микросфер из золошлаковых отходов были поставлены эксперименты на золошлаковых отходах Алматинской ТЭЦ-2 с использованием обычного способа флотации и способа флотации реализуемого в колонной флотомашине. Все эксперименты проводились на лабораторной флотомашине с различными по объему камерами.

Эффективность процесса и содержание микросфер в выделенных продуктах определяли визуальным способом с использованием микроскопа. Параллельные пробы выборочно подвергали рентгенофазовому анализу.

Результаты экспериментов по выделению микросфер из золошлаковых отходов Алматинской ТЭЦ-2 с использованием обычного способа флотации в обычной флотомашине приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента по выделению микросфер из золошлаковых отходов Алматинской ТЭЦ-2 с использованием обычной флотомашины.

Наименование способа выделения	Наименование продукта	Выход продукта, г	Выход продукта, %	Содержание микросфер, %	масса выделенных микросфер, г
Обычная флотация Ж:Т - 3:1 время флотации 10мин.	Пенный продукт	15,96	7,2	23,33	3,72
	Камерный продукт	205,64	92,8	0,58	1,2
	Исходный шлак	221,6	100	2,22	4,92
Обычная флотация Ж:Т - 3:1 время флотации 5мин.	Пенный продукт	10,19	4,6	30,42	3,1
	Камерный продукт	211,41	95,4	0,86	1,82
	Исходный шлак	221,6	100	2,22	4,92
Обычная флотация Ж:Т - 3:1 время флотации 2,5мин.	Пенный продукт	7,09	3,2	40,9	2,9
	Камерный продукт	214,51	96,8	0,01	2,02
	Исходный шлак	221,6	100	2,22	4,92

Для имитации процесса флотации проходящего в колонной флотомашине в камеру большого объема обычной лабораторной флотомашины специальным устройством осуществляли подачу дополнительной воды в нижний пенный слой с одновременным уменьшением скорости вращения импеллера. Воздух для флотации подавали через диспергатор устанавливаемый на дне камеры флотомашины. Результаты эксперимента по выделению микросфер с использованием имитата процесса флотации в колонной флотомашине приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты эксперимента по выделению микросфер из золошлаковых отходов Алматинской ТЭЦ-2 с использованием имитатора колонной флотомашины

Наименование способа выделения	Наименование продукта	Выход продукта, г	Выход продукта, %	Содержание микросфер, %	Масса выделенных микросфер, г
флотация в имитаторе Ж:Т - 3:1 время флотации 10мин.	Пенный продукт	4,82	2,18	86,1	4,15
	Камерный продукт	216,28	97,82	0,35	0,76
	Исходный шлак	221,1	100	2,22	4,91
флотация в имитаторе Ж:Т - 3:1 время флотации 5мин.	Пенный продукт	4,29	1,94	86,25	3,7
	Камерный продукт	216,81	98,06	0,56	1,21
	Исходный шлак	221,1	100	2,22	4,91
флотация в имитаторе Ж:Т - 3:1 время флотации 2,5мин.	Пенный продукт	3,89	1,76	82,26	3,2
	Камерный продукт	217,21	98,24	0,79	1,71
	Исходный шлак	221,1	100	2,22	4,91

Как видно из представленных данных, применение имитатора колонной флотомашины для выделения микросфер из золошлаковых Алматинской ТЭЦ-2 позволило получить пенный продукт, содержащий 86,25 % микросфер.

Использование обычной флотации позволяет получать пенный продукт, содержащий 40,9 % микросфер.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о более высокой эффективности выделения в колонной флотомашине по сравнению с обычным процессом флотации.

Для отделения от полученного продукта тонких частиц шлака и золы после флотации пенный продукт подвергали отмывке на сите с размером отверстий 0,080 мм. В процессе отмывки был получен отмытый продукт, содержащий 89,2 % микросфер с выходом 4,65 %.

2.2 Определение физико-механических свойств микросфер

Из физико-механических свойств микросфер были определены плотность и насыпной вес.

Определение плотности.

Для определения истинной плотности используют пикнометрический метод. Он распространяется на минеральные руды, концентраты, окатыши, продукты их переработки, шихтовые материалы и золошлаки.

Пикнометрический метод основан на измерении массы пикнометра, наполненного жидкостью, при замене части этой жидкости навеской определенного материала [6].

Основной прибор для определения истинной плотности – стеклянный пикнометр вместимостью 50 мл представлен на рисунке 4.

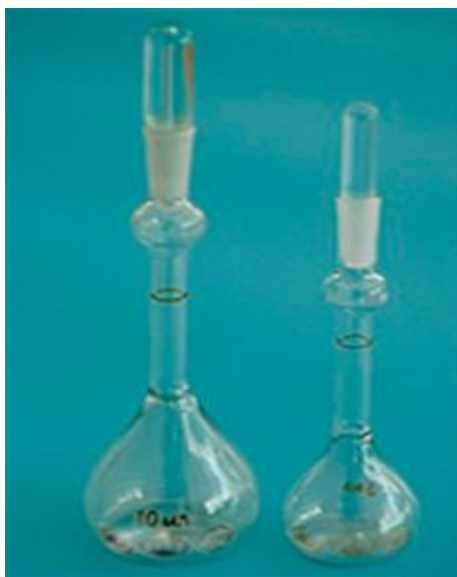


Рисунок 4 – Стеклянный пикнометр

Перед испытанием определяют вместимость пикнометра. Для этого предварительно отмытый и высушенный пикнометр заполняют дистиллированной водой до метки, вытирают насухо и определяют массу пикнометра с водой. Выполняют три определения, расхождение между которыми не должно превышать 0,01 г.

