

**ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ**

*На правах рукописи*



**УДК 546.621**

**КУРБОНОВА Хуринисо Рахмоновна**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВМЕСТНОЙ  
ПЕРЕРАБОТКИ СИАЛЛИТОВ И ЗОЛЫ УГЛЕЙ С ОТХОДАМИ  
ШЛАМОВЫХ ПОЛЕЙ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**05.17.01 – технология неорганических веществ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата химических наук

Душанбе – 2018

Работа выполнена в лаборатории «Минерально-сырьевые ресурсы и экологические проблемы» Научно-исследовательского института и на кафедре прикладной химии химического факультета Таджикского национального университета.

**Научные  
руководители:**

доктор технических наук, доцент  
**Рузиев Джура Рахимназарович**

кандидат технических наук  
**Сафиев Алишер Хайдарович**

**Официальные  
оппоненты:**

доктор химических наук, главный научный  
сотрудник лаборатории «Химии гетероцик-  
лических соединений» Института химии им.  
В.И. Никитина АН Республики Таджикистан  
**Усманов Рахматжон**

кандидат химических наук, старший научный  
сотрудник Отдела науки и инноваций Филиала  
Московского государственного университета  
им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе  
**Мирзоев Бодур**

**Ведущая организация:**

Кафедра «Общей и неорганической химии»  
факультета инновационных технологий  
Таджикского технического университета  
им. акад. М.С. Осими

Защита состоится 6 марта 2019 года в 9<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-007 при Институте химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан по адресу: 734063, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2. E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Института химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан [www.chemistry.tj](http://www.chemistry.tj)

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 года

**Учёный секретарь  
диссертационного совета,  
доктор химических наук, доцент**



**Обидов З.Р.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность диссертационной работы.** Отрасль металлургии цветных металлов в настоящее время является одной из динамично развивающихся производств алюминия. За последние двадцать лет объём данного производства увеличился практически вдвое. Мировой экономический кризис внёс свои коррективы (снизилось производство и потребление, закрыты ряд предприятий), но, учитывая уникальные свойства алюминия и его сплавов, можно с уверенностью сказать, что металл будет востребован во всё возрастающем объёме, как и соединения на его основе: глинозём, коагулянты, катализаторы и др.

Перед Государственным унитарным предприятием «Гаджикская алюминиевая компания» (ГУП «ТалКо») и его руководством поставлены важные задачи – обеспечить на бесперебойной основе процесс производства алюминия местным сырьём из местного глинозём- и углеродсодержащего минерального сырья: нефелиновых сиенитов месторождения Турпи, ставролит-мусковитовых руд месторождения Курговат, углей и каолиновых глин месторождений Зидды и Фан-Ягноб, антрацитов месторождения Назар-Айлок.

В связи с этим, совместная переработка сиаллитов и золы углей Таджикистана с отходами шламовых полей газоочистки ГУП «ТалКо» для получения исходных сырьевых компонентов для электролитического способа получения алюминия, глинозёма, а также криолит-глинозёмного концентрата (КГК) методом спекания являются актуальными задачами для ГУП «ТалКо». Планируемых научных исследований в области совместной переработки золы углей и углерод-, фторсодержащих отходов производства алюминия и востребованностью прогнозируемых результатов ведущими предприятиями республики, за счет применения комплексной, экологически привлекательной технологии переработки отходов с получением ценных видов сырья и материалов при минимальных транспортных и энергетических расходах.

Актуальность диссертационной работы обосновывается необходимостью такого рода исследований и вызвана тем, что предложенные способы совместной переработки золы и золошлаков, образующихся из углеродсодержащего сырья при производстве синтез-газа на ГУП «ТалКо» и ТЭЦ-2 г. Душанбе и отходов шламовых полей ГУП «ТалКо» спекательным способом позволят получить глинозём, криолит глинозёмного концентрат и гидроксид алюминия, являющийся сырьём для производства криолита и фторида алюминия.

**Объект исследования** – сиаллитов Зиддинского месторождения, золы и золошлаков, образующихся из углеродсодержащего сырья при производстве синтез-газа на ГУП «ТалКо» и ТЭЦ-2 г. Душанбе и отходов шламовых полей ГУП «ТалКо».

**Цель работы.** Изучение технологических основ совместной переработки сиаллитов и золы углей Таджикистана с компонентами отходов

шламовых полей газоочистки алюминиевого производства спекательными способами с получением глинозёма и концентрата, содержащего криолит и глинозём.

Поставленная цель исследований реализуется с помощью решения **следующих основных задач:**

- определение химико-минералогического состава сиаллитов месторождения Зидды и золы углей Таджикистана;

- установление оптимальных режимов и зависимости влияния различных физико-химических факторов на спекание содержащихся в шихте каолиновых сиаллитов и золы углей Таджикистана с отходами шламовых полей алюминиевого производства;

- изучение кинетики процессов, анализ термодинамических расчётов, протекающих при спекании содержащихся в шихте сиаллитов, золы углей с отходами шламовых полей алюминиевого производства;

- установление основных факторов, влияющих на выход основных компонентов из шихты, доли золы углей, шлама газоочистки и сульфатсодержащей смеси шайрерита и буркеита;

- изучение физико-химических свойства глинозёма, концентрата, содержащего криолит и глинозём, получаемого спекательным способом из сиаллитов и золы углей с отходами шламовых полей алюминиевого производства, содержащих шайрерит, буркеит;

- физико-химический анализ исходной шихты исследование спека, образующегося в ходе её переработки;

- разработка принципиальной технологической схемы по получению криолит-глинозёмной смеси и глинозёма из сиаллитов, золы углей и отходов шламовых полей производства алюминия, содержащих шайрерит и буркеит.

#### ***Научная новизна работы.***

1. Установлены основные физико-химические характеристики получения криолит-глинозёмных концентратов и глинозёма из сиаллитов Зиддинского месторождения и отходов шламовых полей ГУП «ТАЛКО», содержащих шайрерит, буркеит, спекательным способом.

2. Определены физико-химические параметры совместной переработки золы углей с отходами шламовых полей алюминиевого производства, содержащих шайрерит, буркеит, с целью разработки технологии получения криолит-глинозёмного концентрата и глинозёма методом спекания.

#### ***Практическая значимость результатов работы:***

1. Совместная переработка сиаллитов Зиддинского месторождения, золы углей Таджикистана и отходов шламовых полей ГУП «ТАЛКО», содержащих шайрерит и буркеит, методом спекания, позволили получить криолит-глинозёмный концентрат и глинозём, являющихся исходными материалами для алюминиевого производства.

2. Результаты работ отражены в акте лабораторных испытаний касательно способа получения криолит-глинозёмного концентрата, путём совместной переработки сиаллитов месторождения «Зидды» и отходов

шламовых полей газоочистки ГУП «ТАЛКо». Себестоимость полученной в лабораторных условиях 35 кг смеси криолит 2,7 раза ниже их действующей рыночной цены.

***Основные положения, выносимые на защиту:***

- результаты физико-химических исследований состава и свойств сиаллитов Зиддинского месторождения и золы углей Таджикистана, а также продуктов их переработки;

- результаты термодинамического анализа и кинетики процесса совместного спекания сиаллитов Зиддинского месторождения и золы углей Таджикистана с отходами шламовых полей алюминиевого производства ГУП «ТАЛКо»; содержащих шайрерит и буркеит;

- принципиальные технологические схемы совместной переработки сиаллитов Зиддинского месторождения и золы углей Таджикистана с отходами шламовых полей алюминиевого производства ГУП «ТАЛКо»; содержащими шайрерит и буркеит.

***Вклад автора*** заключается в постановке задачи исследования, определении путей и методов их решения, получении и обработке большинства экспериментальных данных, анализе и обобщении результатов экспериментов, формулировке основных выводов и положений диссертации.

***Апробация работы.*** Результаты диссертационной работы обсуждены на: научной конференции: «Современные проблемы естественных и социально-гуманитарных наук», посвящённой 10-летию Научно-исследовательского института Таджикского национального университета (ТНУ) (Душанбе, 2014); научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвящённой «700-летию Мир Саида Али Хамадони», «Году семьи» и Международному десятилетию действия «Вода для жизни» 2005-2015г. (Душанбе, 2015); научно-теоретической конференции: «Состояние химической науки и её преподавание в образовательных учреждениях Республики Таджикистан» (Душанбе, 2015); научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвящённой 25-летию Государственной независимости Республики Таджикистан (Душанбе, 2016); II Международной научной конференции: «Химия алифатических и циклических производных глицерина и аспекты их применения», посвящённой 75-летию памяти д.х.н., профессора, члена-корреспондента АН РТ Кимсанова Бури Хакимовича (Душанбе, 2016); Республиканской научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвящённой 20-летию Дня национального единства и «Году молодёжи» (Душанбе, 2017); научно-практической конференции: «Перспективы инновационной технологии в развитии химической промышленности Таджикистана» (Душанбе, 2017).

