

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

Нұрахмет Санжар Талғатұлы

Сорбция цинка из модельных растворов новым аминфенольным сорбентом

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В070900 – «Металлургия»

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

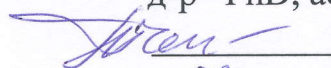
Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии
специальных материалов

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой МПТиТСМ

д-р PhD, ассоц. профессор

 Чепуштанова Т.А.
« 08 » 05 2019 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: «Сорбция цинка из модельных растворов новым аминифенольным
сорбентом»

по специальности 5В070900 – «Металлургия»

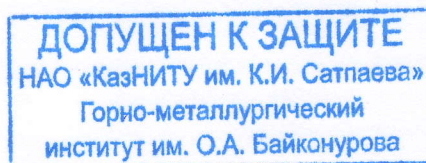
Выполнил:

Нурахмет С.Т.

Научный руководитель:

к.т.н., ассистент-профессор

 Усольцева Г.А.
« 08 » 05 2019 г.



Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

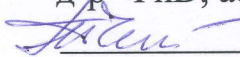
Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии
специальных материалов

5B070900 – Металлургия

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой МПТиТСМ
д-р PhD, ассоц. профессор

 Чепуштанова Т.А.
« 05 » 02 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Нурахмет Санжар Талғатулы

Тема «Сорбция цинка из модельных растворов новым аминокфенольным сорбентом»,

Утверждена приказом Ректора Университета № 1113-б от «08» октября 2018 г.

Срок сдачи законченной работы (проекта) «30» апреля 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе (проекту): ионит, сорбция, ион, раствор, аминокфенольный сорбент, цинк, коэффициент распределения, статическая емкость.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломной работы

а) введение, в котором отразить современное состояние вопросов извлечения цинка сорбционным методом;

б) основная часть, в которой отразить теоретические и экспериментальные данные по сорбции цинка новым аминокфенольным сорбентом;

в) расчет затрат на выполнение дипломной работы;

г) раздел по безопасности и охране труда, в котором отразить вредные и опасные факторы и приемы безопасной работы при проведении работ по сорбции цинка из водных растворов.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) демонстрационный материал представить на 10-15 слайдах с результатами исследований.

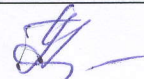
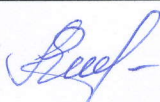
Рекомендуемая основная литература из 20 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

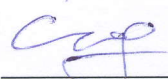
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю или консультанту	Примечание
Введение	5.02.2019 г.	
Критический анализ литературных данных по теме исследований	19.02.2019 г.	
Экспериментальная часть	9.04.2019 г.	
Расчет затрат на выполнение исследований	15.04.2019 г.	
Безопасность и охрана труда	20.04.2019 г.	
Заключение	23.04.2019 г.	
Нормоконтроль	30.04.2019 г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу
с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Расчет затрат на выполнение исследований	Г.А. Усольцева, канд. техн. наук, ассистент- профессор	8.05.2019г	
Безопасность и охрана труда	Г.А. Усольцева, канд. техн. наук, ассистент- профессор	8.05.2019г	
Нормоконтроль	С.С. Коныратбекова, канд. техн. наук, сениор- лектор	8.05.2019г	

Научные руководители  / Усольцева Г.А. /

Задание принял к исполнению обучающийся  / Нурахмет С.Т. /

Дата « 05 » 02 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Диплом жұмысы 35 бетте жасалды, 4 тараудан, 6 суреттерден, 11 кестелерден, 30 әдебиет көздерден тұрады.

Зерттеу объектісі аминфенолды сорбент, модельді мырыш құрайтын су ерітінділері және мырыштың сорбциялау процесі болып табылады.

Диплом жұмысының мақсаты мырыш иондарының жаңа аминфенолды сорбентте сорбциялық әдіспен алу заңнамалығын зерттеу болып табылады.

Диплом жұмысының мәселелері:

- мырыш иондарына қатысты аминфенолды сорбенттің қасиеттерін және сорбциялау қабілеттерін анықтау;
- модельдік ерітінділерден аминфенолды сорбентте мырыш иондарын сорбциялауды зерттеу бойынша ізденісті зерттеу.

Әдістерді және аппаратураны пайдалану:

- модельдік ерітінділердің құрамында мырыштың болуы ПЭ-5300ВИ маркалы спектрофотометрде фотометрлік әдіспен анықталды;
- аминфенолды сорбентте функционалды топтардың болуы ИК-спектрофотометрлік әдіспен Specord M-80 маркалы аспапта А.Б.Бектұров атындағы Химия ғылымдары институтында анықталды.

Зерттеу нәтижесінде мырыш иондарына қатысты зерттелетін сорбентің жоғары сорбциялық сыйымдылыққа (482,02 мг/г) ие екендігі анықталды. Таңдап алынған сорбентте мырыш сорбциясының хелатты механизмі ықтималды болып табылады. Сорбент мырыш иондарын өнеркәсіптік ерітінділерден және ағынды сулардан сорбциялау үшін қолданылуы мүмкін.

Жұмыста аминфенолды сорбентпен мырышты сорбциялау бойынша зерттеулерді орындауға кететін шығындардың есептері берілген. Мұнда зерттеудің өтеу мерзімі 2,5 жылды құрайтындығы көрсетілген.

Мырышты су ерітінділерінен сорбциялау бойынша жұмыстарды орындау кезінде қауіптерді және зияндарды талдау, мырыш құрайтын ерітінділер және күкірт қышқылының ерітінділері өте қауіпті екендігін көрсетті.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа изложена на n страницах, содержит 4 раздела, 6 рисунков, 11 таблиц, 30 источников литературы.

Объектами исследований являются аминифенольный сорбент, модельные цинксодержащие водные растворы и процесс сорбции цинка.

Целью дипломной работы явилось изучение закономерностей сорбционного извлечения ионов цинка на новом аминифенольном сорбенте.

Задачи дипломной работы:

- определение свойств и сорбционной способности аминифенольного сорбента по отношению к ионам цинка;
- поисковые исследования по изучению сорбции ионов цинка на аминифенольном сорбенте из модельных растворов.

Использованные методы и аппаратура:

- содержание цинка в модельных растворах определяли фотометрическим методом на спектрофотометре марки ПЭ-5300ВИ;
- наличие функциональных групп в аминифенольном сорбенте определяли ИК-спектрофотометрическим методом на приборе марки Spesord M-80 в Институте химических наук им. А. Б. Бектурова.

В результате исследований установлено, что изучаемый сорбент обладает высокой сорбционной емкостью (482,02 мг/г) по отношению к ионам цинка. Наиболее вероятен хелатный механизм сорбции цинка на выбранном сорбенте. Сорбент может быть использован для сорбции ионов цинка из промышленных растворов и сточных вод.

В работе приведены расчеты затрат на выполнение исследований по сорбции цинка аминифенольным сорбентом, которые показали, что срок окупаемости исследований составляет 2,5 года.

Анализ опасностей и вредностей при выполнении работ по сорбции цинка из водных растворов показал, что наиболее опасными могут быть цинксодержащие растворы и растворы серной кислоты.

ABSTRACT

The thesis contains 35 pages, 4 sections, 6 figures, 11 tables, 30 references.

The research objects are aminophenol sorbent, model zinc-containing aqueous solutions and the zinc sorption process.

The aim of the thesis was to study the laws of zinc ions sorption extraction with the new aminophenol sorbent.

Tasks of the thesis:

- to determine the aminophenol sorbent properties and sorption capacity with respect to zinc ions;
- exploratory researches to study the sorption of zinc ions on the aminophenolic sorbent from model solutions.

Methods used and equipment:

- the zinc content in model solutions was determined by the photometric method with a PE-5300VI spectrophotometer;
- the presence of functional groups in the aminophenol sorbent was determined by IR spectrophotometric method with a Specord M-80 instrument at the A.B. Bekturov Chemical Sciences Institute.

As a result of the research, we established that the sorbent under study has a high sorption capacity (482.02 mg/g) with respect to zinc ions. The chelate mechanism of zinc sorption is most likely on the sorbent selected. The sorbent can be used for the zinc ions sorption from industrial solutions and wastewater.

The paper presents calculations of the costs for the study of zinc sorption by an aminophenol sorbent that showed that the payback period for the study is 2.5 years.

Analysis of the hazards and harmfulness of the work performed to absorb zinc from aqueous solutions showed that zinc-containing solutions and sulfuric acid solutions are the most dangerous ones.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Критический анализ литературных данных по теме исследований	12
1.1	Состояние сырьевых ресурсов цинка	12
1.2	Состояние цинка в водных растворах	12
1.3	Получение продуктивных цинксодержащих растворов	13
1.4	Применение ионного обмена в металлургии цинка	14
2	Экспериментальная часть	16
2.1	Исходные материалы и реагенты	16
2.2	Методика выполнения анализов и исследований	16
2.3	Исследование структуры нового аминифенольного сорбента методом ИК-спектроскопии	17
2.4	Изучение физико-механических свойств нового аминифенольного сорбента	19
2.5	Изучение сорбции цинка из модельных растворов на новом аминифенольном сорбенте	20
3	Расчет затрат на выполнение исследований	26
4	Безопасность и охрана труда	30
	Заключение	32
	Список использованной литературы	34

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние научно-технической проблемы.