Вычисляют среднее арифметическое результатов испытаний трех навесок, расхождение между которыми не должно превышать 5 г/см³.

От высушенной в сушильном шкафу до постоянной массы представительной пробы отбирают навеску массой примерно 10 г (объемом примерно 25 % объема пикнометра), крупностью минус 0,16 мм.

С помощью совочка (шпателя) и воронки заполняют пикнометр подготовленный для испытания навеской и помещают его в вакуумный шкаф (эксикатор) на 30 мин для удаления пузырьков воздуха. Затем пикнометр доливают вакуумированной дистиллированной водой до уровня метки и помещают в термостат при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ на 30 мин. Доводят мениск до метки на пикнометре, вытирают насухо и взвешивают.

Плотность определяется по формуле:

$$\delta = \frac{A-B}{(C+A)-(D+B)}, \quad (1)$$

где δ - плотность, г/см^3 ;

A - масса пикнометра с навеской, г;

B - масса пустого пикнометра, г;

C - масса пикнометра с водой, г;

D - масса пикнометра с водой и навеской, г.

Плотность микросфер выделенных из золошлаковых отвалов Алматинской ТЭЦ-2 равна $0,905 \text{ г/см}^3$.

Определение насыпного веса.

Для определения объемного (насыпного) веса берут любой тарированный сосуд, объемом A и весом P_0 . Сосуд наполняется материалом с удельным весом до краев при встряхивании сосуда (постукиванием дном о стол). Избыток удаляется сверху линейкой или стеклянной палочкой.

Насыпной вес определяли по формуле:

$$\Delta = \frac{P_1 - P_0}{A}, \quad (2)$$

где Δ - насыпной вес, г/см^3 ;

P_0 - вес сосуда, г;

P_1 - вес сосуда с рудой, г;

A - объем сосуда, см^3 .

Насыпной вес равен $1,02 \text{ г/см}^3$.

2.3 Определение сорбционных свойств микросфер

2.3.1 Определение сорбционной емкости микросфер в статистическом режиме

Для оценки возможности использования микросфер в качестве сорбентов тяжелых и редких и радиоактивных металлов после классификационного разделения был проведен анализ продуктов фракционирования и отжига при температуре 800 °С, в течение 1 часа. Было определено, что микросферы размером менее 100 мкм представлены кристаллическими алюмосиликатами с низким содержанием оксидов железа, в интервале 100 – 150 мкм смесью алюмо- и ферросиликатов, а свыше 150 мкм преимущественно ферросиликатами с низким содержанием оксидов алюминия.

Практические расчеты равновесных термодинамических свойств выбранных систем проводились с использованием программы «TERRA», отличающейся тем, что термодинамические данные вычисляются по постоянным, отобраным в результате критического анализа первичных данных, имеющихся в литературе. База данных системы «TERRA» содержит сведения о свойствах около 3000 веществ, образованных из 96 химических элементов.

Как показали результаты предварительных расчетов, вероятность образования комплексных соединений железа, урана, алюминия, кремния, бериллия в температурном интервале 273-373 К достаточно высока. Массовая доля конденсированной фазы также на всем протяжении варьирования температуры остается постоянной и равна единице, что говорит о постоянном, стабильном протекании реакций в данных условиях. Количество фазовых переходов в продуктах реакции показывает, что с изменением внешних условий (рН среды, температуры), а также концентрации вышеуказанных элементов могут образовываться различные продукты на поверхности и в объеме микросфер.

Следует отметить, что данный анализ носит вероятностный характер и не может определить физико-химическую сущность ионообменного процесса. В связи с чем, более точную характеристику сорбционных свойств микросфер могут дать прямые эксперименты, поставленные на имитатах и реальных растворах, содержащих тяжелые, редкие и радиоактивные металлы. Для определения сорбционных свойств выделенных микросфер были проведены эксперименты по сорбции в статических и динамических условиях.

Для проведения экспериментов по определению статической и динамической обменной емкости были выбраны растворы, содержащие максимальное количество урана.

Определение сорбционной емкости микросфер проводилось по стандартной методике в статическом и динамическом режимах [7].

Эксперименты проводились на реальных урансодержащих растворах.

Все эксперименты по определению сорбции микросферами урана, железа и сульфатов проводились на продуктивном растворе (ПР), отобранном из технологического цикла ТОО «Степное РУ», рудника «Уванас».

Перед началом проведения экспериментов из продуктивного раствора, подготовленного для эксперимента была отобрана проба раствора в которой определялось содержание U, SO_4^- , Fe^{2+} , Fe^{3+} . После определения содержания основных компонентов в исходном ПР растворе в каждую из десяти лабораторных колб, объемом 200 мл, было залито по 150 см³ ПР и засыпана навеска микросфер $m_n = 10$ г. После погружения микросфер в ПР было проведено перемешивание содержимого колб в режиме «1-24» (1 минута – механическое перемешивание, 24 минуты – пауза). Через 1 час после начала отработки растворов в режиме «1-24», раствор из колбы №1 был отфильтрован и сдан на анализ на определение содержания U, SO_4^- , Fe^{2+} , Fe^{3+} . Ещё через час был отфильтрован раствор из колбы №2 и так далее, с периодичностью по одной колбе в час от №1 до №12. Оставшиеся после фильтрации на фильтре микросферы были высушены в естественных условиях и сданы на полный спектральный анализ.