***Публикации.*** По теме диссертации опубликованы 13 статей, из них 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики

Таджикистан, и 9 статей в материалах международных и республиканских научно-практических конференций.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, выводов и списка использованной литературы, включающего 151 наименование, изложена на 136 страницы компьютерного набора, включая 23 рисунков и 19 таблиц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

#### **Химические и физико-химические свойства сиаллитов месторождения Зидды**

Из распространённых на южном склоне Гиссарского хребта проявлений сиаллитов ныне многообещающим выглядит Восточно-Зиддинское. Визуально плотные породы, цвет - темно-коричневый, вишнёво-красный, желтовато-коричневый, структура подобна гелиевой. Имеет низкие содержания таких минералов, как кремнисто-каолинов, кремнисто-каолин-гидрослюд, нонтронит-гидрослюд. Замечены, в частности, и сгустки, чешуйки и небольшого размера зерна минералов гибсита, бёмита, реже диаспора.

По показателям химического состава порода отнесена к маложелезистым сиаллитам. Изучаемые сиаллиты имеют следующий химический состав, (в %):  $Al_2O_3$ -30,5;  $Fe_2O_3$ -14,1;  $SiO_2$ -40;  $TiO_2$ -0,95;  $CaO$ -0,56;  $K_2O$ -0,4;  $N_2O$ -0,1;  $H_2O$ -1,0; п.п.п. - 12,0.

В результате проведённых рентгенофазовых исследований определено, что сиаллиты Зиддинского месторождения имеют следующий минералогический состав: каолинит (содержащий глинозём), кварц (содержащий кремний), гётит (содержащий железо), гидрослюда и иллит (с содержанием оксидов алюминия и кремния).

Данные исследования свидетельствуют о том, что результаты химических и физико-химических методов анализов полностью подтверждаются.

#### **Химический и минералогический составы шламового поля газоочистки Государственного унитарного предприятия «Таджикская Алюминиевая Компания» (ГУП «ТАЛКО»)**

В отходах шлама газоочистки, образованных после электролитического получения алюминия, в основном содержатся сульфат-, углерод-, глинозём и фторсодержащие смеси. В настоящее время по ориентировочным оценкам на ГУП «ТАЛКО» накоплено несколько сотен тысяч тонн шламов, которые хранятся на шламовых полях и загрязняют окружающую среду.

Изучение химического и минералогического составов отходов шламового поля газоочистки осуществлялось на основе 40 исследуемых проб из 25 различных точек объёма шламового поля на различных глубинах (от 10

до 150 см). Содержание углерода, сульфатов и карбонатов натрия варьируется, соответственно, от 4,5 до 44,9 мас% в зависимости от сухого состава компонентов шламового поля и зависит от технологического цикла системы газоочистки алюминиевого завода и от продолжительности влияния осадков на шламовые поля газоочистки. Водорастворимая часть компонентов шламового поля представляет собой смесь солей – сульфатов и карбонатов натрия, а также представлена гидрокарбонатами натрия, сульфатами калия и фторидами натрия.

По результатам РФА определено, что в составе шламового поля газоочистки ГУП «ТАЛКО» имеются следующие минералы: криолит, углерод в модификации графита, а также минералы с содержанием сульфатов, карбонатов и гидрокарбонатов (минералы шайрерит и буркеит). В незначительных количествах присутствует железосодержащий минерал гётит, кварц и фторид натрия, также имеются фазы смешанных солей.

**Состав и свойства углей Таджикистана.** В настоящее время в Республике Таджикистан функционируют шесть газогенераторных станций, теплоэлектростанция-2 (ТЭЦ-2) в г. Душанбе, вырабатывающих синтез-газ и электроэнергию, работающих на углях Таджикистана. При переработке углей в данном производстве образуется огромное количество отходов - золы и золошлаков. Для выявления состава и свойств золы и золошлаков был осуществлён цикл исследований по изучению составов и свойств углей месторождений Сайёд, Тошкунан, Фан-Ягноб и Зидды. В таблице 1 приведены технические характеристики углей указанных месторождений.

**Таблица 1** - Некоторые технические характеристики местных углей

| Наименование          | Уголь    |               |        |        |          |          |
|-----------------------|----------|---------------|--------|--------|----------|----------|
|                       | Норматив | месторождения |        |        |          |          |
|                       |          | Фан-Ягноб     | Зидды  | Сайёд  | Тошкунан |          |
| Постоянный углерод, % | >55      | 75–85         | <60–81 | <67.1  | <80.5    |          |
| Летучие вещества, %   | < 25     | 28.62         | 30     | 39.4   | 35       |          |
| Влажность, %          | <10      | 2             | 5      | 4.9    | 5        |          |
| Зольность, %          | 18       | 3.21          | 6.4–31 | <32.3  | <28      |          |
| Содержание серы, %    | <2       | 0.13          | 0.6–15 | -      | <2.4     |          |
| Калорийность          | кДж/кг   | 27170         | <33415 | <32700 | <28257   | <29044.5 |
|                       | ккал/кг  | 6500          | <7986  | <7822  | <6760    | <6948.5  |

Как видно из таблицы 1, зольность углей данных месторождений колеблется от 3,21 до 32,3%. Поэтому была поставлена задача исследования химического состава золы названных месторождений, которые содержат в своём составе следующие соединения (мас%): SiO<sub>2</sub> – 50-60; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 20-30; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2-8; CaO – 1-2; MgO – 0.5-1.

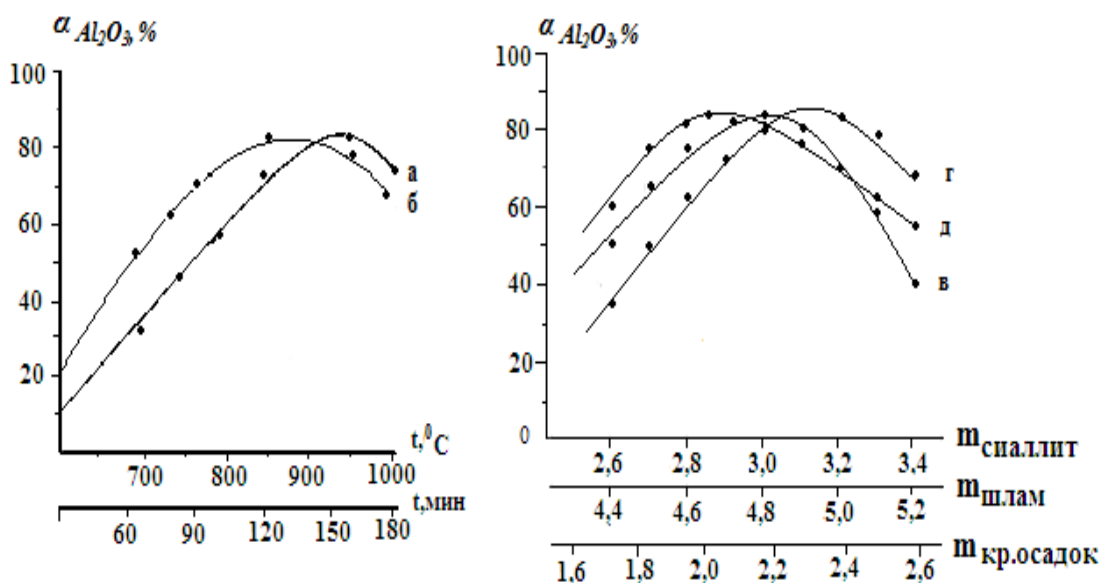
Судя по содержанию глинозёма, золу и золошлаки углей данных месторождений можно комплексно перерабатывать по традиционной схеме с получением глинозёма, строительных материалов и других компонентов.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СИАЛЛИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗИДДЫ И ОТХОДОВ ШЛАМОВЫХ ПОЛЕЙ ГАЗООЧИСТКИ ГУП «ТАЛКО»

### Физико-химические основы совместной переработки сиаллитов месторождения Зидды и отходов шламовых полей газоочистки ГУП «ТАЛКО»

Принимая во внимание наличие огромных запасов высококремнистого глинозёмсодержащего сырья в Республике Таджикистан и необходимость утилизации значительных объёмов отходов шламовых полей ГУП «ТАЛКО», был осуществлён цикл исследований по разработке технологии их совместной переработки с целью получения сырья для производства алюминия.