Методы получения аминифенольных сорбентов и их сорбционная способность по отношению к металлам. Основными методами получения сорбентов являются два метода – полимеризация и поликонденсация. Около 80 % от общего объема ионитов получают методом полимеризации. В случае же поликонденсации эпоксидные олигомеры в присутствии фенолов отверждаются аминами [1]. Распространенными отвердителями также являются аминифенолы, важные преимущества которых – способность отверждать эпоксидные олигомеры при низких температурах и возможность использования для отверждения во влажных условиях [1]. Проблемой, ограничивающей применение аминифенольных олигомеров, является промышленный метод их получения по реакции аминометилирования фенолов формальдегидом и бисамином [2], сопровождающийся образованием большого количества водно-органических отходов – поликонденсационной воды.

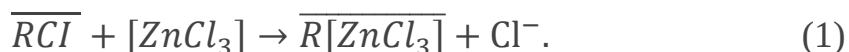
Применение ионного обмена в металлургии цинка. Цинк среди цветных металлов занимает третье место после алюминия и меди по объему использования в мире. Высокую популярность металл приобрел, прежде всего, как средство защиты от коррозии – около половины всего цинка на планете идет на покрытие металлических изделий, а также на производство оцинкованной стали и оцинкование металлических изделий. Во всем мире потребляется более 11 млн т цинка, который используется в качестве металла, хлорида, порошка и сульфата [3, 4].

Наиболее распространенные методы извлечения цинка из водных растворов – экстракция, ионообменная сорбция и электрохимическая коагуляция [5]. Наиболее часто в настоящее время для извлечения ионов цинка из сточных вод металлургических предприятий применяют метод гальванокоагуляции, который может быть применен как для промышленных растворов различной природы, так и для вод горнодобывающей промышленности [3,6]. Однако данный метод не может обеспечить селективность извлечения только цинка, чаще всего параллельно с цинком осаждаются более благородные металлы и металлы, близкие к цинку по электрохимическим свойствам [7].

В этом отношении методы ионного обмена и экстракции являются более перспективными, кроме того, они обеспечивают возврат в оборот ионообменного материала, выступающего в качестве основного расходного материала, что невозможно в случае гальванокоагуляции, при реализации которого необходимо постоянно вводить железную стружку или опилки [8].

Ионный обмен часто используется для разделения металлов, в частности, для разделения катионов никеля и цинка (или магния и цинка). Такая возможность существует благодаря способности цинка образовывать анионные комплексы с хлорид-ионами. Никель и магний, в отличие от цинка,

комплексов с хлорид-ионами не дают. Поэтому разделить металлы можно путем ионного обмена. При этом при пропускании через колонку с анионитом (в хлоридной форме) раствора, содержащего катионы никеля (или магния) и анионные хлоридные комплексы цинка, поглощаются анионитом именно комплексы цинка, которые заряжены отрицательно, а катионы никеля или магния остаются в водном растворе. Ионный обмен в этом случае протекает согласно реакции [9]:



Далее цинк можно десорбировать путем промывки насыщенной смолы водой.

Цель дипломной работы – изучение закономерностей сорбционного извлечения ионов цинка на новом аминифенольном сорбенте.

Задачи дипломной работы:

- выполнение критического анализа литературных данных по проблеме извлечения цинка из водных растворов;
- определение свойств и сорбционной способности нового аминифенольного сорбента по отношению к ионам цинка;
- оценка вредностей и опасностей, связанных с сорбционным извлечением цинка из водных растворов;
- выполнение расчета затрат на исследования по сорбции цинка.

Объекты дипломной работы:

- новый аминифенольный сорбент;
- процесс сорбции цинка из модельных водных растворов на выбранном аминифенольном сорбенте.

Научная новизна работы состоит в том, что определена сорбционная способность нового аминифенольного сорбента, основанная на том, что в составе сорбента выявлено наличие амин- и гидроксо-групп, способных к обмену с ионами цинка, что выражается в изменении полос поглощения ИК-спектра сорбента.

Актуальности дипломной работы. Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки воды, удаление нежелательных химических веществ путем связывания таких веществ за счет сил межмолекулярного взаимодействия. Эффективность сорбции обусловлена тем, что сорбционные материалы могут извлекать из воды многие соединения, не удаляемые другими методами. При использовании высокоактивных сорбентов воду можно очистить от загрязняющих веществ практически до нулевых остаточных концентраций. Сорбенты могут извлекать из воды соединения, содержание которых так мало, что другие методы очистки оказываются неэффективными. В качестве сорбентов используют, обычно, твердые пористые материалы. Эффективность сорбции зависит от величины поверхности взаимодействия. Основной характеристикой сорбционной

способности материала является «емкость» - определенное количество тех или иных загрязнителей, которые могут быть поглощены данным количеством сорбента.

Сорбенты могут иметь различное происхождение – природные и синтетические, органические (полимерные) и неорганические. В экологии такие сорбенты применяют для очистки природных и сточных вод от ионов тяжелых металлов, а также в аналитической химии для разделения и концентрирования при определении микрокомпонентов в различных объектах. Особое внимание чаще всего отводится синтетическим органическим сорбентам, так как при их создании можно заранее определить их сорбционные свойства в отношении к ионам металлов. Настоящая работа посвящена изучению сорбционных свойств новых аминокфенольных сорбентов, синтезированных в лаборатории Института химических наук имени А.Б. Бектурова. Как известно, аминокфенольные сорбенты находят широкое применение в промышленности для вторичной переработки сырья с целью полного извлечения цветных металлов, поэтому работа актуальна и практически значима.

Теоретическая и методологическая основа выполнения дипломной работы. Выполнение настоящей дипломной работы основано на теоретических сведениях о методах синтеза аминокфенольных сорбентов и закономерностях сорбционных процессов в технологии металлов.

Содержание цинка в модельных растворах определяли фотометрическим методом на спектрофотометре марки ПЭ-5300ВИ. Наличие функциональных групп в аминокфенольном сорбенте определяли ИК-спектрофотометрическим методом на приборе марки Spescord M-80 в Институте химических наук имени А.Б. Бектурова. При синтезе аминокфенольных сорбентов использовали метод поликонденсации. Элементный анализ сорбентов проводили с использованием прибора марки ПЭ-5300ВИ.

Практическая база написания дипломной работы. Настоящая дипломная работа выполнялась в лаборатории спецкурсов кафедры «Металлургические процессы, теплотехника и технология специальных материалов»

НАО Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева. Для выполнения аналитической части работы использовали соответствующее аналитическое оборудование (указано выше). Сорбцию цинка из модельных растворов проводили с использованием сорбционной установки для проведения сорбции в статических условиях. Фильтровали водный раствор после сорбции на фильтровальной установке через бумажный фильтр «желтая лента».

Обоснование необходимости выполнения работы. Выполнение работы необходимо, поскольку ранее сорбционные свойства аминокфенольного сорбента по отношению к ионам цинка не были изучены.

1 Критический анализ литературных данных по теме исследований

1.1 Состояние сырьевых ресурсов цинка

Цинк – металл, широко применяемый в промышленности, его производство в структуре производства цветных металлов составляет 17 %.

Известно более 100 минералов цинка, причем самородных металлов в природе не найдено. Основными рудообразующими сульфидными минералами являются сфалерит – ZnS (67,1 % цинка) и марматит – $n\text{ZnS} \cdot m\text{FeS}$ (>60 % Zn). Среди окисленных минералов наиболее значимыми являются цинкит – ZnO , смитсонит – ZnCO_3 и каламин – $2\text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Общие запасы цинка в мире на начало 2015 г. составляли примерно 543,4 млн. тонн [10, 11].

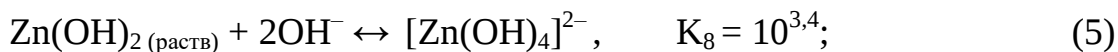
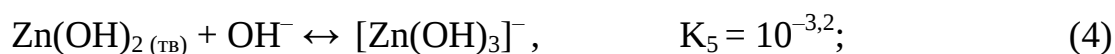
По подтвержденным запасам цинка Казахстан занимает второе место в мире, по общим – пятое. Месторождения цинка в Казахстане представлены полиметаллическими свинцово-цинковыми рудами, которые в своем составе содержат как сульфидные, так и окисленные минералы [10]. Свыше 43 % подтвержденных запасов цинка страны приходится на долю месторождений Жайрем и Шалкия. Из других свинцово-цинковых месторождений Казахстана следует отметить Артемьевское, Лениногорское, Зыряновское, Обуховское, Белоусовское, Тишинское, Николаевское, Орловское (Северо-Восточный и Восточный Казахстан), Жезказганское, Акжальское (Карагандинская область), Турланское (Шымкентская область), Родниковое (Жамбылская область) [10, 12].