Результаты экспериментов по определению сорбции микросферами урана, железа и сульфатов в статических условиях приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты экспериментов по определению сорбции урана, железа и сульфатов на микросферах

Время, час.	Содержание в растворе, г/л.			
	U	Fe^{2+}	Fe^{3+}	SO_4^-
0	0,053	0,13	0,31	7,55
1	0,043	0,04	0,35	7,42
2	0,042	0,05	0,32	7,04
3	0,042	0,04	0,34	6,72
4	0,042	0,04	0,31	6,66
5	0,043	0,04	0,33	7,04
6	0,040	0,05	0,34	6,66
7	0,040	0,05	0,32	6,91
8	0,040	0,04	0,34	6,66
9	0,040	0,04	0,32	6,78
10	0,037	0,04	0,31	6,53
11	0,039	0,07	0,32	6,78
12	0,041	0,06	0,34	6,91

Таблица 4 – Результаты экспериментов по определению сорбции урана, железа и сульфатов на микросферах

Время, час.	Содержание на микросферах, г/м ³ .		
	U	Fe ³⁺	SO ₄ ⁻
0	0,000	0,000	0,000
1	0,150	1,350	1,950
2	0,165	1,200	7,650
3	0,165	1,350	12,450
4	0,165	1,350	13,350
5	0,165	1,350	13,350
6	0,195	1,200	13,350
7	0,195	1,200	13,350
8	0,195	1,350	13,350
9	0,195	1,350	13,350
10	0,240	1,350	13,350
11	0,240	1,050	13,350
12	0,240	1,050	13,350

Как видно из представленных в таблицах 3 и 4 результатов, изменение содержания в растворах урана, сульфатов и железа заканчивается в течение 12 часов. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что все указанные компоненты хорошо сорбируются на микросферы, и процесс сорбции полностью заканчивается за 10 – 12 часов. Скорость сорбции максимальна в первый час. По результатам проведенных экспериментов был выполнен расчет статической обменной емкости и скорости сорбции микросферами урана. Результаты расчета приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов статической обменной емкости микросфер и скорости сорбции

Наименование	Значение
Объем раствора, см ³	150
Общая масса сорбента, г	10
Содержание U на исходном сорбенте, %	0,00
Содержание U в ПР (продуктивном растворе), г/дм ³	0,053
Время сорбции, час	12
Емкость сорбента, кг/м ³	20
Скорость сорбции, м ³ /м ³ *час	0,19

По данным таблицы 5 видно, что статическая емкость сорбента для урана составила 20 кг/м³, а скорость сорбции 0,19 м³/м³*час.

Максимальное насыщение микросфер ураном наступает через 11 часов. Для более полного восприятия сорбции микросферами металлов из продуктивных растворов были построены кинетические кривые сорбции урана, железа и сульфатов, которые представлены на рисунках 5, 6, 7.

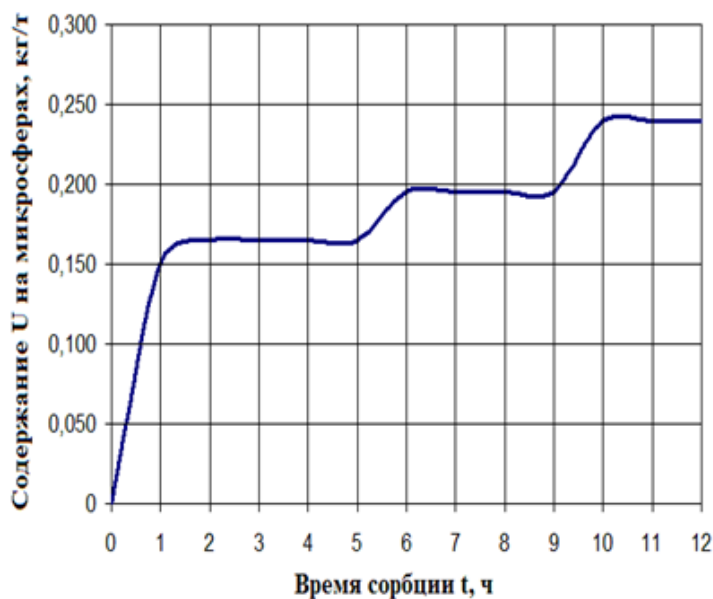


Рисунок 5 – Кинетическая кривая сорбции урана на микросферах в статическом режиме

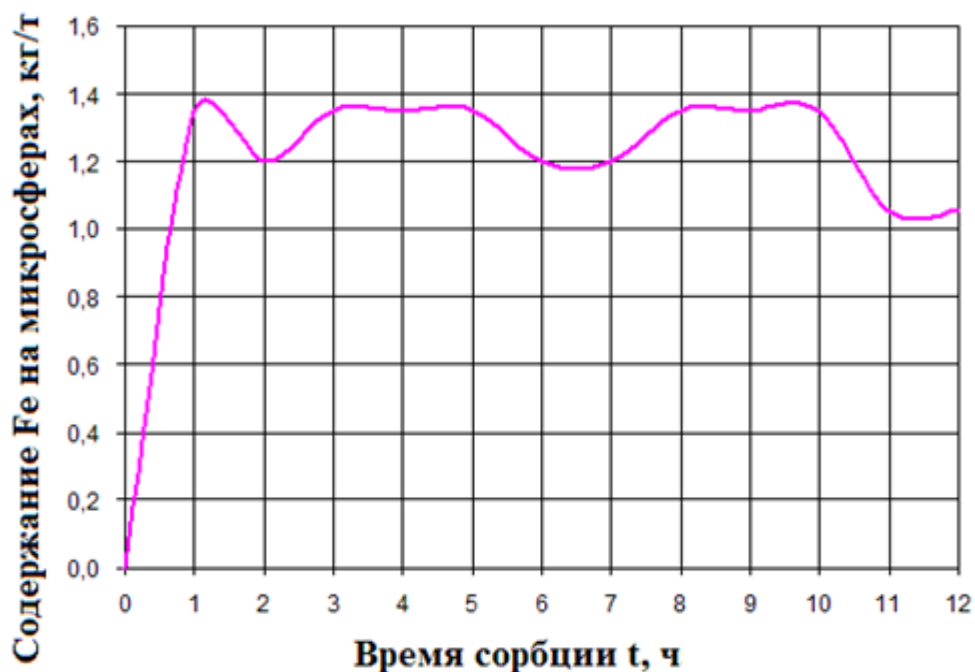


Рисунок 6 – Кинетическая кривая сорбции железа на микросферах в статическом режиме