Для этого в качестве исходного сырья были использованы каолиновые сиаллиты месторождения Зидды, шлам и кристаллический осадок солей шламовых полей ГУП «ТАЛКО».



**Рисунок 1** - Зависимость выхода глинозёма при спекании от : а) температуры, б) длительности спекания и соотношения компонентов в шихте: в) соотношения сиаллита; г) соотношения шлама; д) соотношения кристаллического осадка.

Изучена зависимость выхода глинозёма от температуры и длительности спекания. Максимальный выход глинозёма (82,3%) отмечается при температуре  $950^\circ C$  и длительности спекания 120 мин (рисунок 1а,б.).

Из рисунков 1в-д видно, что оптимальными соотношения масс компонентов в шихте являются следующие:



$$m_{\text{сиаллит}} : m_{\text{шлам}} : m_{\text{кр.осадок}} = 3,0 : 5,0 : 2,0.$$

При данном соотношении масс компонентов в шихте, оптимальных значениях температуры и длительности спекания выход глинозёма составляет 82,5%.

### Математическое моделирование спекательного способа получения глинозёма и криолита из сиаллитов месторождения Зидды и отходов шламовых полей алюминиевого производства

Используя экспериментальные данные совместного получения глинозёма и криолита из каолиновых сиаллитов месторождения Зидды и отходов шламовых полей алюминиевого производства, выведены уравнения связи степени извлечения полезных компонентов в зависимости от технологических параметров спекания шихты (температуры выщелачивания, продолжительности процесса и др.). Пользуясь методом наименьших квадратов, выявлены ряд уравнений связи между искомым показателем ( $\alpha$ ) и рассматриваемыми факторами.

### Кинетика совместной переработки методом спекания сиаллитов месторождения Зидды и отходов шламовых полей ГУП «ГалКо»

Кинетика спекания сиаллитов месторождения Зидды с компонентами шламовых полей газоочистки ( $m_{\text{сиаллит}} : m_{\text{шлам}} : m_{\text{шайверит буркеит}} = 3,0 : 5,0 : 2,0$ )

исследовалась при следующих технологических режимах: температура спекания шихты - от 700 до 950°C, время спекания - от 45 до 120 мин.

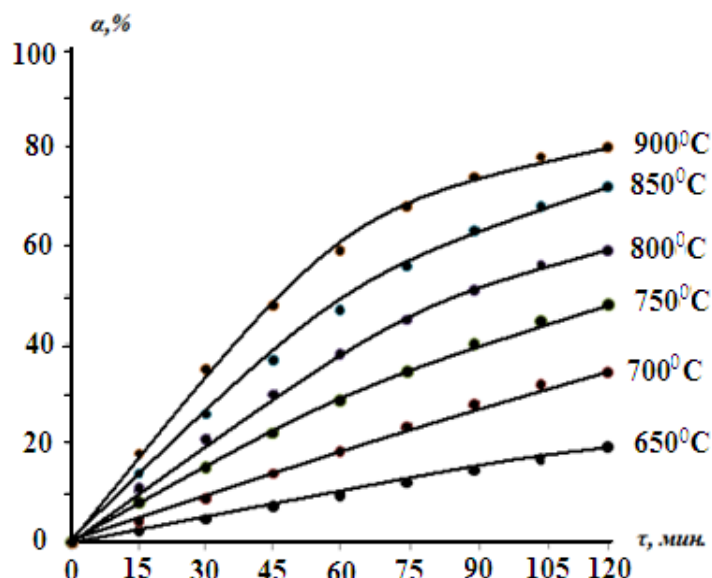


Рисунок 2 - Зависимость выхода оксида алюминия от длительности процесса при различных температурах спекания шихты.

Исследована зависимость выхода оксида алюминия от длительности и температуры процесса. Отмечается, что с увеличением температуры и длительности процесса спекания шихты выход  $Al_2O_3$  постепенно увеличивается.

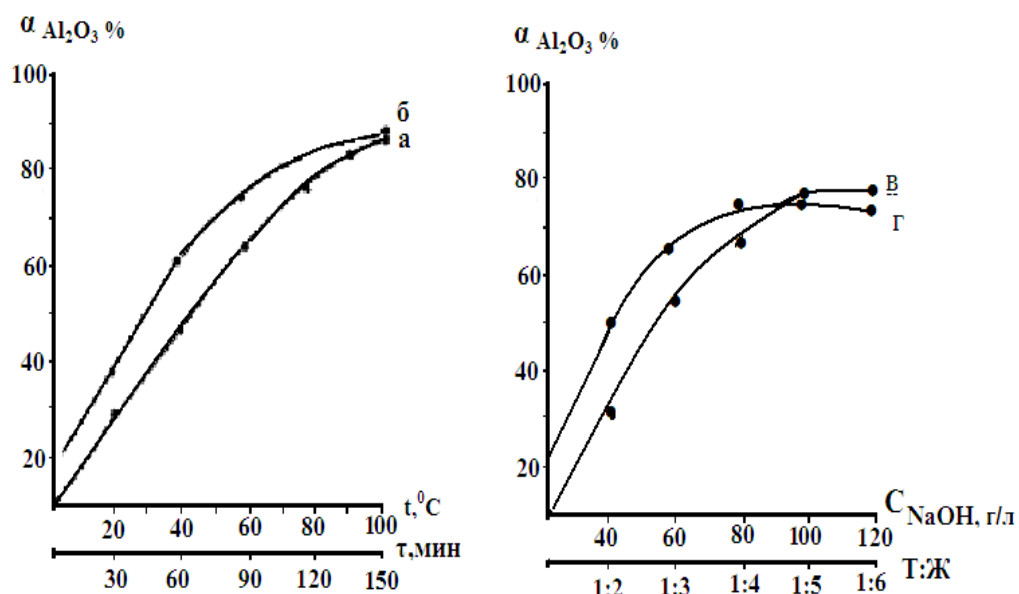
Полученные кинетические кривые процесса спекания при температуре 650, 700 и 750°C имеют прямолинейный характер, а при 800-900°C – вначале прямолинейный, затем параболический (рисунок 2).

Расчётным способом определена эмпирическая энергия активации (66,5 кДж/моль), свидетельствующая о протекании процесса в кинетической области.

### Выщелачивание алюминатно-фторидного спёка полученного из сиаллитосодержащего шихты и кинетические параметры процесса выщелачивания

С целью получения полезных веществ из состава алюминатно-фторидного спёка, он подвергался дроблению и измельчению до размера фракций менее 0,1 мм. Измельчённое сырьё выщелачивали гидроксидом натрия различных концентраций при температурах 25-95°C и различных продолжительностях процесса. Результаты исследования приведены на рисунке 3.

Как следует из рисунка 3, наибольший выход оксида алюминия из алюминатно-фторидного спёка (83,4%) осуществляется при следующих параметрах процесса: температура 90°C, концентрация NaOH – 100г/л, соотношение Т:Ж = 1:4 и длительность процесса 120 минут.



**Рисунок 3** - Зависимость выхода оксида алюминия от: а) температуры выщелачивания, б) длительности процесса, в) концентрации NaOH, г) соотношения Т:Ж.