1.2 Состояние цинка в водных растворах

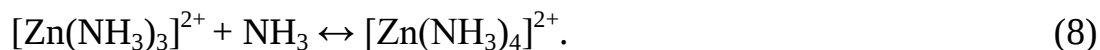
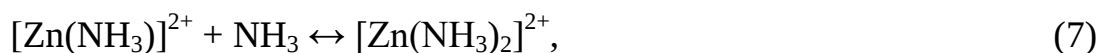
Состояние металлов в водных растворах является одним из определяющих условий выбора гидрометаллургического метода переработки металл-содержащего сырья: состоянием металлов в водном растворе определяются условия выщелачивания сырья, выбор экстрагента и ионообменника и их способность к извлечению металлов из получаемых растворов.

В химических соединениях цинк имеет степень окисления +2, то есть он двухвалентен. Катион Zn^{2+} может существовать в нейтральных и кислых растворах, растворы, содержащие ион Zn^{2+} , бесцветны. Катион цинка можно получить при растворении простых солей цинка, хорошо растворимых в воде и водных растворах кислот, например, ZnCl_2 , ZnBr_2 , ZnI_2 , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, ZnSO_4 . Из перечисленных солей промышленное значение имеет сульфат цинка, поскольку выщелачивание цинка из огарка производят чаще всего растворами серной кислоты [13].

В нейтральной и щелочной среде имеют место равновесия, примеры которых приведены ниже [14]:



Для предотвращения гидролиза соединений цинка используют комплексообразователи, одним из которых является аммиак. При аммиачном растворении цинка имеют место равновесия [15]:



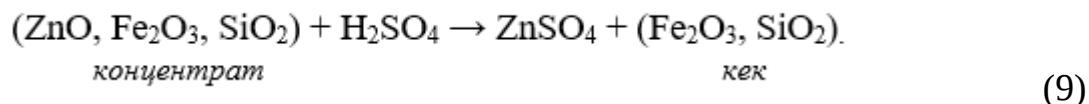
Для достижения координационного числа четыре во внутреннюю сферу аммиачных комплексов цинка помимо аммиака входят молекулы воды: $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_n(\text{H}_2\text{O})_{4-n}]^{2+}$, где n – число молекул аммиака координируемое металлом в аммиакате.

Область существования того или иного комплекса будет определяться общей константой его устойчивости и концентрацией свободного аммиака, зависит от температуры и концентрации комплексообразующего агента.

1.3 Получение продуктивных цинксодержащих растворов

Получение продуктивных цинксодержащих растворов обычно реализуется методом выщелачивания с химической реакцией. При этом цинк переходит из малорастворимого соединения в хорошо растворимую форму, чему способствует выбор природы растворителя и технологические условия процесса выщелачивания – температура, концентрация, гранулометрический состав растворяемого цинксодержащего сырья или вторичных материалов, а также выбор аппаратуры и методов интенсификации процесса выщелачивания.

Наиболее часто получение цинксодержащих растворов основано на растворении оксида цинка, входящего в состав обожженных концентратов, в растворе серной кислоты. Схематически указанный процесс выщелачивания цинка можно записать в виде [16]:



То есть в водный раствор цинк в этом случае переходит в виде катиона цинка, противоионом является сульфат-ион.

При выщелачивании растворами щелочей и аммиачной воды, реакции растворения цинка можно представить в виде [17]:



1.4 Применение ионного обмена в металлургии цинка

Ионный обмен в металлургическом производстве применяется в настоящее время в трех основных направлениях:

- 1) получение и разделение металлов;
- 2) очистка производственных и сточных растворов;
- 3) извлечение металлов из рудничных вод [18].

В получаемых растворах довольно часто концентрация цинка мала, кроме того, при производстве цинка образуются промывные и сточные воды, которые также содержат различные соединения цинка. Поэтому применение ионного обмена для извлечения цинка из таких растворов может оказаться наиболее приемлемым методом, поскольку одновременно можно повысить концентрацию цинка в растворе и сделать его пригодным для последующей переработки.

Ионный обмен проводят методом последовательного пропускания раствора через ионообменные аппараты, наполненные соответствующим ионитом. Для последующего процесса десорбции металлов из ионитов (элюирование) пользуются растворами реагентов с высокой концентрацией ионов, которые в сорбенте в процессе сорбции были замещены. Металл при этом переходит в десорбат (концентрированный по металлу раствор – элюат), а сорбент после промывки может быть направлен снова в голову процесса.

Десорбаты обычно имеют концентрацию металла в десятки и даже в сотни раз выше, чем в исходных продуктивных, оборотных или сточных растворах. Общая схема ионообменного извлечения металлов представлена на рисунке 1.

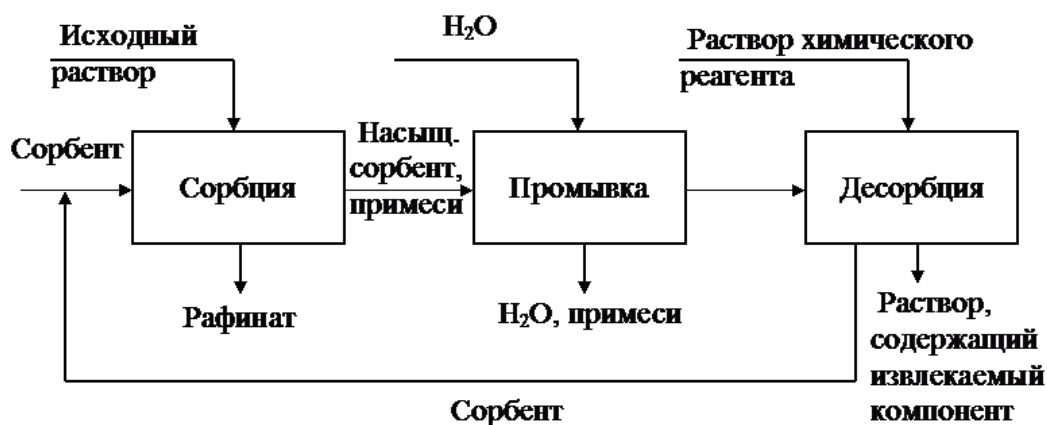


Рисунок 1 – Общая схема сорбционного извлечения металлов [19]

Известны примеры сорбционного извлечения ионов цинка из кислых хлоридных растворов, применяемой в цветной и черной металлургии, а также для очистки промышленных и бытовых стоков. В частности, имеются примеры применения следующих полимерных ионообменных смол и неорганических сорбентов:

1) использование анионообменной смолы марки АМ-2б для разделения цианистых комплексов цветных (в том числе цинка) и благородных металлов при сорбции из рудных пульп сложного солевого состава;

2) применение амфолита марки АМП для предварительной очистки сернокислых никелевых электролитов от цинка при содержании цинка в электролите 10-30 мг;

3) ионный обмен на смоле марки АМП, применяемый для очистки сернокислых никелевых электролитов от цинка при содержании цинка в электролите 0,025 г/дм³;

4) применение органических катионообменников КУ-2х8 и Lewatite для сорбционной очистки карьерных растворов месторождения медно-цинковых руд от меди, цинка, железа, кальция и магния [20];

5) применение неорганических природных сорбентов (цеолитов) для извлечения цинка из поверхностных, подземных вод и сточных вод металлургических предприятий, при которой достигалась степень очистки до 99,0 % [20].

Выводы:

1) анализ литературных данных по состоянию цинка в водных растворах позволяет сделать вывод, что к числу перспективных методов гидрометаллургической переработки цинксодержащих руд и концентратов можно отнести как кислотное, так и щелочное и аммиачное выщелачивание;

2) в водных растворах в зависимости от концентрационных и температурных условий и применяемого растворителя образуются определенные растворимые формы металла: катионы цинка, гидроксо- и аминокомплексы цинка с координационными числами от 1 до 8, цинкаты;

3) форма нахождения металлов в водном растворе определяет выбор ионообменника, который может быть использован для извлечения и (или) концентрирования цинка в водных растворах;

4) в качестве ионообменных материалов можно использовать как синтетические ионообменники (катиониты, амфолиты и аниониты), так и неорганические сорбенты, например, цеолиты;

5) для эффективной сорбции можно использовать также хелатообразующие ионообменные смолы, которые позволяют повысить селективность извлечения цинка.

2 Экспериментальная часть

2.1 Исходные материалы и реагенты

Все неорганические реактивы, использованные в работе, имели квалификацию «хч», «чда», «осч» и «чистый для спектрального анализа»

При изучении сорбции цинка использовали «крепкие» растворы с концентрацией металла до 5 г/л, которые готовили растворением металлического цинка квалификации «чда» в концентрированном растворе соляной кислоты. Из полученных растворов путем разбавления готовили модельные растворы для сорбции цинка с содержанием 10-500 мг/дм³ цинка.

Необходимое значение рН растворов поддерживали добавлением гидроксидов натрия, аммония или соляной кислоты. Для подавления гидролиза ионов цинка и обеспечения постоянной ионной силы [21] в раствор вводили нитрат аммония.

Синтез аминифенольного сорбента производили в Институте химических наук имени Б.А. Бектурова методом поликонденсации с использованием формальдегида, ацетона, гидрохинона и гексаметилендиамина.

2.2 Методика выполнения анализов и исследований

Для определения микроколичеств металлов использовали фотоколориметрические (ГОСТ 14047.10–78, ГОСТ 14048.3–78) [22,23], основанные на определении светопоглощения окрашенных соединений. Анализ проводили на фотоэлектроколориметре марки КФК-3М, точность методов – 1,5-2 %.

