

## **О Т З Ы В**

**официального оппонента доктора технических наук, профессора  
Немчиновой Нины Владимировны на диссертацию Кырчикова Алексея  
Владимировича на тему:**

**«Исследование твердофазных взаимодействий компонентов боксита со  
щелочью при получении глинозема по способу низкотемпературного  
спекания», представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и  
редких металлов.**

Диссертационная работа Кырчикова А.В. посвящена разработке ряда технологических решений переработки низкокачественного бокситового сырья с применением низкотемпературного спекания в щелочных средах, что способствует повышению эффективности комплексной переработке низкокачественных бокситов. Особенностью данной работы является возможность снижения потерь каустической щелочи после выщелачивания данного спека, в полученных красных шламах, также было установлено, что они обладают новыми свойствами, по сравнению с красными шламами существующей технологии спекания бокситового сырья уральских глиноземных заводов. А также возможности получения новых технологических продуктов, снижению энергетические затраты при производстве глинозема. Впервые показана принципиальная возможность снижение углеродного следа в технологии спекания бокситов в присутствии каустической щелочи.

### **Актуальность темы диссертации**

Современное состояние алюминиевой промышленности России характеризуется дефицитом (60 %) производимого глинозема ( $Al_2O_3$ ) и ограниченным запасом высококачественных бокситов – руд для получения  $Al_2O_3$ . В связи с этим возникает необходимость переработки все большего количества низкокачественных бокситов, которые характеризуются относительно высоким содержанием кремнезема ( $SiO_2 = 5-8 \%$ ) и железа ( $Fe_2O_3 > 25 \%$ ). При переработке бокситов по способу Байера, как и для способа спекания, использование низкокачественных бокситов приводит к увеличению количества получаемых техногенных отходов – красных шламов (КШ). Для повышения рентабельности получения глинозема из низкокачественного сырья необходимо минимизировать затраты уже на этапе переработки боксита на глинозем. Это может быть достигнуто: снижением потребления энергоресурсов, в том числе и топлива; модернизацией/рационализацией технологических переделов производства, уменьшением потерь полезных компонентов (глинозема и щелочи) с красным шламом, комплексным использованием бокситов.

Из вышесказанного следует, что для алюминиевой промышленности, в частности, для глиноземного производства, актуальной остается задача разработки альтернативных экономически эффективных способов переработки низкокачественных бокситовых руд, и решение проблемы утилизации красных шламов, производства из них железосодержащих концентратов и концентратов

редкоземельных элементов. Для снижения себестоимости и повышения конкурентоспособности предприятий, производящих глинозем из низкокачественных руд, например, Тиманских бокситов, необходимо стремиться к минимизации издержек на этапе переработки боксита на глинозем, в частности, на переделе спекания и выщелачивания бокситового спека. Поставленные задачи могут быть достигнуты при реализации следующих мероприятий: снижение топливных и энергетических затрат за счет применения на этапе спекания низкотемпературного способа при 300-400 °С, снижения потерь дорогостоящих соединений (глинозема и щелочи) с удаляемым красным шламом при выщелачивании бокситового спека и комплексной переработки боксита и технологических растворов.

Таким образом, актуальность работы заключается во вовлечении в переработку низкокачественного сырья, минимизации при этом энергетических затрат на этапе спекания бокситов с соединениями натрия, снижения потерь глинозема и щелочи в условиях выщелачивания спека и комплексном использовании продуктов глиноземного производства.

## **1. Научная новизна в рамках требований к диссертации**

Научная новизна полученных результатов отражена в следующих основных положениях.

1. Определено влияние температуры и продолжительности на показатели низкотемпературного спекания с каустической щелочью индивидуальных компонентов бокситового сырья.

2. Впервые показано влияние температуры спекания на образование при выщелачивании спека маггемита с высокой удельной площадью поверхности и магнитными свойствами.

3. Изучены кинетические закономерности спекания основных компонентов боксита с каустической щелочью, в том числе с использованием уравнения Ерофеева-Колмогорова, которые показали, что данные реакции являются топохимическими, а лимитирующей стадией при температурах ниже 350 °С является диффузия.