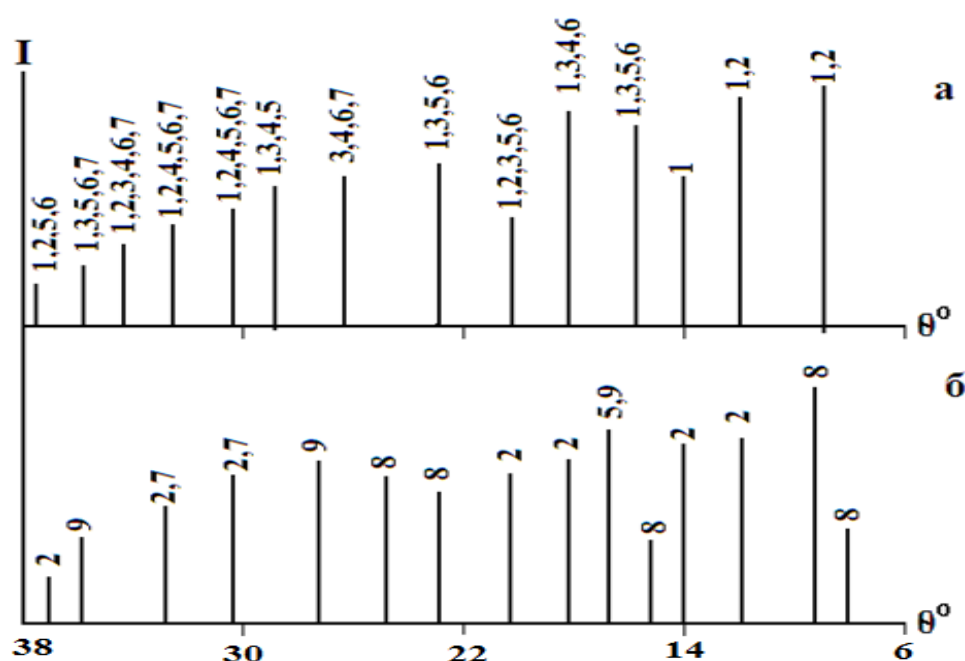
Кинетика механизмов процесса выщелачивания алюминатно-фторидного спёка, полученного из сиаллитосодержащей шихты, изучалась после измельчения пробы до размера частиц менее 2мм, нагревания в термостатическом реакторе с мешалкой в течение 30-150 мин в интервале температур 40-90°C.

Полученные кинетические кривые от 40 до 70°C имеют однозначно прямолинейный характер, а при температурах от 70 до 90°C- вначале имеют прямолинейный, а далее - параболический характер.

Энергия активации процесса равна 50,85 кДж/моль, то есть процесс протекает в кинетической области.

### Физико-химические свойства сиаллитосодержащей шихты и продукта её переработки - алюминатно-фторидного спёка

Для выявления фазовых изменений в составе сиаллитосодержащей шихты и образуемого при спекании алюминатно-фторидного спёка, использовали метод рентгенофазового анализа. Исследования проводились при оптимальных составах шихты и режимах выщелачивания алюминатно-фторидного спёка, результаты исследования представлены на рисунке 4.



**Рисунок 4** – Штрих-рентгенограммы: а) шихты оптимального состава и б) спёка, полученного при оптимальных режимах (1 – каолин; 2 – кварц; 3 – криолит; 4 – глинозём; 5 – буркеит; 6 – шайрерит; 7 – гётит, 8 – алюминат натрия; 9– виллиомит).

Отсутствие на штрих-диаграмме спёка линий каолина, криолита, глинозёма, буркеита, шайрерита и появление линий алюмината натрия и виллиомита свидетельствует о полноте протекания твёрдофазных реакций и образовании алюминатно-фторидного спёка.

Результаты проведённых исследований показали, что низкоглинозёмсодержащее сырьё сиаалитов месторождения Зидды при совместной переработке с компонентами отходов шламовых полей газоочистки производства алюминия спекательным способом позволяет получать криолит-глинозёмный концентрат, который является исходным составляющим сырьём при электролитическом получении металлического алюминия.

### **Физико-химическое исследование процесса обескремнивания и карбонизации алюминатно-фторидного раствора**

Нами было проведено химическое обескремнивание полученного алюминатно-фторидного раствора, содержащего 0,4-0,6 г/л SiO<sub>2</sub>, с введением в процесс гидроксида кальция. При постепенном увеличении концентрации раствора Ca(OH)<sub>2</sub> от 2 до 10 г/л, степень обескремнивания увеличивается от 7,4 до 90,2%. Дальнейшее увеличением концентрации раствора Ca(OH)<sub>2</sub> практически не изменяет степень обескремнивания алюминатно-фторидного раствора.

Также было проведено обескремнивание алюминатно-фторидного раствора при температурах от 40 до 80°C, степень обескремнивания повышается от 38,5 до 90%, оптимальная продолжительность процесса составляет 1 час.

При карбонизации алюминатно-фторидного раствора с использованием углекислого газа возможно протекание следующей химической реакции:



При проведении исследования по карбонизации алюминатно-фторидного раствора отмечается, что максимальная степень осаждения криолит-гидраргиллитовой смеси отмечается при следующих технологических режимах: температура алюминатно-фторидного раствора 25°C; длительность цикла 30 минут и расход углекислого газа 15 л/мин. При этих условиях выход криолит-гидраргиллитовой смеси составляет 94,1%.

Таким образом, показано, что при разложении алюминатно-фторидного раствора с углекислым газом можно получить криолит-гидраргиллитовую смесь.

**Термообработка криолит-гидраргиллитовой смеси.** В технологическом цикле карбонизации из алюминатно-фторидного раствора осаждается белый осадок, представляющий собой криолит-гидраргиллитовую смесь с содержанием влаги 40% влаги.

Кальцинация в технологическом процессе получения глинозёма происходит при температуре более 1000°C. Отличие технологического процесса получения глинозёма заключается в том, что в составе полученной

смеси содержится небольшое количество криолита, поэтому процесс термообработки криолит-гидраргиллитовой смеси проводили при температуре не более 600°C. Оптимальным технологическим режимом термообработки криолит-гидраргиллитовой смеси является: температура – 600°C; длительность термообработки - 45 мин. В этом случае степень обезвоживания криолит-гидраргиллитовой смеси составляет 99,5%.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛЫ УГЛЕЙ ТАДЖИКИСТАНА СОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ**

### **Термодинамика процесса совместной переработки золы, золошлаков и фторсодержащих отходов шламового поля алюминиевого производства**

Наличие муллита в составе золы делает неэффективным применение традиционных способов переработки алюмосиликатных материалов из-за их высокой стойкости к химическому воздействию. Исходя из химического состава золы и золошлаков, можно предположить, что применение фторидной технологии позволит избежать этих трудностей, что, по-видимому, связано с высокой реакционной способностью фторсодержащих агентов и возможностью получить ряд ценных продуктов.

В связи с этим, определение термодинамических параметров процесса совместного спекания золы и золошлаков с фторсодержащими отходами шламовых полей газоочистки алюминиевого производства является актуальной задачей для Республики Таджикистан с целью получения глинозёма, криолита и ряда фторидных солей.

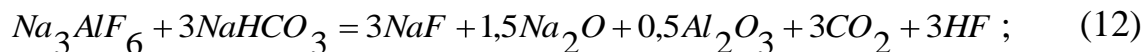
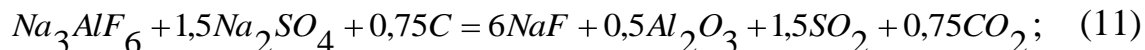
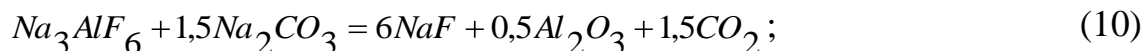
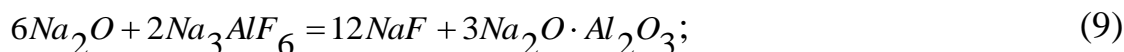
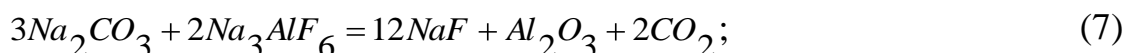
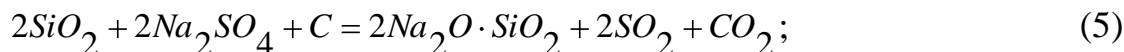
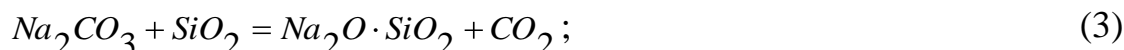
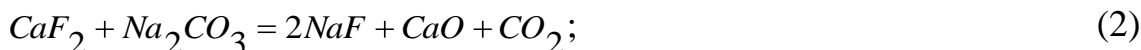
Для разработки технологической схемы получения криолит-глинозёмного концентрата спекательным способом были использованы следующие материалы: золы и золошлаки углей Таджикистана, шламы газоочистки, образующиеся при упаривании и охлаждении растворов шламовых полей ГУП «ТалКо», содержащие минералы шайрерит, буркеит. Химические составы исходных материалов приведены в таблице 2.

Для выявления возможности протекания химических процессов при совместном спекании золы и золошлаков с фторсодержащими отходами шламового поля алюминиевого производства в температурном интервале от 298 до 1298 К, проведены термодинамические расчёты изменения свободной энергии Гиббса и расчёт химических равновесий протекающих реакций.