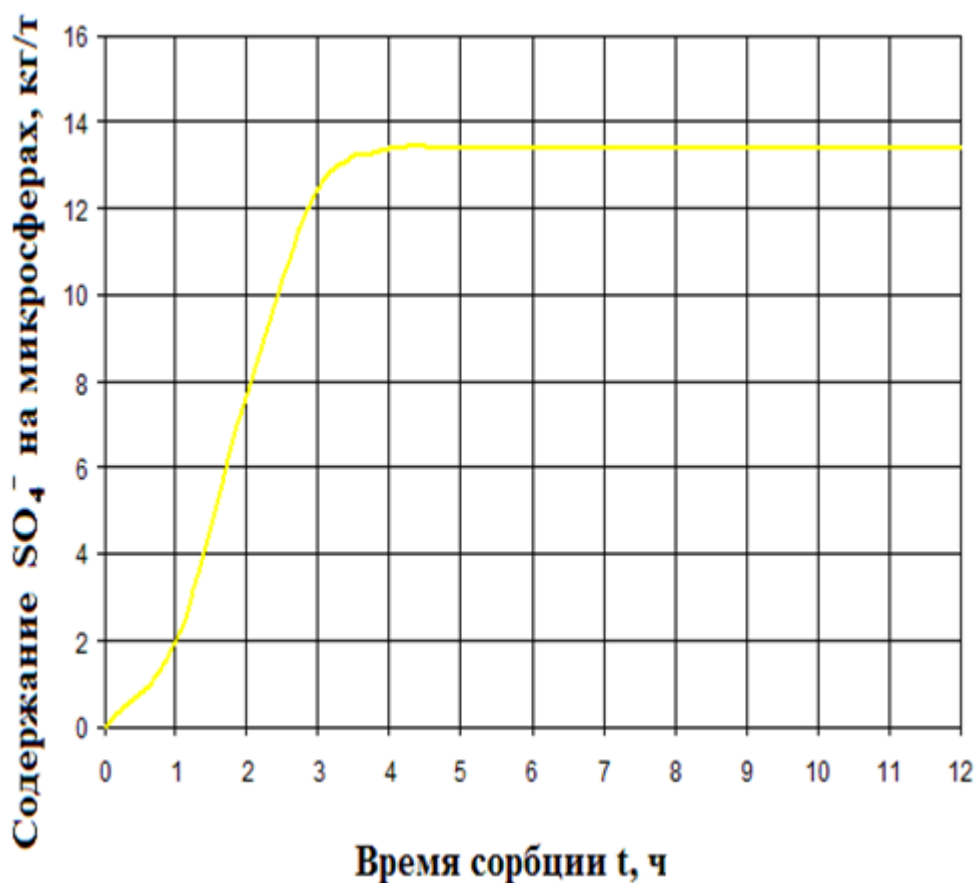


Рисунок 7 – Кинетическая кривая сорбции сульфатов на микросферах в статическом режиме

2.3.2 Определение сорбционной емкости микросфер в динамическом режиме

Дальнейшие исследования были направлены на определение полной динамической емкости микросфер при сорбции из продуктивных растворов урана, железа и сульфатов.

Для определения полной динамической обменной емкости (ПДОЕ) микросфер на Опытном Технологическом Полигоне, расположенном в ТОО «VTV-Science» была собрана специальная установка (рисунки 8, 9). Собранная установка состоит из вертикально закреплённой цилиндрической сорбционной колонки с внутренним объемом, полностью заполненным микросферами (свободной засыпкой), массой 31 г, продуктивный раствор в колонку подавался с низу в верх. Скорость подачи ПР в соответствии с проведенными ранее расчетами была выставлена 180 мл/ч.



Рисунок 8 – Установка емкости
 $V_{(ПР)} = 160 \text{ дм}^3$



Рисунок 9 – Установка колонки с сорбентом и проба раствора

Весь эксперимент по определению ПДОЕ проводился в непрерывном режиме. Время эксперимента в непрерывном режиме составило 12 часов с периодичностью пробоотбора один раз в час. Объем отбираемой пробы составлял 200 см^3 . Отобранные пробы анализировались на содержание в них U , SO_4 , Fe^{2+} , Fe^{3+} . Результаты анализов приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Результаты экспериментов по определению полной динамической обменной емкости микросфер для урана, железа и сульфатов

Время сорбции, ч	Содержание в растворе – маточнике сорбции г/л			
	U	Fe^{3+}	Fe^{2+}	SO_4
0,5	0,006	0,00	0,36	6,08
1	0,053	0,06	0,36	7,81
2	0,053	0,01	0,37	7,87
3	0,053	0,15	0,37	8,00
4	0,053	0,17	0,33	7,62
5	0,053	0,16	0,35	7,74
6	0,053	0,12	0,39	7,81
7	0,053	0,13	0,35	7,68
8	0,053	0,14	0,35	7,49
9	0,053	0,15	0,34	7,68
10	0,053	0,13	0,37	7,68
11	0,053	0,13	0,36	7,36
12	0,053	0,13	0,38	7,36