Кроме фотоколориметрических методов анализа, для определения микроколичеств цинка в водных растворах применяли атомно-абсорбционный метод (ГОСТ 14047.2–78, ГОСТ 14047.11–78). Анализ проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС–ИН. Концентрацию цинка определяли по калибровочным графикам, снятым с использованием стандартных растворов с концентрацией в них цинка 1 г/л, по специальной методике [24]. Растворы для снятия калибровочных графиков готовили путем разбавления стандартных растворов до концентрации металла 1-100 мг/л. Относительная ошибка определения составила 5 %.

Для определения наличия и природы функциональных групп аминифенольного сорбента применяли метод ИК-спектроскопии. Спектры поглощения исследуемых материалов снимали в области основных частот валентных и деформационных колебаний предполагаемых функциональных групп сорбента. Измерения проводили на двухканальном спектрофотометре Specord M-80 в диапазоне волновых чисел 400–4000 см⁻¹.

При ИК-спектроскопическом анализе сорбента навески массой 10–15 мг измельчали в порошок размером частиц не более 5 мкм и смешивали с вазелиновым маслом. Полученную суспензию помещали между двумя окнами

кюветы из кварца. Дополнительно синтезированные полимеры фотометрировали в виде таблеток, растертых и запрессованных с бромидом калия. Перед анализом бромид калия и полученные синтетические материалы высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре не более 105 °С.

Взвешивание материалов и реагентов осуществляли на аналитических электронных весах марки ВЛА-200 с точностью $\pm 0,0001$ г.

Плотность растворов измеряли с помощью пикнометров объемом 5 и 10 см³ при температуре 20 °С $\pm 0,1$ °С или ареометров АОН–1. Относительная погрешность измерений составляла 0,1 %.

Величину рН водных растворов определяли с помощью иономера рН150М со стеклянным и хлорсеребряным электродами. Настройку прибора производили по стандартным буферным растворам. Точность определения рН составляла 0,05 единиц. Контроль и измерение температуры производили с помощью ртутных термометров.

При исследовании сорбции цинка на аминафенольном сорбенте навеску влажного ионита в пересчете на 0,1 г сухой массы помещали в стакан, заливали 0,5 л раствора с заданным значением рН среды, содержанием металлов в нем около 100 мг/л и перемешивали на магнитной мешалке в течение 24 ч, после чего ионит отфильтровывали и производили анализ полученного фильтрата [25].

Все результаты измерений и исследований получены при использовании поверенных приборов и средств измерения усреднением данных не менее чем в трех параллельных опытах. Дисперсия единичных опытов, взятых для обработки, не превышала 2 %.

2.3 Исследование структуры нового аминафенольного сорбента методом ИК-спектроскопии

Синтезированные смолы были проанализированы ИК-спектроскопическим методом анализа, который является одним из наиболее информативных для изучения структур полимеров и полимерных композиций [15-18].

В ИК-спектре аминафенольного сорбента (рисунок 2), синтезированного на основе гидрохинона, присутствуют сильные полосы поглощения при 1620 и 1460 и плечо около 1580 см⁻¹, свидетельствующие о возможном наличии три- и тетразамещенных ароматических соединений. Полосы поглощения в области 800-860 см⁻¹ и слабая полоса около 1100 см⁻¹ подтверждают наличие три- и тетразамещений.

О наличии связей – С_{арил}-N и – С_{алиф}-N можно судить по сильной полосе поглощения при 1384 см⁻¹. Поглощение при 1440 см⁻¹ можно отнести к деформационным колебаниям –NH-групп полимера.

Широкая размытая полоса в области 3350-3300 см⁻¹ свидетельствует о наличии межмолекулярных водородных связей и ОН-групп, в структуре поли-

мера. Полосу деформационных колебаний ОН-групп при 1200 см^{-1} в спектре не наблюдали. О вступлении формальдегида в реакцию поликонденсации с гидрохиноном свидетельствует сильная полоса при 2970 см^{-1} , относящаяся к валентным колебаниям алифатических –СН-групп, и полоса средней интенсивности при 1440 см^{-1} , ответственная за деформационные колебания метиленовых групп.

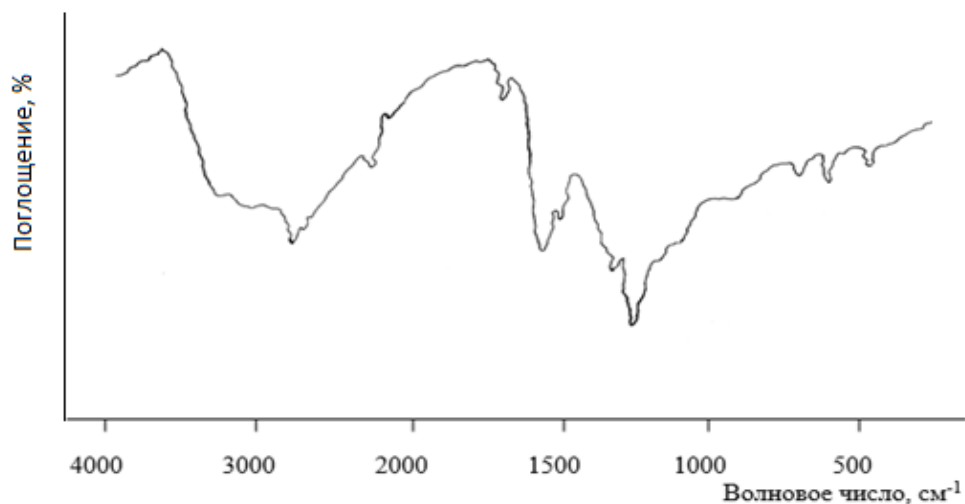


Рисунок 2 – ИК-спектр аминифенольного сорбента, синтезированного на основе гидрохинона

Следовательно, в структуре смолы 3 присутствуют три- и тетразамещенные гидрохиноновые звенья, соединенные между собой метиленовыми мостиками и вторичными аминогруппами. В структуре полимера отмечается наличие ОН-групп.

На основании данных ИК-спектроскопического и элементного анализов можно предположить структурную формулу полимера на основе гидрохинона, представленную на рисунке 3.

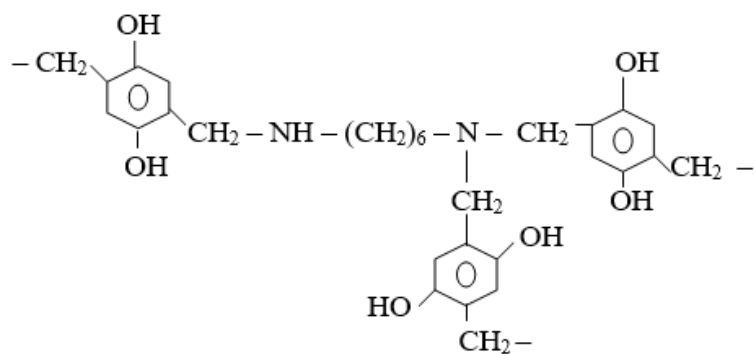


Рисунок 3 – Структурная формула аминифенольного сорбента на основе гидрохинона

Как видно, в молекуле присутствуют все структурные элементы, установленные в результате ИК-спектроскопии: –ОН и –NH-группы, тетразамещенные ароматические звенья, алифатические –СН-группы, С–N<связи. Кроме отраженных в формуле вторичных аминогрупп, возможно наличие групп –NH₂, которые могут являться концевыми в цепи полимера.

2.4 Изучение физико-механических свойств нового аминифенольного сорбента

Основными физико-механическими свойствами ионообменных материалов являются: насыпная масса, влажность, набухаемость и химическая стойкость. Перед определением названных характеристик полимер для придания ему ионообменных свойств обрабатывали 5 % раствором NaOH, а затем растворами HNO₃ возрастающей концентрации (от 1 до 10 %), промывали дистиллированной водой и сушили на воздухе в течение 24 ч («воздушно-сухие» иониты). Полное высушивание ионитов до постоянной массы проводили при температуре 90-95 °С («сухие» иониты). Обработку полимеров и определение их физико-механических свойств проводили по стандартным методикам [26-27].

Влажность ионитов находили по формуле:

$$W = \frac{P_{\text{вл}} - P_{\text{с}}}{P_{\text{вл}}} \cdot 100, \quad (12)$$

где W – влажность ионита, %;

$P_{\text{с}}$ – масса сухого ионита, г;

$P_{\text{вл}}$ – масса влажного ионита, г.

Насыпную массу ионитов вычисляли в соответствии с выражением:

$$B_{\text{н}} = \frac{P}{V}, \quad (13)$$

где $B_{\text{н}}$ – насыпная масса ионита, г/см³;

P – масса ионита, г;

V – объем ионита, см³.

Эффективность ионного обмена на ионитах определяется степенью ионизации ионогенных групп, характером раствора и структурой макромолекул ионита.

Решающее значение для ионообменного процесса имеет проницаемость зерен смолы для сорбируемых ионов и ионов вытеснителя, так как от нее зависит доступность ионогенных групп. Проницаемость можно характеризовать величиной удельного объема набухшего ионита и его набу-

хаемостью [28].