**Таблица 2** – Химический состав исходных материалов, применяемых для спекания

| Исходные материалы | Содержание основных компонентов, масс % |                                |                                |     |       |         |         |                                 |  |                                  |
|--------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|-----|-------|---------|---------|---------------------------------|--|----------------------------------|
|                    | SiO <sub>2</sub>                        | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO | MgO   | C       | NaF     | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | NaHCO <sub>3</sub><br>+<br>Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub> |
| Зола и золошлаки   | 50-60                                   | 20-30                          | 2-8                            | 1-2 | 0.5-1 | -       | -       | -                               | -  | -                                |
| Шлам газоочистки   | 0.8-1,5                                 | 8-12                           | 0.5-1.2                        | -   | -     | 15-24   | 3.1-5.0 | 5-14                            | 4-10   | 15-26                            |
| Шайрерит, буркеит  | -                                       | -                              | -                              | -   | -     | 0,3-0,5 | 10-12   | 75-84                           | 3.0-4.5  | -                                |

При спекании шихты возможно протекание химических реакций:



Используя полученные данные зависимости  $\Delta C_p$  от температуры, проведён расчёт энтальпии для указанных реакций по уравнению Кирхгоффа.

Также рассчитаны значения энергии Гиббса ( $\Delta G^0$ ) при температурах 298, 1048, 1098, 1148, 1198, 1248, 1298 К и найдены зависимости  $\Delta G^0$  от температуры: при увеличении температуры значения  $\Delta G^0$  плавно уменьшаются по реакциям (1)-(13).

В результате анализа проведённых термодинамических расчётов выявлено, что почти все химические реакции, протекающие при спекании

шихты, могут быть осуществлены со значительным энергетическим эффектом при температурах свыше 1048 К.

### Совместная переработка золы углей с отходами шламовых полей газоочистки ГУП «ТАЛКО»

Исходя из содержания глинозёма в золе углей Таджикистана, актуальной задачей является их совместная переработка спекательным способом с фтор-, глинозёмсодержащими отходами шламовых полей газоочистки производства алюминия с получением криолит-глинозёмного концентрата и других востребованных сырьевых компонентов.

В настоящей работе изучена зависимость выхода глинозёма от соотношения материалов шихты, температуры и длительности процесса, результаты исследований приведены в таблице 3.

**Таблица 3** - Зависимость выхода глинозёма от соотношения сырьевых материалов в шихты ( $T=900^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau=120$  мин)

| №  | Массовое соотношение сырьевых материалов |  |  | Выход глинозёма, % |
|----|--|--|--|--------------------|
|    | Зола углей                               | Шлам газоочистки алюминиевого производства | Шайрерит ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{NaF}$ ), буркеит ( $2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$ ) |                    |
| 1  | 0.8                                      | 4.0  | 2.5  | 37.8               |
| 2  | 0.9                                      | 4.0  | 2.5  | 67.3               |
| 3  | 1.0                                      | 4.0  | 2.5  | 79.2               |
| 4  | 1.1                                      | 4.0  | 2.5  | 84.6               |
| 5  | 1.2                                      | 4.0  | 2.5  | 76.9               |
| 6  | 1.1                                      | 4.0  | 1.0  | 36.7               |
| 7  | 1.1                                      | 4.0  | 1.5  | 63.9               |
| 8  | 1.1                                      | 4.0  | 2.0  | 78.3               |
| 9  | 1.1                                      | 4.0  | 3.0  | 83.7               |
| 10 | 1.1                                      | 2.0  | 2.5  | 48.6               |
| 11 | 1.1                                      | 3.0  | 2.5  | 74.5               |
| 12 | 1.1                                      | 5.0  | 2.5  | 81.3               |
| 13 | 1.1                                      | 6.0  | 2.5  | 74.8               |

Как следует из таблицы 3, оптимальным соотношением масс исходных материалов в шихте является:

$$m_{\text{зола}} : m_{\text{шлам}} : m_{\substack{\text{шайрерит} \\ \text{буркеит}}} = 1,1 : 4,0 : 2,5,$$

при этом выход глинозёма достигает 84,6%.

Максимальная степень извлечения глинозёма (84,6%) достигается при температуре  $900^{\circ}\text{C}$  и продолжительности спекания 120 мин. При температуре процесса свыше  $900^{\circ}\text{C}$  происходит снижение выхода  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , что объясняется наличием фтористых солей в составе шлама газоочистки, которые при спекании образуют легко возгоняемый (летучий) фтористый алюминий.

Низкий выход глинозёма при длительности циклов спекания свыше 120 мин. объясняется, на наш взгляд, образованием, наряду с другими компонентами, гидроалюмосиликата натрия из алюмосиликат содержащих компонентов золы углей.

#### **Выщелачивание образовавшегося алюминатно-фторидного спёка из золосодержащей шихты**

Образовавшийся алюминатно-фторидный спёк из золосодержащей шихты, дробили и измельчали до размера фракций менее 0.1мм и растворяли раствором NaOH. Очевидно, что степень выхода компонентов, в том числе и глинозёма, из состава спёка зависит от их физико-химических свойств и условий выщелачивания.

Исследована зависимость влияния температуры в интервале от 60 до 95°C на выщелачивание спёка (таблица 4), при этом неизменными факторами процесса являлись: температура – 90°C; концентрация NaOH – 100 г/л и размер фракций – до 0.2 мм.

**Таблица 4** - Зависимость степени выхода глинозёма от температуры выщелачивания и длительности циклов ( $C_{NaOH}=100$ г/л, Т:Ж=1:4)

| № | Температура выщелачивания, °C | Продолжительность процесса, мин | Степень извлечения глинозёма, % |
|---|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 30                            | 120                             | 46.8                            |
| 2 | 50                            | 120                             | 71.2                            |
| 3 | 70                            | 120                             | 79.3                            |
| 4 | 90                            | 120                             | 84.2                            |
| 5 | 90                            | 30                              | 28.7                            |
| 6 | 90                            | 60                              | 54.2                            |
| 7 | 90                            | 90                              | 72.9                            |
| 8 | 90                            | 150                             | 63.7                            |

С повышением длительности выщелачивания алюминатно-фторидного спёка до 120 мин степень выхода глинозёма увеличивалась с 46.8 до 84.2%, при дальнейшем увеличении длительности выщелачивания выход глинозёма начинает снижаться вследствие взаимодействия силиката натрия с другими компонентами, трудно растворимыми в щёлочи.

Также было изучено влияние концентрации раствора NaOH и соотношения Т:Ж в пульпе на выход глинозёма. Максимальный выход глинозёма составляет 83,4% при применении гидроксида натрия концентрацией 100 г/л и соотношения твёрдой и жидкой фаз = 1:4.

Таким образом, оптимальными условиями выщелачивания алюминатно-фторидного спёка являются:  $C_{NaOH}=100$  г/л;  $T=90^{\circ}C$ ; Т:Ж = 1:4и  $\tau=2$  часа, при которых выход глинозёма составляет 84,2%.

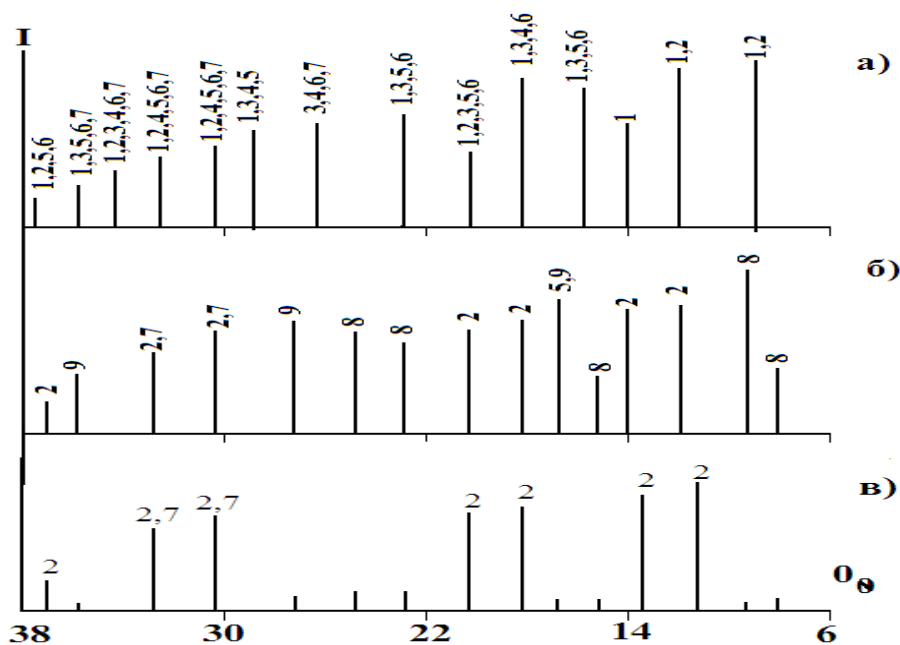


## Физико-химические исследования исходных и конечных продуктов

Исходными продуктами являются угли Таджикистана и фтор-, глинозёмсодержащие отходы шламовых полей газоочистки производства алюминия, конечный продукт - криолит-глинозёмный концентрат.