В таблице 6 показано изменение содержания урана, сульфатов и железа в растворе, в зависимости от времени сорбции. Анализ приведённых данных позволяет сделать вывод о том, что все указанные компоненты хорошо сорбируются на микросферы, и процесс сорбции урана полностью заканчивается за 1 час, а железо и сульфаты сорбируются за 2 – 4 часа. По результатам проведенных экспериментов для урана был выполнен расчет скорости сорбции и ПДОЕ по следующим исходным данным:

- масса сорбента в колонке $M_c = 31$ г;
- скорость подачи ПР (минимально возможная) = 180 мл/ч;
- объем колонки $V = 100$ мл.

Результаты расчета приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты расчетов полной динамической обменной емкости микросфер и скорости сорбции

Наименование	Значение
Объем сорбента, см ³	100
Общая масса сорбента, г	31
Содержание U на исходном сорбенте, %	0,00
Содержание U в ПР (продуктивном растворе), г/дм ³	0,053
Время сорбции, час	12
Емкость сорбента, кг/м ³	94
Скорость сорбции	0,91

По данным представленным в таблице 7 видно, что динамическая емкость микросфер при сорбции урана составила 94 кг/м³, а скорость сорбции 0,91 м³/м³*ч.

Для уточнения емкости микросфер и подтверждения результатов предыдущих опытов по определению полной динамической обменной емкости микросфер был проведен эксперимент в динамике, но на большем числе сорбционных колонок. Для проведения эксперимента была смонтирована установка состоящая из трех сорбционных колонок. Все три колонки были соединены последовательно раствор в колонки подавался с низу в первую колонку. Смонтированная установка приведена на рисунках 10, 11 и 12.



Рисунок 10 – Установка для эксперимента по определению ПДОЕ микросфер с тремя сорбционными колонками



Рисунок 11 – Установка для эксперимента по определению ПДОЕ микросфер – направление подачи раствора снизу вверх



Рисунок 12 – Установка для эксперимента по определению ПДОЕ микросфер – падающая емкость

Как видно из рисунка три сорбционных колонки, объемом по 300 мл каждая, соединенные последовательно. Навеска сорбента в каждую колонку составила 117,5 г свободной засыпкой без утрамбовки. Эксперимент проводился на Опытном Технологическом Полигоне ТОО «VTV-Science». Время эксперимента в непрерывном режиме составило 24 часа с периодичностью пробоотбора однократно в течение каждого часа. Пробы анализировались на содержание в них U, Fe³⁺, Fe²⁺ и SO₄⁻. Результаты анализов приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Результаты экспериментов по определению сорбции урана, железа и сульфатов на микросферах

Время сорбции, ч	Содержание в растворе – маточнике сорбции г/л			
	U	Fe ³⁺	Fe ²⁺	SO ₄ ⁻
0	0,058	0,13	0,07	9,14
1	0,001	0,00	0,33	4,86
2	0,001	0,00	0,42	5,18
3	0,001	0,00	0,35	5,50
4	0,001	0,00	0,58	5,57
5	0,001	0,00	0,39	6,98
6	0,013	0,07	0,34	6,98
7	0,050	0,05	0,45	7,49
8	0,058	0,04	0,34	7,74
9	0,058	0,07	0,34	7,81

Продолжение таблицы 8

Время сорбции, ч	Содержание в растворе – маточнике сорбции г/л			
	U	Fe ³⁺	Fe ²⁺	SO ₄ ⁻
10	0,058	0,07	0,34	7,81
11	0,058	0,20	0,39	7,68
12	0,058	0,17	0,35	7,55
13	0,058	0,17	0,31	7,42
14	0,058	0,06	0,34	7,49
15	0,058	0,08	0,36	7,30
16	0,058	0,11	0,34	7,36
17	0,058	0,12	0,32	7,94
18	0,058	0,12	0,32	8,06
19	0,058	0,13	0,28	8,06
20	0,058	0,11	0,30	8,13
21	0,058	0,11	0,29	7,81
22	0,058	0,12	0,28	8,00
23	0,058	0,12	0,29	8,06
24	0,058	0,12	0,29	7,94
25	0,058	0,12	0,27	8,06

Таблица 9 - Результаты экспериментов по определению сорбции урана, железа и сульфатов на микросферах

Время, ч	Содержание на микросферах, г/м ³ .		
	U	Fe ³⁺	SO ₄ ⁻
0	0,000	0,000	0,000
1	0,184	0,419	13,806
2	0,184	0,419	13,806
3	0,184	0,419	12,774
4	0,184	0,419	11,742
5	0,184	0,419	11,516
6	0,145	0,300	6,968
7	0,026	0,298	5,323
8	0,000	0,290	4,516
9	0,000	0,065	4,903
10	0,000	0,055	4,290
11	0,000	0,000	4,710
12	0,000	0,000	5,129
13	0,000	0,000	5,548
14	0,000	0,000	5,323
15	0,000	0,000	5,935
16	0,000	0,000	5,742

Продолжение таблицы 9

Время, ч	Содержание на микросферах, г/м ³ .		
	U	Fe ³⁺	SO ₄ ⁻
17	0,000	0,000	3.871
18	0,000	0,000	3.484
19	0,000	0,000	3.484
20	0,000	0,000	3.258
21	0,000	0,000	4.290
22	0,000	0,000	3.677
23	0,000	0,000	3.484
24	0,000	0,000	3.871
25	0,000	0,000	3.484

В таблице 9 показано изменение содержания урана, сульфатов и железа в продуктивном растворе, в зависимости от времени сорбции. Анализ приведённых данных позволяет сделать вывод о том, что все указанные компоненты хорошо сорбируются на микросферы, и процесс сорбции в динамическом режиме полностью протекает за 8 часов. Скорость сорбции максимальна в первый час.