Для определения удельного объема набухшего ионита и его набухаемости в воде навеску сухого полимера (1 г) помещали в цилиндр, измеряли его объем, уплотняя постукиванием до постоянного значения, и заливали дистиллированной водой, затем также определяли первоначальный объем полимера, помещенного в воду. Цилиндр встряхивали и оставляли в горизонтальном положении на 1 сутки, затем переводили в вертикальное положение и, также постукивая, измеряли объем набухшего полимера. Значение удельного объема набухшего ионита вычисляли следующим образом:

$$q = \frac{V}{P_0}, \quad (14)$$

где q – удельный объем набухшего ионита, см³/г;

V – объем набухшего ионита, см³;

P_0 – масса сухого ионита, г.

Найденные физико-механические характеристики аминифенольного сорбента представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические свойства аминифенольного сорбента на основе гидрохинона

Свойство	Вид ионита		
	влажный	сухой	набухший
Масса, г	10,00	5,692	23,157
Влажность	43,08	43,08	43,08
Объем, г/см ³	17,1	13,4	28,4
Насыпная масса, г/см ³	0,585	0,425	-
Удельный объем см ³ /г	-	-	4,99

2.5 Изучение сорбции цинка из модельных растворов на новом аминифенольном сорбенте

Сорбционное извлечение металлов в значительной степени зависит от состояния их ионов в растворе, которое, прежде всего, определяется значением pH среды [29,30]. Изучение влияния pH растворов на сорбцию металлов проводили по методике, предложенной в работе [29].

Необходимое значение pH среды поддерживали добавлением в систему натриевой щелочи. Для подавления гидролиза ионов цветных металлов [30] и повышения селективности их сорбционного извлечения из щелочных растворов применяли аммиак как активный комплексообразователь в присутствии нитрата аммония. Нитрат аммония в количестве ~ 20–50 г/дм³ использовали для поддержания постоянной ионной силы раствора. В таких растворах цинк существует в нескольких катионных формах, находящихся в равновесии, в частности в виде гидроксо- и аммиачных комплексов $[ZnOH]^+$, $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ и

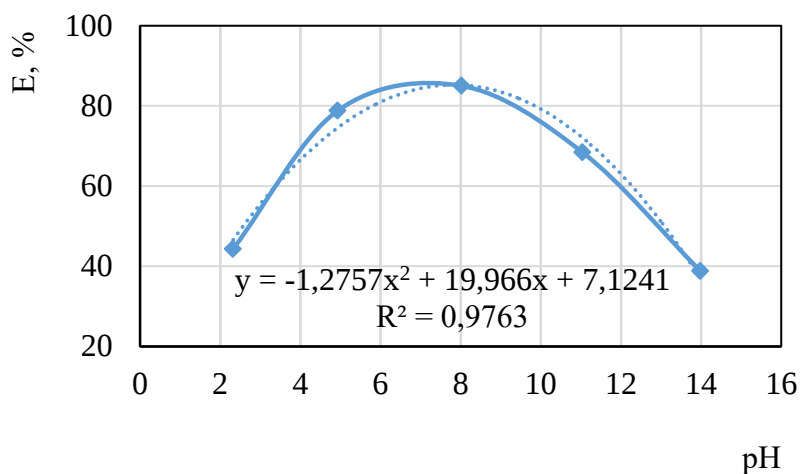
др.).

В случае сорбции цинка из кислых растворов (например, из солянокислого раствора), процесс ионного обмена может протекать по стандартной реакции (1).

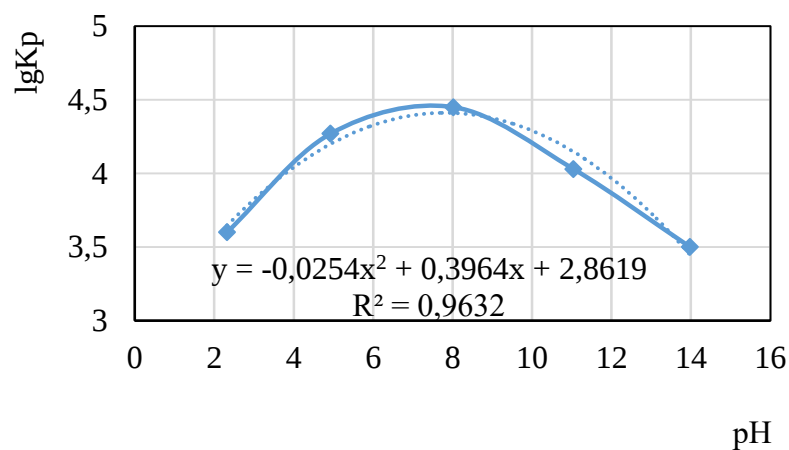
Исходя из предварительных исследований, сорбцию цинка из растворов изучали, используя термически обработанные полимеры. Результаты сорбции цинка из растворов с различным значением pH приведены в таблице 3 и на рисунке 3, из которых видно, что полученные зависимости имеют экстремальный характер и максимум извлечения цинка приходится на нейтральную и слабощелочную область – pH = 6-8.

Таблица 3 – Влияние pH раствора на показатели сорбции ионов цинка аминофенольным сорбентом

Опыт	pH _{исх}	C _{равн} , мг/л	K _p , см ³ /г	lg K _p	COE, мг/г	E, %
1	2,32	63,2	3975,45	3,60	251,25	44,3
2	4,93	24,1	18529,17	4,27	446,55	78,8
3	8,02	17,0	28353,97	4,45	482,02	85,0
4	11,14	35,9	10796,99	4,03	387,61	68,4
5	13,98	69,5	3162,30	3,50	219,78	38,8
Примечание – V _{р-ра} = 0,5 л; C _{Zn исх} = 113,5 мг/л; τ _{сорб} = 24 часа; навеска сухого ионита m _c ~ 0,1 г; K _p – коэффициент распределения.						



а)

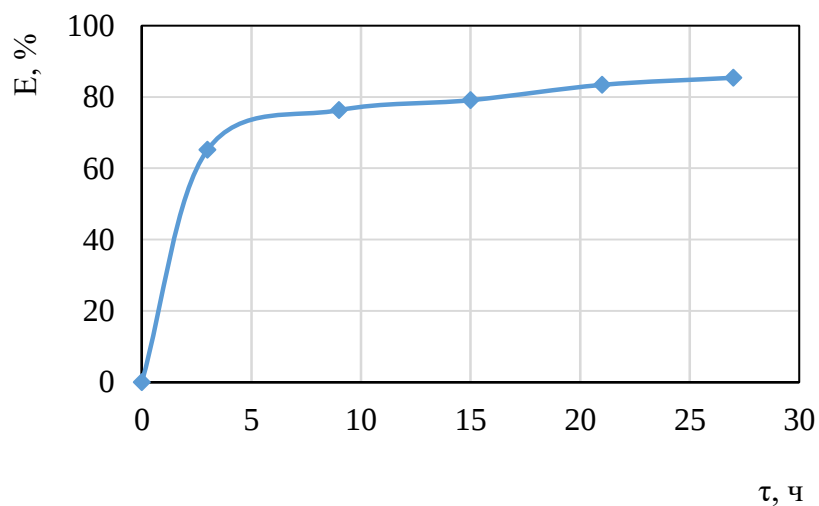


б)

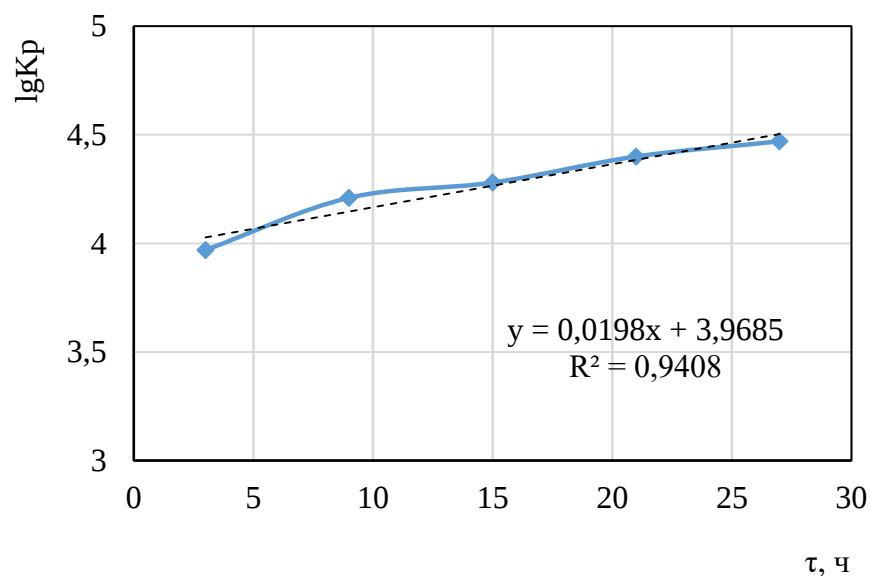
Рисунок 3 – Влияние pH исходного раствора на извлечение (а) и логарифм коэффициента распределения (б) при сорбции цинка новым аминфенольным сорбентом

Таблица 4 – Зависимость показателей сорбции ионов цинка на аминфенольном сорбенте от продолжительности процесса

τ , ч	$C_{\text{равн}}$, мг/л	K_p , см ³ /г	$\lg K_p$	COE, мг/г	ε , %
3	40,0	9403,13	3,97	376,13	65,2
9	27,3	16110,46	4,21	439,82	76,3
15	24,0	19015,21	4,28	456,37	79,1
21	19,1	25180,03	4,40	480,94	83,4
27	16,8	29313,87	4,47	492,47	85,4
Примечания: $V_{\text{р-ра}} = 500 \text{ см}^3$; $P_c \sim 0,1 \text{ г}$; $C_{\text{Zn исх}} = 115,0 \text{ мг/дм}^3$, pH 8,64.					