С целью выявления протекающих химических реакций в процессе спекания золы углей с отходами шламовых полей газоочистки ГУП «ГалКо» и получения алюминатно-фторидного спёка, был проведён РФА исходных и конечных продуктов (рисунок 5).

На штрих-рентгенограмме шихты оптимального состава проявляются линии минералов муллита, кварца, криолита, глинозёма, буркеита, шайрерита и гётита. Также на штрих-рентгенограмме спёка чётко проявлены линии алюмината натрия и виллиомита, что подтверждает протекание твердофазных реакций с образованием алюминатно-фторидного спёка (рисунок 5б).



**Рисунок 5** – Штрих-рентгенограммы: а) шихты оптимального состава материалов; б) алюминатно-фторидного спёка, образовавшегося при оптимальных технологических режимах и в) твёрдого остатка после выщелачивания (1 – каолинит, 2 – кварц; 3 – криолит; 4 – глинозём; 5 – буркеит; 6 – шайрерит; 7 – гётит; 8 – алюминат натрия; 9 – виллиомит).

На штрих-рентгенограмме твёрдого остатка после выщелачивания (рисунок 5в) не проявляются линии алюмината натрия и виллиомита, что свидетельствует о полноте протекания реакций при выщелачивании алюминатно-фторидного спёка.

Результаты проведённых исследований показали, что из золы углей Таджикистана при совместном использовании с отходами шламовых полей алюминиевого производства спекательным способом можно получить криолит-глинозёмный концентрат, который может быть использован в

качестве основного материала в производстве алюминия, а данный технологический процесс является экологически и экономически целесообразным.

### **Разработка комплексной принципиальной технологической схемы совместной переработки сиаллитов и золы углей с отходами шламовых полей алюминиевого производства спекательным способом**

Разработка технологии совместной переработки каолиновых сиаллитов и золы углей с отходами шламовых полей алюминиевого производства спекательным способом с целью получения фтористых солей, глинозёма криолит-глинозёмного концентрата является актуальной для ГУП «ТАЛКО» и утилизации золы ТЭЦ-2 г. Душанбе.

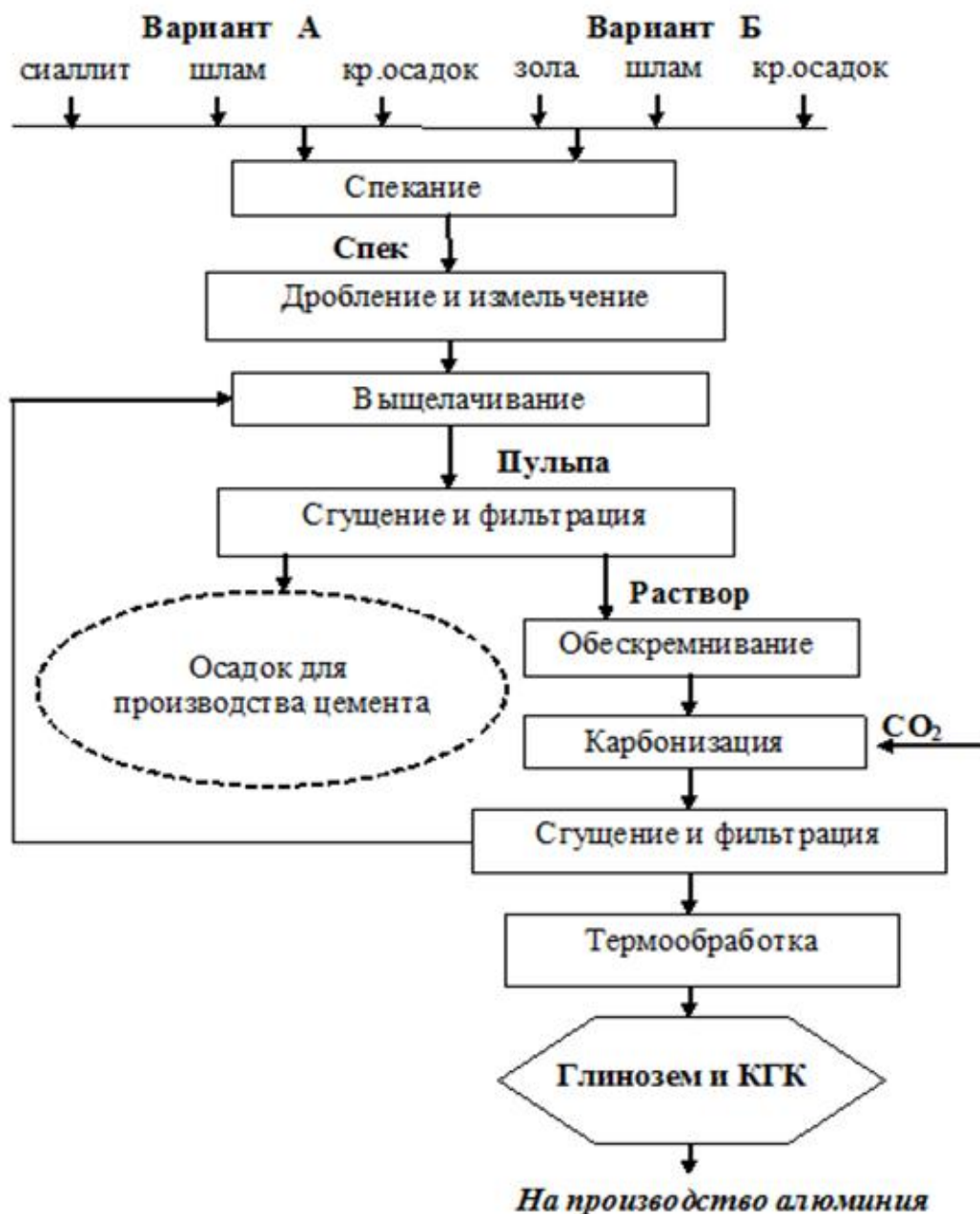
В результате проведённых исследований была разработана комплексная принципиальная технологическая схема получения фтористых солей, алюминатно-фторидного натрия, глинозёма и криолит-глинозёмного концентрата из сиаллитов и золы углей с отходами шламовых полей алюминиевого производства способом спекания, которая представлена на рисункеб.

Шихта, состоящая из сиаллитов месторождения Зидды, а также компонентов шлама газоочистки, шайрерита и буркеита, образующихся в растворах шламовых полей газоочистки ГУП «ТАЛКО» (вариант А), после дробления и измельчения сырья до размера фракций менее 0,5 мм, перемешивалась, спекалась в печи при 950°C в течение двух часов. Образовавшийся алюминатно-фторидный спёк подвергался измельчению и дроблению до размера фракций менее 1,0 мм и направлялся на выщелачивание. Процесс выщелачивания алюминатно-фторидного спека в непрерывном цикле проводился маточным оборотным щелочным раствором. Для начального процесса выщелачивания использовался раствор гидроксида натрия с концентрацией 70-100 г/л. При выщелачивании алюминатно-фторидного спёка в раствор переходят алюминатно-фторидный натрий и одновременно некоторое количество оксида кремния. Оптимальными условиями процесса выщелачивания являлись:  $t = 90-95^\circ\text{C}$ ,  $\tau$  – два часа, соотношение твёрдой и жидкой фаз (Т:Ж) = 1:4.

Шихту, состоящую из отходов золы углей Таджикистана и фтор-, глинозёмсодержащих компонентов шламовых полей газоочистки производства алюминия (вариант Б), измельчали, смешивали, затем спекали в шахтной печи.

Более высокий выход глинозёма из состава данной шихты достигается при следующих оптимальных режимах: соотношение масс исходных материалов в шихте:  $m_{\text{зола}} : m_{\text{шлам}} : m_{\text{шайрерит буркеит}} = 1,1 : 4,0 : 2,5$ ; температура спекания шихты – 900-950°C; продолжительность процесса спекания – 120 мин; температура выщелачивания спёка – 90-95°C; продолжительность

процесса выщелачивания – 100-120 мин; соотношение Т:Ж=1:4; оптимальная концентрация раствора NaOH – 90-100 г/л.