По результатам проведенных экспериментов были построены графики изменения содержания U, Fe³⁺, Fe²⁺ и SO₄⁻ от времени сорбции (рисунки 13, 14 и 15).

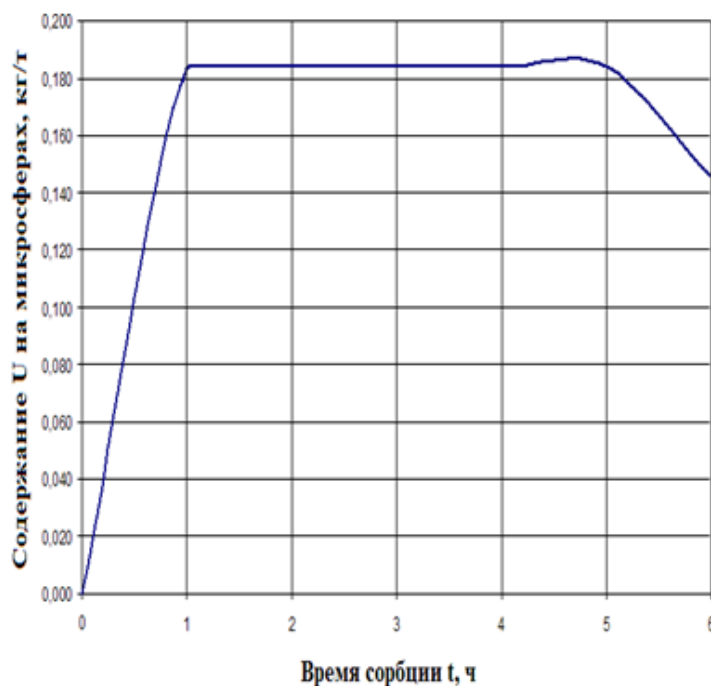


Рисунок 13 - Кинетическая кривая сорбции урана на микросферах в динамическом режиме

Из рисунка 13 видно, сорбция урана полностью заканчивается за 6 часов.

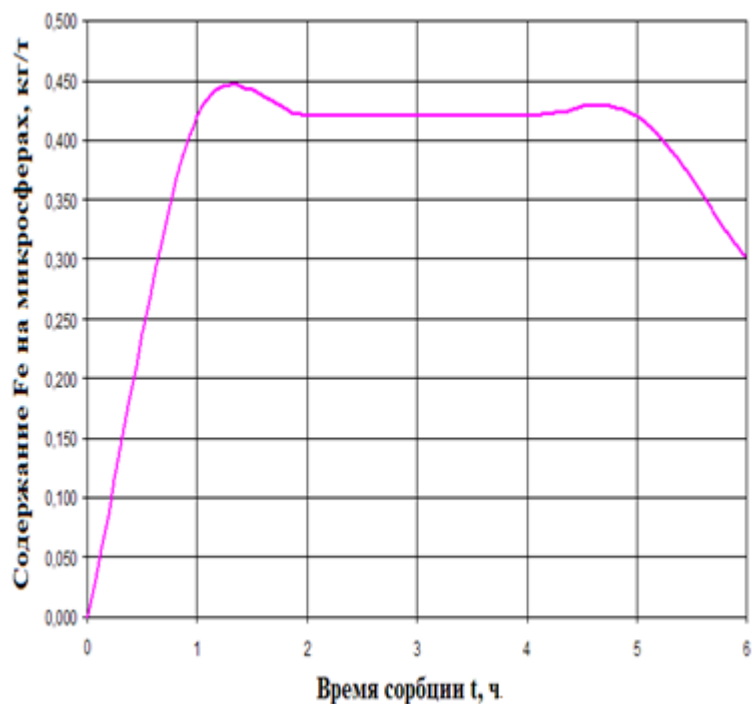


Рисунок 14 – Кинетическая кривая сорбции железа на микросферах в динамическом режиме

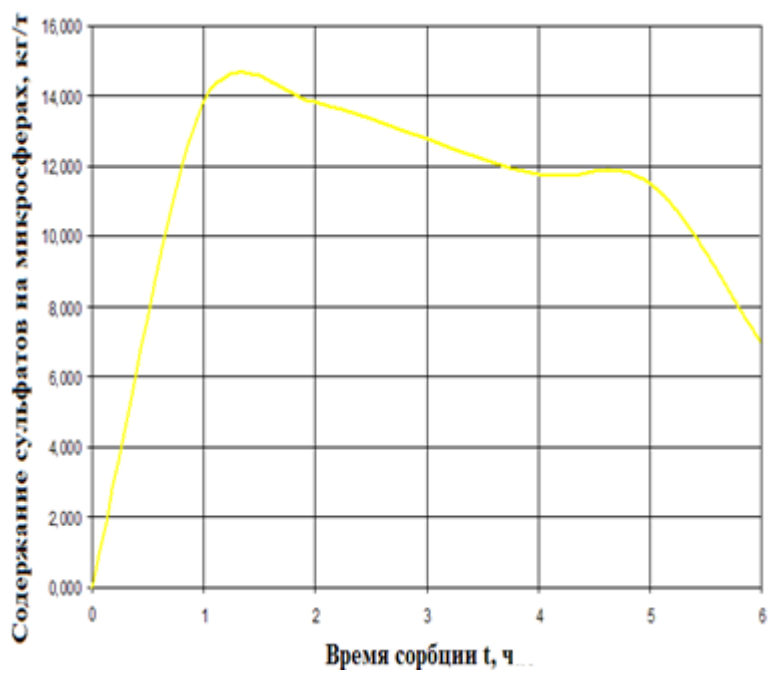


Рисунок 15 – Кинетическая кривая сорбции сульфатов на микросферах в динамическом режиме

Из рисунков 14 и 15 видно, что сорбция ионов железа и сульфат-ионов полностью заканчивается за 6 часов.