а)



б)

Влияние продолжительности сорбции: а – на извлечение цинка;
б – на логарифм коэффициента распределения

Рисунок 4 – Кинетические кривые сорбции цинка на аминифенольном сорбенте

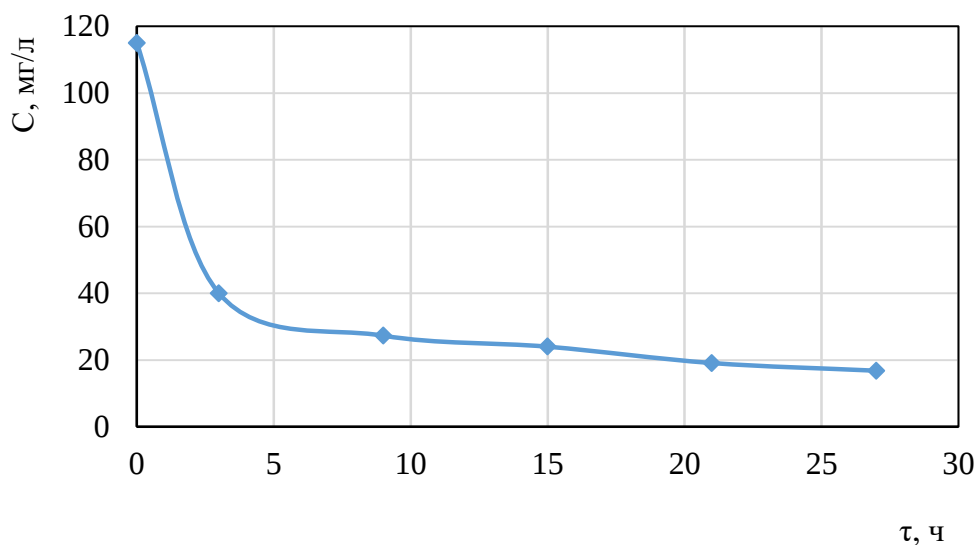


Рисунок 5 – Изменение равновесной концентрации катионов цинка в водном растворе в зависимости от продолжительности сорбции цинка на аминифенольном сорбенте

По изотермам сорбции металлов определяется полная статическая обменная емкость (СОЕ) и оценивается селективность ионита [18, 29].

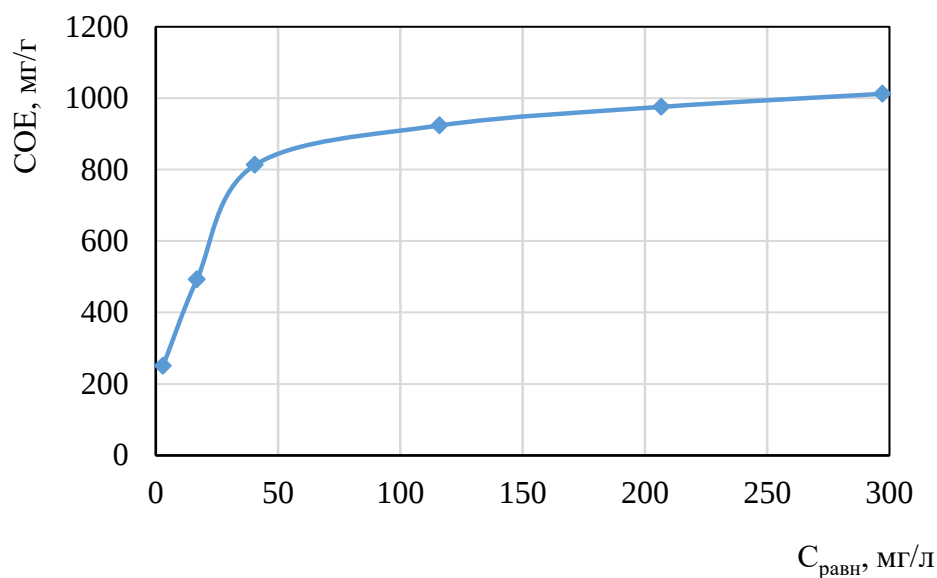
Изотермы ионного обмена были построены методом переменных концентраций [28,30]. Сорбцию проводили, заливая равные навески ионита (0,1 г) одинаковыми объемами цинксодержащих растворов разной концентрации (0,5 л) и оставляя их в контакте с раствором на 27 часов. Значение рН растворов при сорбции цинка поддерживали в интервалах 6-8. Изотермы сорбции и

зависимости коэффициентов распределения цинка от исходной концентрации металла в растворе представлены в таблице 5 и на рисунке 6, а.

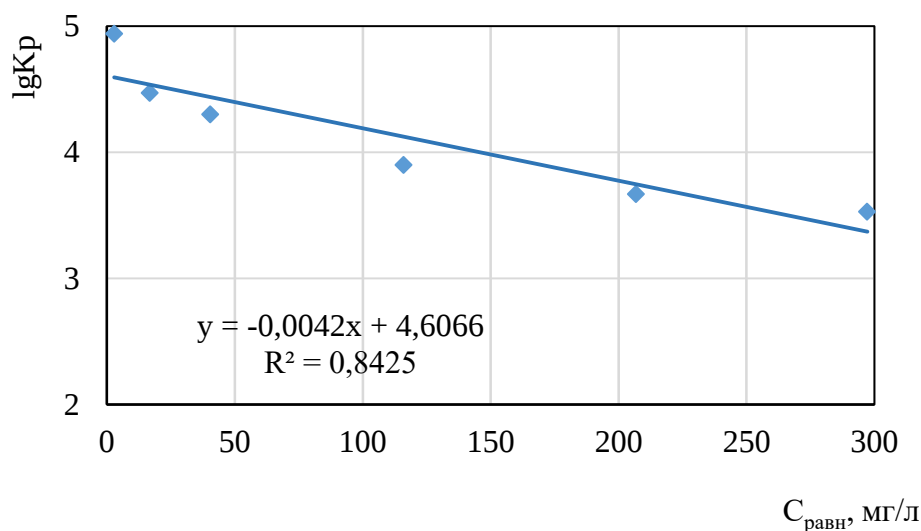
Таблица 5 – Изотермы сорбции ионов цинка на аминфенольном сорбенте

Опыт	$pH_{исх}$	$C_{исх},$ мг/дм ³	$C_{равн},$ мг/дм ³	$K_p, \text{см}^3/\text{г}$	$\lg K_p$	СОЕ, мг/г	$\varepsilon, \%$
1	8,63	52,8	2,9	86293,44	4,94	250,25	94,6
2	8,64	115,0	16,8	29313,87	4,47	492,47	85,4
3	8,51	202,6	40,5	20072,58	4,30	812,94	80,0
4	8,56	300,2	116,0	7961,72	3,90	923,56	61,3
5	8,60	401,4	206,8	4718,47	3,67	975,78	48,5
6	8,54	499,1	297,2	3406,36	3,53	1012,37	40,4
Примечание – $V_{p-ра} = 500 \text{ см}^3$; $P_c \sim 0,1 \text{ г}$.							

Из рисунка 6 видно, что изотермы сорбции цинка на ионитах имеют выпуклую форму, что говорит об эффективности протекания сорбционного процесса и отсутствии побочных явлений.



а)



б)

Рисунок 6 – Изотермы сорбции цинка на аминифенольном сорбенте

Логарифмическая зависимость коэффициентов распределения от исходной концентрации цинка в растворе близка по форме к прямой линии, что подтверждает предположение об отсутствии при сорбции побочных явлений (рисунок 6, б).

Выводы:

1) методами ИК-спектроскопии, элементного, атомно-адсорбционного и фотоколориметрического анализов изучены основные физико-химические свойства представленного для исследований аминифенольного ионита. Показано, что физико-химические свойства ионита близки к свойствам известных поликонденсационных ионитов;

2) оценена сорбционная способность аминифенольного сорбента по отношению к ионам цинка в зависимости от условий сорбции: pH, продолжительности и концентрации цинка в исходном модельном растворе:

- установлено, что при извлечении ионов цинка наибольшая емкость достигается в области pH 6-8 и составляет 482,02 мг/г;

- оптимальной продолжительностью процесса сорбции, проводимого в статических условиях, следует признать время контакта 27 часов;

- на основании изучения влияния концентрации цинка в исходном растворе на показатели сорбции получены изотермы сорбции цинка на аминифенольном сорбенте, форма которых говорит об эффективности сорбции и отсутствии побочных процессов;

3) полученные данные ИК-спектроскопического и элементного анализов позволили составить примерную структурную формулу предложенного для исследований аминифенольного сорбента.