**Рисунок 6** -Комплексная принципиальная технологическая схема совместной переработки сиаллитов и золы углей с компонентами отходов шламовых полей алюминиевого производства спекательным способом.

При данном разработанном технологическом режиме выход глинозёма составляет 80-85%.

Получившийся алюминатно-фторидный спёк подвергался измельчению до размера фракций менее 1,0 мм и направлялся на процесс выщелачивания. Выщелачивание проводилось аналогично варианту А.

Далее пульпу после выщелачивания направляют на сгущение, затем на фильтрацию. Полученный алюминатно-фторидный раствор обескремнивали

химическим или физическим способом. В процессе обескремнивания алюминатно-фторидного раствора образуется осадок, содержащий гидроалюмосиликат натрия, его отделяют фильтрованием, раствор направляют на процесс карбонизации с использованием углекислого газа.

Карбонизацию алюминатно-фторидных растворов проводят с применением углекислого газа с целью выделения осадка, содержащего криолит и гидраргиллит. Образующийся осадок отделяют с помощью сгущения и фильтрации. Содовый раствор каустифицируют гашённой известью и возвращают в процесс выщелачивания. Полученный криолит-глинозёмный концентрат можно использовать в качестве дополнительного исходного сырья в производстве алюминия.

## ВЫВОДЫ

1. Физико-химическими способами анализа выявлены химический и минералогический составы сиаллитов Зиддинского месторождения, а также золы и золошлаков углей Таджикистана. Показано, что основными минералами являются каолинит, муллит и кварц.

2. На основе проведённых физико-химических анализов показана возможность образования спёка с содержанием алюмината и фторида натрия с целью получения криолит-глинозёмного концентрата, а также:

а) установлен технологический режим спекания шихты с применением сиаллитов Зиддинского месторождения и отходов, шламовых полей ГУП «ТАЛКО», содержащих шайрерит и буркеит. Определено, что максимальный выход глинозёма отмечается при следующем соотношении исходных минералов в шихте:

$$m_{\text{сиаллит}} : m_{\text{шлам}} : m_{\text{кр.осадок}} = 3,0 : 5,0 : 2,0.$$

При данном соотношении минералов, температуре 950°C и продолжительности спекания 120 мин выход  $\text{Al}_2\text{O}_3$  составляет 82,5%;

б) при совместной переработке золы и золошлаков с отходами шламовых полей ГУП «ТАЛКО», содержащих шайрерит и буркеит, оптимальным соотношением компонентов в шихте является:

$$m_{\text{зола}} : m_{\text{шлам}} : m_{\substack{\text{шайрерит} \\ \text{буркеит}}} = 1,1 : 4,0 : 2,5$$

При определенном соотношении минералов в шихте, температуре 900°C и продолжительности спекания 120 мин выход глинозёма составляет 84,6%.

3. Исследована кинетика процесса спекания с использованием сиаллитов Зиддинского месторождения с отходами шламовых полей газоочистки ГУП «ТАЛКО». Для данного процесса найдена эмпирическая энергия активации (66,5 кДж/моль), свидетельствующая о прохождении спекания в области кинетических значений.

4. Определены оптимальные технологические параметры выщелачивания спёков:

а) полученных на основе сиаллитов Зиддинского месторождения и отходов шламовых полей ГУП «ТАЛКО» - температура 90°C, длительность процесса - 120 минут, концентрация гидроксида натрия – 100 г/л, соотношение Т:Ж = 1:4. При технологическом режиме выход глинозёма достигает 83,4%;

б) полученных на основе углей Таджикистана и отходов шламовых полей ГУП «ТАЛКО» - температура 90°C, длительность процесса 120 минут, концентрация NaOH - 100 г/л, соотношение Т:Ж = 1:4. При этом выход глинозёма достигает 84.2%.

5. Разработана комплексная принципиальная технологическая схема получения глинозёма, фтористых солей, криолит-глинозёмного концентрата из сиаллитов и золы углей с отходами шламовых полей ГУП «ТАЛКО» спекательным способом.

#### **Основные содержание диссертации изложено в следующих публикациях:**

*Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан*

1. **Курбонова, Х.Р.** Математическое моделирование спекательного способа получения глинозёма и криолита из каолиновых сиаллитов месторождения Зидды и отходов шламовых полей алюминиевого производства / Н. Шерматов, Х.Р. Курбонова, А.Х. Сафиев, Дж.Р. Рузиев // Вестник Таджикского национального университета. -2015. -№1/5(188). -С.150-153.
2. **Курбонова, Х.Р.**Способ совместной переработки каолиновых сиаллитов месторождения Зидды и отходов шламовых полей ГУП «ТАЛКО» / С.Х. Сафиев, С.Б. Азизов, Дж.Р. Рузиев, А.Х. Сафиев, Х.Р. Курбонова // Доклады АН Республики Таджикистан . -2015. –Т.58. -№11. -С.1024-1028.
3. **Курбонова, Х.Р.** Термодинамика процесса совместной переработки золы, золошлаков и фторсодержащих отходов шламового поля алюминиевого производства / Х.Р. Курбонова, А.Х. Сафиев, Д.Р. Рузиев, К.Дж. Суяров // Вестник Таджикского национального университета. –2018. -№2. -С.141-147.
4. **Курбонова, Х.Р.** Физико-химические и технологические основы переработки золы углей Таджикистана с отходами производства алюминия /Х.Р. Курбонова, А.Х. Сафиев, Дж.Р. Рузиев, Р.С.Рафиев// Доклады АН Республики Таджикистан. -2018. –Т.61. -№1. -С. 59-64.

*Статьи, опубликованные в материалах конференций*

5. **Курбонова, Х.Р.** Совместная переработка глинозёмсодержащего сырья с отходами шламового поля алюминиевого производства / Х.Р. Курбонова. П.Т. Салимова, А.Х. Сафиев, Х.Э. Бобоев, Н.П. Мухамадиев, Дж.Р. Рузиев // Научная конференция «Современные проблемы естественных и социально-гуманитарных наук», посвящ. 10-летию Научно-исследовательского института ТНУ. –Душанбе, 2014. -С.181-183.

6. **Курбонова, Х.Р.** Физико-химические основы совместной переработки каолиновых сиаллитов с отходами производства алюминия / Х.Р. Курбонова, А.Х. Сафиев, Дж.Р. Рузиев // Научно-теоретич. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвящ. «700-летию Мир Саида Али Хамадони», «Году семьи» и Международному десятилетию действия «Вода для жизни» 2005-2015гг. – Душанбе, 2015. -С.527-528.
7. **Курбонова, Х.Р.** Совместная переработка каолиновых сиаллитов месторождения Зидды и отходов шламовых полей алюминиевого производства / Х.Р. Курбонова, А.Х. Сафиев, Дж.Р. Рузиев // Республ. конф. «Состояние химической науки и её преподавание в образовательных учреждениях Республики Таджикистан». -Душанбе, 2015. -С.75-78.
8. **Курбонова, Х.Р.** Получение криолит-глинозёмной смеси из каолиновых сиаллитов месторождения Зидды и глинозём-фторсодержащих отходов производства алюминия / Х.Р. Курбонова, А.Х. Сафиев, Дж.Р. Рузиев // Республ. науч.-теоретич. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвящ. 25-летию Государственной независимости Республики Таджикистан. -Душанбе, 2016. -С.568-569.
9. **Курбонова, Х.Р.** Совместная переработка золей углей Таджикистана с отходами производства алюминия / Х.Р. Курбонова, А.Х. Сафиев, Дж.Р. Рузиев // II Междунар. науч. конф. «Химия алифатических и циклических производных глицерина и аспекты их применения», посвящ. 75-летию памяти д.х.н., проф., чл.-корр. АН РТ Б.Х. Кимсанова. -Душанбе, 2016. – С.96-98.
10. **Курбонова, Х.Р.** Технологические аспекты переработки золы отходов производства алюминия / Х.Р. Курбонова, А.Х. Сафиев, Дж.Р. Рузиев // Республ. науч.-теоретич. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвящ. «20-летию годовщины Дня национального единства» и «Году молодёжи». - Душанбе, 2017. -С.73.
11. **Курбонова, Х.Р.** Выщелачивание алюминатно-фторидсодержащего спекса / Х.Р. Курбонова, А.Х. Сафиев, П.Т. Салимова // Республ. науч.-теоретич. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвящ. «20-летию годовщины Дня национального единства» и «Году молодёжи». – Душанбе, 2017.–С. 74.
12. **Курбонова, Х.Р.** Комплексная принципиальная технологическая схема совместной переработки каолиновых сиаллитов и золы углей с отходами шламовых полей алюминиевого производства спекательным способом / Х.Р. Курбонова, А.Х. Сафиев, П.Т. Салимова // Науч.-практич. конф. «Перспективы инновационной технологии в развитии химической промышленности Таджикистана». –Душанбе, 2017. -С.13-15.
13. **Курбонова, Х.Р.** Физико-химические основы совместной переработки золы углей суглерод-фторсодержащими отходами / Х.Р. Курбонова, А.Х. Сафиев, Дж.Р. Рузиев // Науч.-практич. конф. «Перспективы инновационной технологии в развитии химической промышленности Таджикистана». –Душанбе, 2017. - С.15-17.