Результаты расчета полной динамической обменной емкости по полученным данным приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Результаты расчетов полной динамической обменной емкости по урану микросфер и скорости сорбции

Наименование	Значение
Общий объем сорбента (во всех трех колонках), см ³	900
Общая масса сорбента, г	352,5
Содержание U на исходном сорбенте, %	0
Содержание U в ПР (продуктивном растворе), г/дм ³	0,058
Время сорбции, час	24
Емкость сорбента, кг/м ³	114
Скорость сорбции, м ³ /м ³ *час	1,01

По данным таблицы 10 видно, что динамическая емкость сорбента составила 114 кг/м³, а скорость сорбции 1,01 м³/м³*час. Полученные результаты экспериментов позволяют сделать вывод о возможности сорбции из продуктивных растворов U, Fe³⁺, Fe²⁺ и SO₄⁻. Максимальная полная динамическая обменная емкость по урану составляет 114 кг/м³.

3 Экономическая часть

3.1 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 11.

Таблица 11 – Общие затраты на научно-исследовательскую работу

Наименование затрат	Сумма затрат, тг
Амортизационные отчисления за 1 месяца	2330
Основные и вспомогательные материалы, тг	850
Электроэнергия, кВт · ч	2473,5
Холодная вода, л	145
Заработная плата, тг	128700
Итого:	134498,5

3.2 Расчет изменения себестоимости

Снижение себестоимости может быть определено по формуле:

$$U = 3 \cdot \frac{(E_2 - E_1)}{E_2}, \quad (3)$$

где 3 – затраты на исследования;

E_1 – минимальное содержание микросфер в золоуносе; $E_1 = 1$ г/кг

E_2 – максимальное содержание микросфер в золоуносе; $E_2 = 4,15$ г/кг

Тогда изменение себестоимости будет равняться:

$$U = 134498,5 \cdot \frac{4,15 - 1}{4,15} = 102089,2, \text{ тг} \quad (4)$$

3.3 Расчет рентабельности исследования

Для того, чтобы рентабельность была на уровне 10 %, экономический эффект должен составлять:

$$\mathcal{E}_0 = (3 + A) \cdot 0,1 \cdot (1/12). \quad (5)$$

Так как работа проводилась в течение 1 месяцев, то экономический эффект будет равен:

$$\mathcal{E}_0 = 3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e) \cdot (1/12). \quad (6)$$

Экономический эффект данной работы составляет:

$$\mathcal{E}_0 = 134498,5 + 530000 \cdot 1,08 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1) \cdot (1/12) = 151813,6 \text{ тг.}$$

Тогда при 10 % рентабельности производства экономический эффект составит:

$$\mathcal{E}_0 = (3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e) \cdot (1/12)) \cdot 0,1. \quad (7)$$

$$\mathcal{E}_0 = (134498,5 + 530000 \cdot 1,08 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1) \cdot (1/12)) \cdot 0,1 = 15181,4 \text{ тг.}$$

Таким образом, экономический эффект научно – исследовательской работы определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_0 = 3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e)^2 \cdot (1/12). \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_0 = 134498,5 + 530000 \cdot 1,08 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1)^2 \cdot (1/12) = 153545,1 \text{ тг.}$$

Тогда при 10 % рентабельности производства на второй год экономический эффект составит:

$$\mathcal{E}_0 = (3 + C_n \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e)^2 \cdot (1/12)) \cdot 0,1. \quad (9)$$

$$\mathcal{E}_0 = (134498,5 + 530000 \cdot 1,08 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1)^2 \cdot (1/12)) \cdot 0,1 = 15354,5 \text{ тг.}$$

Таким образом, экономический эффект НИР при 10 % рентабельности за два года составит:

$$15181,4 + 15354,5 = 30535,9 \text{ тг.} \quad (10)$$

Срок окупаемости проекта рассчитываем по формуле:

$$T = \frac{K}{U}, \quad (11)$$

где K – годовая стоимость оборудования;
 U – изменение себестоимости;

$$T = 28000 / 102089,2 = 0,27 \text{ лет.} \quad (12)$$

4 Безопасность и охрана труда

Организационно-правовые аспекты

Трудовое законодательство Республики Казахстан основывается на Конституции Республики Казахстан и состоит из Трудового кодекса, законов Республики Казахстан и иных нормативных правовых актов Республики Казахстан. Если международным договором, ратифицированным Республикой Казахстан, установлены иные правила, чем те, которые содержатся в настоящем Кодексе, то применяются правила международного договора. Международные договоры, ратифицированные Республикой Казахстан, к трудовым отношениям применяются непосредственно, кроме случаев, когда из международного договора следует, что для его применения требуется издание закона.