3 Расчет затрат на проведение исследований

К затратам на проведение исследований относятся затраты на основные и вспомогательные материалы, затраченная электроэнергия, вода и заработная плата сотрудникам.

Рассчитаем амортизационные отчисления для оборудования лаборатории (таблица 6). Норму (H_a), следовательно, и суммы амортизации будем определять по сроку службы оборудования (B):

$$H_a = \frac{100}{B}. \quad (15)$$

Таблица 6 - Амортизационные отчисления

Наименование оборудования	Срок службы, лет	Количество	Цена, тг	Годовая стоимость, тг	H_a , %	Годовая сумма амортизации, тг
Спектрофотометр ПЭ-5300ВИ	10	1	443250	443250	10	44325
ИК- спектрофотометр Specord M-80	10	1	1250000	1250000	10	125000
Итого:				1693250		169325

Таким образом, общая стоимость оборудования составляет 1693250 тг. За год сумма амортизационных отчислений за оборудование составит 169325 тг.

Рассчитаем затраты на основные и вспомогательные материалы, используемые непосредственно для проведения эксперимента, а также для проведения химических анализов (таблица 7).

Таблица 7 - Затраты на основные и вспомогательные материалы

Наименование материалов	Расход материалов	Стоимость единицы, тг	Общая стоимость, тг
Цинк, кг	0,5	600	300
Дистиллированная вода, л	50	25	1250
Аммиак, л	0,1	1800	180
Серная кислота, л	0,2	800	160
Аминофенольный сорбент, кг	0,1	9000	900
Фильтровальная бумага, упак.	2,0	700	1400
Коническая колба, шт.	10	300	3000
Пипетка, шт.	5	200	1000
Стакан, шт.	10	380	3800

Продолжение таблицы 7

Наименование материалов	Расход материалов	Стоимость единицы, тг	Общая стоимость, тг
Мерная колба (1000 мл), шт.	1	1200	1200
Бутыль (1000 мл), шт.	2	850	1700
Мензурка, шт.	2	200	400
Мерный цилиндр, шт.	1	300	300
Итого:			15590

Таким образом, затраты на основные и вспомогательные материалы при выполнении дипломной работы составляют 15590 тг.

Расход холодной воды рассчитывается на 30 опытов. В среднем на один опыт расходуется 3 л воды, на 30 опытов соответственно расходуется 90 л воды. Расход воды на мытье химической посуды составляет 1 м³. Общий расход холодной воды составит 1,09 м³. Тариф на холодную воду и канализацию составляет 51,84 тенге, тогда потребление холодной воды с учетом затрат на канализацию будет составлять

$$З_3 = 1,09 \cdot 51,84 \approx 56,50 \text{ тг.} \quad (16)$$

Расчет заработной платы и социальных отчислений произведен для руководителя дипломной работы и представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Расходы на заработную плату и начисления (З₄)

Количество работающих	Заработная плата на 1 дипломную работу, тг	Социальные отчисления (21 %), тг	Начисления в фонд занятости (2 %), тг	Всего, тг
1	3000,0	630,0	60,0	3690,0

Затраты на электроэнергию. В данной работе электричество потребляют спектрофотометр ПЭ-5300ВИ и ИК- спектрофотометр Specord M-80. Затраты на электроэнергию приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Мощность, кВт/ч	Время работы, ч	Количество затраченной электроэнергии, кВт	Тариф на электроэнергию, тг	Затраты на электроэнергию, тг
Спектрофотометр ПЭ-5300ВИ	1	50	50	16,83	841,5
ИК- спектрофотометр Specord M-80	1	50	50		841,5
Итого З ₂ :					1683,0

Расчет общей суммы затрат произведем по формуле (13) и сведем все затраты в таблицу 10:

$$Z_{\text{И}} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5, \quad (17)$$

где $Z_{\text{И}}$ - общая себестоимость исследования;

Z_1 - затраты на основные и вспомогательные материалы;

Z_2 - затраты на электроэнергию;

Z_3 - затраты на холодную воду;

Z_4 - затраты на заработную плату;

Z_5 - амортизационные отчисления.

Таблица 10 - Общие затраты на научно-исследовательскую работу

Наименование затрат	Сумма затрат, тг
Основные и вспомогательные материалы (Z_1)	15590,00
Электричество (Z_2)	1683,00
Холодная вода и канализация (Z_3)	56,50
Заработная плата (Z_4)	3690,00
Амортизационные отчисления за год работы (Z_5)	169325,00
Итого (З):	190344,50

Сорбция цинка новым аминофенольным сорбентом приводит к росту извлечения целевого металла, поэтому снижение себестоимости может быть определено по формуле:

$$U = Z \cdot \frac{(E_1 - E_2)}{E_1}, \quad (18)$$

где Z – затраты на исследования;

E_1 – средняя степень извлечения цинка из водного раствора при сорбции катионитом КУ-2-8, %; $E_1 = 90,3$;

E_2 – степень извлечения меди из водного раствора при экстракции новым фенолсодержащим экстрагентом, %; $E_2 = 96,3$.

$$U = 190344,50 \cdot (96,3 - 90,3) / 90,3 = 12648 \text{ тг.} \quad (19)$$

Срок окупаемости проекта на единицу продукции с учетом продолжительности исследований (2 месяца) рассчитываем по формуле:

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

где K – единовременные затраты;

U – изменение себестоимости.

$$T = 2 * 190344,5 / (12 * 12648) = 2,5 \text{ года.} \quad (21)$$

На основании рассчитанных данных составим таблицу основных технико-экономических показателей (таблица 11), характеризующих данную научно-исследовательскую работу.

Таблица 11 - Техничко-экономические показатели исследований

Показатели	Значения
Концентрация цинка в исходном растворе, мг/л	113,5
Концентрация цинка в фильтрате, мг/л	4,1
Извлечение цинка при сорбции, %	96,3
Затраты на исследования, тг	190344,5
Снижение себестоимости, тг	12648,0
Срок окупаемости, лет	2,5

Выводы:

- при реализации сорбции цинка новым аминифенольным сорбентом удастся повысить извлечение цинка до 96,3 %, что будет отражаться на себестоимости продукции – будет происходить ее снижение на 12648 тг;
- срок окупаемости исследований составит 2,5 года при условии эксплуатации указанного оборудования только по данной теме исследований.

4 Безопасность и охрана труда

Данная часть дипломной работы написана с учетом законов Республики Казахстан, в частности при выполнении работы соблюдался Трудовой Кодекс республики Казахстан [29].

Настоящая дипломная работа выполнялась в лаборатории спецкурсов кафедры «Металлургические процессы, теплотехника и технология специальных материалов» НАО Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева. Для выполнения аналитической части работы использовали соответствующее аналитическое оборудование. Сорбцию цинка из модельных растворов проводили с использованием сорбционной установки для проведения сорбции в статических условиях. Фильтровали водный раствор после сорбции на фильтровальной установке через бумажный фильтр «желтая лента».

Опасные зоны при выполнении работы были связаны исключительно с работой оборудования, поэтому достаточно было предупреждающих надписей о его расположении. За перемещением студентов и сотрудников, не имеющих доступа к работе с сорбционным оборудованием, следит ответственный за лабораторию.

При выполнении настоящей дипломной работы имелись следующие средства индивидуальной защиты: хлопчатобумажный халат для обеспечения защиты работающего от попадания химических реактивов на одежду и кожу, резиновые перчатки для защиты кожи рук, резиновые груши для отбора проб фильтрата и исходного раствора.

Температура в помещении соответствует требованиям для учебного заведения, естественного освещения достаточно за счет имеющихся 5 окон, в вечернее время освещение искусственное, создаваемое потолочными люминесцентными спаренными лампами (10 штук).

Дипломная работа выполнялась в соответствии с техническим регламентом «Требования к безопасности процессов металлургических производств» [30].

Поскольку сорбция относится к гидрометаллургическим процессам, то выполнялись соответствующие требования:

1) «аппаратура для переработки растворов при атмосферном давлении должна быть оснащена стационарными уровнемерами, оборудована переливными трубами, связанными с резервными емкостями или снабжена сигнализирующими устройствами, предупреждающими о переполнении аппаратов;

2) гидрометаллургические аппараты должны быть оборудованы герметичными крышками и системой отсоса паров и газов из реакционной зоны;

3) в производственном помещении гидрометаллургического передела должен осуществляться контроль за состоянием воздушной среды в рабочей зоне с помощью автоматических газоанализаторов» [30].

В настоящей работе имели место следующие опасности и вредности:

– работа с электроприборами и опасность поражения электрическим током;

– работа с химическими реактивами и опасность ожогов и отравлений.

К вредным веществам, используемым в работе следует отнести:

– серную кислоту;

– раствор аммиака;

– растворы солей цинка (тяжелый металл).

Токсикологическая характеристика реактивов, используемых в работе приведена в таблице 11.