## АННОТАТСИЯ

ба диссертатсияи Қурбонова Хуринисо Раҳмоновна «Асосҳои технологияи коркарди якҷояи сиаллит ва хокистари ангишт бо партовҳои майдонҳои шлами истеҳсоли алюминий», барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои химия аз рӯи ихтисоси 05.17.01 –технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ

*Мақсади корҳои татқиқотӣ* - ҷустуҷӯи асосҳои физикавӣю химиявӣ коркарди якҷояи сиаллит ва хокистари ангиштҳои Тоҷикистон бо партовҳои майдонҳои шлами газтозакунии истеҳсоли алюминий бо усули пухтан, ки барои ҳосил намудани гилҳок ва концентрати криолит-гилҳокдор мусоид аст.

Дар рисолаи мазкур усулҳои таҳлилӣ–дифференциалӣ- ҳароратӣ (ТДХ), таҳлили рентгенофазавӣ (ТРФ) ва дигар усулҳои таҳлили химиявӣ барои натиҷагирии эътимоднок ва асоснок истифода шуданд. Усулҳои коркарди маълумот бо истифода аз банди барномавии Microsoft Office Excel ва ANSYS CFX ба иҷро расиданд.

Муайян карда шуд, ки баромади ниҳоят зиёди гилҳок бо истифодаи таносуби зерини маводҳои аввала дар омехта амали мегардад:

$$m_{\text{сиаллит}} : m_{\text{шлам}} : m_{\text{тақиюни кристалли}} = 3,0 : 5,0 : 2,0$$

Дар таносуби мазкури минералҳо баромади  $Al_2O_3$  (82,5%) аз рӯи речаи зерини технологӣ амали мешавад: ҳарорат  $-950$  °C; давомнокии раванди пӯхтан - 120 дақ.

Муайян карда шуд, ки коркарди якҷояи хокистар ва хокистардағғол бо партовҳои майдонҳои шламии дорои минералҳои шайрерит ва буркеити КВД ШАТ таносуби оптималии компонентҳои омехта чунин мебошад:

$$m_{\text{хокистар}} : m_{\text{шлам}} : m_{\text{шайрерит буркеит}} = 1,1 : 4,0 : 2,5$$

Дар ин таносуби минералҳои таркиби омехта баромади гилҳок (84,6%) дар ҳарорати  $900$ °C бо давомнокии раванди пӯхтан дар 120 дақиқа амали мегардад.

Схемаи асосии технологияи коркарди якҷояи сиаллители кони Зиддӣ ва хокистари ангиштҳои Тоҷикистон бо партовҳои майдонҳои шлами дорои шайрерит ва буркеити истеҳсоли алюминии КВД «ШАТ» коркард карда шуд.

*Калимаҳои калидӣ:* ашёи гилҳокдор бо миқдори зиёди силитсий, партовҳои майдонҳои шлами, пухтани омехта, ишқоронидани пухта, омехтаи криолит-гилҳок, хокистари ангишт, хокистардағғол.

## РЕЗЮМЕ

на диссертационную работу Курбоновой Хуринисо Рахмоновны на тему: «Технологические основы совместной переработки сиаллитов и золы углей с отходами шламовых полей алюминиевого производства», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ

*Целью работы* является изыскание физико-химических основ совместной переработки сиаллитов и золы углей Таджикистана с компонентами отходов шламовых полей газоочистки алюминиевого производства спекательными способами с получением глинозёма и криолит-глинозёмного концентрата.

В диссертации использованы физико-химические методы анализа - дифференциально-термический анализ (ДТА), рентгенофазовый анализ (РФА) и другие методы химического анализа, которые были применены для получения достоверных и обоснованных результатов, имеющих высокую точность и воспроизводимость эксперимента. Обработка информации выполнена с помощью программного пакета Microsoft Office Excel и ANSYS CFX.

Определено, что наибольший выход глинозёма отмечается при следующем соотношении исходных минералов в шихте:

$$m_{\text{сиаллит}} : m_{\text{шлам}} : m_{\text{кр.осадок}} = 3,0 : 5,0 : 2,0.$$

При данном соотношении компонентов и следующих технологических режимах: температура 950°C, продолжительность спекания 120 минут выход Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> составляет 82,5%.

Выявлено, что при совместной переработке золы и золошлаков с отходами шламовых полей, содержащих шайрерит и буркеит, ГУП «ТАЛКО» оптимальным соотношением компонентов в шихте является:

$$m_{\text{зола}} : m_{\text{шлам}} : m_{\substack{\text{шайрерит} \\ \text{буркеит}}} = 1,1 : 4,0 : 2,5.$$

При данном соотношении компонентов в шихте и при температуре 900°C и длительности спекания 120 мин выход глинозёма составляет 84,6%.

Разработана принципиальная технологическая схема совместной переработки сиаллитов Зиддинского месторождения и золы углей Таджикистана с отходами шламовых полей, содержащих шайрерит и буркеит, алюминиевого производства ГУП «ТАЛКО».

*Ключевые слова:* высококремнистое глиноземсодержащее сырьё, отходы шламовых полей, спекание шихты, выщелачивание спека, криолит-глиноземная смесь, зола углей, золошлаки.



## SUMMARY

**on the dissertation work Kurbonova Huriniso Rahmonovna on the topic "Technology aspects of joint processing of siallites and coal ash with waste of aluminum slurry fields" recommended to be defended for the scientific degree of candidate of chemical sciences in specialty 05.17.01 - technology of inorganic substances**

The Aim of the work is to find the physicochemical basis for the joint processing of siallites and ash from coals of Tajikistan with the components of wastes of aluminum gas scrubbing fields of sintering processes with the production of alumina and a concentrate of cryolite and alumina.

The physicochemical methods of analysis (differential-thermal analysis (DTA), X-ray phase analysis (XRD) and other methods of chemical analysis were used to obtain reliable and valid results that have high accuracy and reproducibility of the experiment. The processing of information was carried out using the software package Microsoft Office Excel and ANSYS CFX.

It is determined that the highest yield of alumina is made with the following ratio of the initial minerals in the charge:

$$m_{siallit} : m_{shlam} : m_{kr.osadok} = 3,0 : 5,0 : 2,0.$$

At a given ratio of minerals, the yield of  $Al_2O_3$  (82,5%) is produced under the following process conditions: temperature  $-950^{\circ}C$ , and a sintering time of 120 minutes.

It was revealed that when ash and ash and slag reclamation with the waste of the sludge fields of the contained Shayrerit, Burkeite GUP "TALKO" is combined, the optimal ratio of the components in the charge is:

$$m_{zoli} : m_{shlam} : m_{shairerit, burkt} = 1,1 : 4,0 : 2,5.$$

In this ratio of minerals in the charge, the yield of alumina (84,6%) is at a temperature of  $900^{\circ}C$  and the duration of the sintering cycles is 120 minutes. Basic technological schemes for the joint processing of the Zaydinsky siallites and ash of coals of Tajikistan with waste of sludge fields containing syyrrite, burkeite of aluminum production of SUE "TALKO" were developed.

*Key words:* high-siliceous alumina-containing raw materials, waste of slurry fields, batch sintering, sinter leaching, cryolite-alumina mixture, coal ash, ash and slag.

Разрешено в печать 28.11.2018г. Сдано в печать 15.01.2019г.  
Формат 60x84 1/16. Гарнитура литературная. Объем 1,0 усл. п.л.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Заказ №08/15

Издательство ООО «Промэкспорт».  
734042, Таджикистан, г.Душанбе, ул. Айни, 13в.  
Тел. 227-63-73. E-mail: promexpo\_tj@mail.ru