Анализ вредных и опасных производственных факторов

При организации строительной площадки, размещении участков и рабочих мест, проездов, проходов необходимо установить опасные для людей зоны. Под опасной зоной понимают часть пространства, в которой действуют постоянно или возникают периодически факторы, создающие угрозу жизни и здоровью работающих. Опасные зоны обозначаются знаками безопасности и надписями установленной формы. Все опасные для людей зоны разделяются на две группы: зоны с постоянно действующими производственными факторами, зоны с потенциально действующими опасными производственными факторами.

Размещение оборудования с точки зрения безопасности

Расположение оборудования на площади цеха или участка определяется в основном технологическим процессом и местными условиями.

При автоматизированном производстве (комплексные автоматические заводы или цеха, автоматические линии, поточное производство) оборудование размещается по ходу технологического процесса в единую цепочку с соблюдением расстояний между оборудованием конструктивными элементами здания. На автоматических и поточных линиях большой протяженности для перехода с одной стороны линии на другую устраивают переходные мостики.

Разработка мероприятий по безопасному использованию электроэнергии

Основные меры защиты от поражения электрическим током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением для случайного прикосновения;
- устранение опасности поражения при появлении напряжений на корпусах, кожухах;
- защитное заземление, зануление, защитное отключение;
- использование низких напряжений;
- применение двойной изоляции.

Классификация помещений по опасности поражения током:

1 помещения без повышенной опасности – это сухие, помещения с нормальной температурой.

2 помещения с повышенной опасностью:

- сырость, относительная влажность 75 %;
- высокая температура более 30 градусов;
- токопроводящая пыль.

3 помещения особо опасные:

- сырость 100 %;
- химически активная среда.

Разработка основных эргономических положений и элементов эстетики

Эстетическая оценка конструируемого предмета (пространства), производимая в ходе самого функционального проектирования и конструирования, контролирует на каждом этапе правильность принятого решения и служит надежной гарантией высокого уровня функционального совершенства конечного результата. Красота становится своеобразным инструментом технического и технологического творчества. Вместе с тем, включение эстетического критерия в проектирование позволяет рассматривать предмет деятельности не только с точки зрения узко утилитарного интереса, но и в широком социальном и культурно - историческом контексте, соотносить этот предмет как целостность с другими предметами, т.е. рассматривать его как социокультурную ценность. Эстетическая оценка поэтому всегда целостный по своей природе критерий совершенства того или иного произведения (предмета).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломной работе выполнены все поставленные цели и задачи, т.е. разработан эффективный способ выделения микросфер из шлакоотстойников мокрого золоуноса ТЭЦ, а также были определены возможности применения микросфер в качестве сорбента.

По результатам дипломной работы были сделаны следующие выводы:

1) В процессе проведения исследований была разработана технология выделения микросфер из шлакоотстойников мокрого золоуноса. Разработанная технология основана на выделении микросфер безреагентной флотацией в колонных флотомашинах. Доказано, что для выделения микросфер колонные флотомашины по сравнению с обычными имеют более высокую эффективность.

2) Для выделения микросфер из шлака шлакоотстойников мокрого золоуноса Алматинской ТЭЦ-2 подобран режим работы колонной флотомашины. Определено оптимальное соотношение Ж:Т равное 3:1 для флотационного выделения. Нарботана опытная партия микросфер в количестве 1,5 кг определен их удельный вес - $0,91 \text{ кг/дм}^3$ и насыпная плотность - $1,02 \text{ кг/дм}^3$.

3) Применение имитатора колонной флотомашины для выделения микросфер из золошлаковых отходов Алматинской ТЭЦ-2 позволило получить пенный продукт, содержащий 86,25 % микросфер. Использование обычной флотации позволяет получать пенный продукт, содержащий 40,9 % микросфер.

4) Проведены исследования по определению сорбционной емкости микросфер для ионов урана, железа и сульфатов в статических и динамических условиях. Анализ приведённых данных позволяет сделать вывод о том, что все указанные компоненты хорошо сорбируются на микросферы. Скорость сорбции максимальна в первый час.

5) По результатам проведенных экспериментов были построены графики изменения содержания U, Fe^{3+} , Fe^{2+} и SO_4^- от времени сорбции. Сорбция U, Fe^{3+} , Fe^{2+} и SO_4^- в динамических условиях полностью заканчивается за 6 часов, в статических условиях за 11 часов.

Технико-экономическая оценка работы показала, что срок окупаемости процесса составляет 0,27 лет, экономический эффект при 10 % рентабельности работы по результатам первого года 15184,1 тенге, по результатам второго года 15354,5 тенге.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Неорганическое вещество углей. — Екатеринбург: Уро. РАН, 2002.
- 2 Бакулин Ю.И., Черепанов А.А. Золошлаковые отходы ТЭЦ // Электронная версия на сайте <http://www.rucons.de/index.php/ru/start-ru/330-neue-technologie/48-pererabotka-zola-shlakovykh-otkhodov>
- 3 Пантелеев В.Г. и др. Состав и свойства золы и шлака ТЭС: Справочное пособие / Под. ред. В. А. Мелентьева. — Л.: Энергоатомиздат, 1985.
- 4 Пименов В.Г., Пикулин И.В., Дрожжин В.С. и др. Физико-химические свойства поверхности зольных микросфер. // Химия твердого топлива. — № 3. — 2005. — С. 83-92.
- 5 Клер В.Р. Изучение сопутствующих полезных ископаемых при разведке угольных месторождений. — М.: Недра, 1979. — 272 с.
- 6 Золошлаковые материалы и золоотвалы / Под ред. В.А. Мелентьева. — М.: Энергия, 1978. — 295 с.
- 7 Зеликман. А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов. — М.: Metallurgia, 1991. — 432 с.