Таблица 11 - Токсикологическая характеристика веществ, используемых при выполнении исследований

Наименование вещества	Агрегатное состояние	Характеристика воздействия на организм	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Серная кислота (H ₂ SO ₄)	Жидкость	Раздражает дыхательные пути, вызывает ожог кожных покровов и слизистых оболочек рта и носа	5	2
Раствор аммиака (NH ₄ OH)	Жидкость		20	4
Растворы солей цинка	Жидкость	Возможность отравления при попадании в пищеварительный тракт	5	2

Выводы:

– при выполнении исследований наблюдались вредности и опасности отравления, получения ожогов и поражения электрическим током;

– для безопасной работы использовали средства индивидуальной защиты (резиновые перчатки, хлопчатобумажный халат, сифон), работали в вытяжном шкафу при розливе кислоты и аммиака.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в настоящей дипломной работе результаты полностью соответствуют заданию, поставленным цели и задачам.

Цель, поставленная в дипломной работе, достигнута, так как экспериментально установлена возможность сорбции цинка из модельных водных растворов новым аминокфенольным сорбентом.

Задачи выполнены в полном объеме:

1) выполнен критический анализ современного состояния проблемы извлечения цинка из растворов методом сорбции, который показал, что наиболее перспективными сорбентами для извлечения цинка являются ионообменные реагенты, к категории которых можно отнести изучаемый аминокфенольный сорбент, так как установлено наличие функциональных групп, способных к обмену ионами и координации цинка в молекуле образующегося органического соединения;

2) изучены свойства и определена сорбционная способность нового аминокфенольного сорбента по отношению к ионам цинка, в частности:

- методами физико-химического анализа изучены основные свойства нового аминокфенольного ионита, такие как насыпная масса, набухаемость, влажность. Полученные данные показали близость показателей к показателям известных поликонденсационных ионитов;

- оценена сорбционная способность аминокфенольного сорбента по отношению к ионам цинка в зависимости от условий сорбции: pH, продолжительности и концентрации цинка в исходном модельном растворе;

- установлено, что при извлечении ионов цинка наибольшая емкость достигается в области pH 6-8 и составляет 482,02 мг/г;

- оптимальной продолжительностью процесса сорбции, проводимого в статических условиях, следует признать время контакта 27 часов;

- на основании изучения влияния концентрации цинка в исходном растворе на показатели сорбции получены изотермы сорбции цинка на аминокфенольном сорбенте, форма которых говорит об эффективности сорбции и отсутствии побочных процессов;

3) рассмотрен анализ опасных и вредных производственных факторов, кратко описаны меры безопасной работы при выполнении исследований, связанных с сорбционным извлечением цинка из водных растворов;

4) произведен расчет затрат на выполнение исследований в рамках настоящей дипломной работы, показано, что срок окупаемости может составить 2,5 года. В то же время, учитывая, что сорбент будет находиться в обороте, срок окупаемости может быть меньшим, чем получен при расчете.

Научная и познавательная ценность работы заключается в том, что установлено влияние ряда технологических факторов на сорбционные свойства нового аминокфенольного сорбента, показано, что сорбция протекает с высокой

степенью извлечения цинка из водных растворов и сорбент может быть использован в гидрометаллургии цинка.

Социальная ценность исследований связана с тем, что расширяется перечень ионообменных материалов, которые можно использовать для извлечения цинка из водных растворов.

В работе получены новые сведения об аминифенольном сорбенте, которые ранее не были известными.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мошинский Л. Эпоксидные смолы и отвердители (структура, свойства, химия, топология отверждения). – Тель-Авив: Аркадия пресс Лтд, 1995. – 370 с.
- 2 Орехова Н.Н. К вопросу о механизме ферритизации при гальванокоагуляционном извлечении меди // Современные проблемы обогащения и глубокой комплексной переработки минерального сырья: материалы Международного совещания «Плаксинские чтения – 2008». – Владивосток: Изд-во ТАНЭБЖ, 2008. – Ч. 1. – С. 346–348.
- 3 Шадрунова И.В. Извлечение цветных металлов из гидроминеральных ресурсов: теория и практика. – Магнитогорск, ООО «МиниТип», 2009. – 180 с.
- 4 Воробьев А.Е. Научно-методические основы управления качеством сырья в техногенных минеральных объектах с использованием геохимических барьеров: Дис.д-ра техн. наук. – М.: 1996. – 385 с.
- 5 Виноградова О.О., Погорелов В.И., Феофанов В.А. Применение гальванокоагуляции для очистки промышленных сточных вод // Цветные металлы. – 1993. – № 11. – С. 59–60.
- 6 Нецадин С.В. Эколого-химические аспекты гальванокоагуляционного метода очистки производственных сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов: Дис. канд. хим. наук. – Москва, 2004. – 141 с.
- 7 Сухан В.В. Экстракция и применение в анализе разнолигандных комплексов металлов с алифатическими монокарбоновыми кислотами и органическими азотсодержащими основаниями: Автореферат дис... д-ра хим. наук. – Киев. – 1990. – 48 с.
- 8 Ионообменное разделение металлов на анионите. – Материалы сайта: <https://helpiks.org/5-91186.html>. Дата посещения 04.04.2019.
- 9 Валиев Х.Х., Романтеев Ю.П. Металлургия свинца, цинка и сопутствующих металлов. – Алматы: ИИА «Айкос», 2000. – 441 с.
- 10 Пономарева Е.И. Исследования по гидрометаллургии тяжелых цветных и редких металлов / Дис... д-ра техн. наук. – Алма-Ата: ИМиО АН КазССР, 1971.
- 11 Сейдалы А.С. Современное состояние и перспективы развития свинцово-цинковой отрасли Казахстана: Аналитический обзор. – Алматы: КазгосИНТИ, 2000. – 38 с.
- 12 Зеликман А.Н., Вольдман Г.М., Беляевская Л.В. Теория гидрометаллургических процессов. – М.: Metallurgy, 2002. – 424 с.
- 13 Пономарев В.Д., Соловьева В.Д., Пономарева Е.И. Растворимость в системе $PbO-ZnO-Na_2O-H_2O$ / Избранные тр. Т.III. Химия и технология тяжелых цветных металлов. – Алма-Ата: Наука, 1975. – С. 233-237.
- 14 Гринберг А.А. Введение в химию комплексных соединений. – Л.: Химия, 1971. – 632 с.

- 15 Бьеррум Я. Образование амминов металлов в водном растворе. Теория ступенчатых реакций. – М.: ИЛ, 1961. – 308 с.
- 16 Миронов В.Е., Пашков Г.Л., Ступко Т.В., Пашков Д.Г. Аммиачная гидрометаллургия. – Новосибирск: Наука, 2001. – 196 с.
- 17 Чалкова Н.Л., Чалков Д.А. Извлечение цинка из модельной воды сорбционными и гальванокоагуляционными методами. // Вестник МГТУ им. Г. И. Носова. 2008. – № 3. – С. 79-82.
- 18 Набойченко С.С., Пинигин В.К., Худяков И.Ф. О селективном извлечении цинка при автоклавном выщелачивании медно-цинковых материалов // Цветные металлы. – 1972. – № 8. – С. 20–23.
- 19 Сорбция – Материалы сайта: <https://bib.social/prirodnih-resursov-obogaschenie/142-sorbtsiya-97138.html>. Дата посещения 15.02.2019 г.
- 20 Паршина И.Н., Стряпков А.В. Сорбция ионов металлов органическими катионитами из карьерных растворов. // Вестник Оренбургского государственного университета. – Вып. №5. – 2003. – С. 107-109.
- 21 Струнникова Н.А. Влияние концентрации ионов металла и расхода цеолита на скорость сорбции ионов цинка. – Материалы сайта: http://www.rusnauka.com/31_PRNT_2008/Chimia/36516.doc.htm. Дата посещения 15.02.2019 г.
- 22 Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1989. – 448 с.
- 23 Анализ минерального сырья / Под ред. Книпович Ю.Н., Морочевского Ю.В. – Л.: Госхимиздат, 1959. – 1053 с.
- 24 Инструкция по определению элементов в различных технологических продуктах и полупродуктах цветной металлургии атомно-абсорбционным методом и эмиссионным методом на спектрофотометре «AAS-ИН» (Карл Цейс ГДР). – Алматы: ИМиО АН КазССР, 1986. – 32 с.
- 25 Сорбционное извлечение ценных компонентов из природных вод и технологических растворов / Методические рекомендации № 15. – М.: ВИМС, 1981. – 35 с.
- 26 Салдадзе К.М., Пашков А.Б., Титов В.С. Ионообменные высокомолекулярные соединения. – М.: Госхимиздат, 1960. – 246 с.
- 27 Салдадзе К.М., Копылова В.Д. Комплексообразующие иониты. – М.: Химия, 1980. – 320 с.
- 28 Гриссбах Р. Теория и практика ионного обмена. – М.: Химия, 1963. – 500 с.
- 29 Кунаев А.М., Дадабаев А.Ю., Тарасова Э.Г. Ионообменные процессы в гидрометаллургии цветных металлов. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 248 с.
- 30 Лебедев К.Б., Казанцев Е.И., Розманов В.М., Пахолков В.С., Чемезов В.А. Иониты в цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1975. – 352 с.