4. Экспериментально выявлены условия спекания красного шлама в присутствии извести с каустической щелочью, позволяющие снизить содержание оксида натрия в красном шламе до 0,15 %.

## **2. Теоретическая и практическая значимость работы**

1. Определены оптимальные условия процесса, позволяющие максимизировать извлечение глинозема в раствор с получением бесщелочного высокожелезистого красного шлама.

2. На основании экспериментальных данных, теоретических исследований разработана технология комплексной переработки бокситов с применением низкотемпературного спекания. Технология позволяет перерабатывать глиноземсодержащее сырье при пониженных температурах (200–400 °С) с высокой интенсивностью протекания процесса, что позволяет снизить расход природного топлива.

3. Получаемый по предлагаемой технологии красный шлам рассматривается как железосодержащий продукт ( $> 70 \% \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), который может быть использован для получения сорбентов, пигментов и концентрата для извлечения редкоземельных элементов и железа.

4. Показана принципиальная возможность снижения углеродного следа в технологии спекания боксита с каустической щелочью.

5. Полученные закономерности могут быть спроецированы на переработку отвальных красных шламов процесса Байер-спекание.

### **3. Степень достоверности и апробация результатов**

В работе применялось современное научно-исследовательское оборудование с обработкой результатов на соответствующем программном обеспечении фирм-изготовителей аналитических приборов. Одновременное применение разных методик определения характеристик продуктов позволяет увеличить достоверность результатов исследований. Выявленные в работе закономерности химических взаимодействий не находят противоречий в рамках современных представлений о законах термодинамики и физической химии. Достоверность результатов подтверждается корректностью постановки и проведения теоретических и экспериментальных исследований, апробацией основных положений диссертации в публикациях и выступлениях автора на научных конференциях.

#### **Общая оценка содержания диссертации**

Кырчиков А.В. выполнил работу на актуальную тему, подтвердил хорошее знание проблемы, умение самостоятельно планировать и вести теоретические и экспериментальные исследования. Диссертация и автореферат написаны лаконично с корректным использованием научно-технической терминологии. Работа изложена на 124 страницах, содержит 61 рисунок, 31 таблицу. В диссертации приведено достаточное количество иллюстративного материала, что обеспечивает наиболее полное понимание изложенной информации. Объем диссертационной работы достаточен для отражения содержания и результатов выполненных исследований. Содержание диссертации в необходимой мере отражено в автореферате и публикациях. Основные научные результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 10 научных работах, из которых 5 статей опубликованы в изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ и входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus; автор имеет 1 патент РФ на изобретение.

#### **Замечания и вопросы по работе**

В целом, диссертационная работа написана грамотно (иногда встречаются грамматические ошибки), доступным научным языком и содержит все необходимые элементы, предусмотренные правилами оформления этого документа. Изложенные суждения позволяют считать теоретические и практические результаты диссертации не вызывающими серьезных возражений. Однако, по содержанию работы имеются следующие замечания и вопросы:

1. Объясните, чем обусловлен выбор золы ТЭЦ для проведения выщелачивания? Бокситы — это другое сырье.

2. Высококонтрированная щелочная среда приводит к разложению карбонатов боксита, а также  $\text{CO}_2$  будет поглощаться из воздуха. Каким образом будет выводиться сода из процесса?

3. В работе не обсуждается и не приводится подобное описание оборудования, используемое для процессов спекания и выщелачивания.


4. Не показана экономическая эффективность предлагаемых технологий

Приведенные в отзыве замечания не снижают научной и практической ценности диссертации, а имеют, главным образом, значение пожеланий по дальнейшему развитию данного исследования.

#### 4. Заключение по диссертации

Диссертация «Исследование твердофазных взаимодействий компонентов боксита со щелочью при получении глинозема по способу низкотемпературного спекания», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов, полностью отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский Федеральний университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор - Кырчиков Алексей Владимирович - заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

«15 » ноября 2022

Официальный оппонент,  
Заведующая кафедрой металлургии  
цветных металлов, ФГБОУ ВО  
«Иркутский национальный исследовательский  
технический университет»,  
доктор технических наук, профессор  Нина Владимировна Немчинова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Иркутский национальный исследовательский технический университет»  
Почтовый адрес: 6664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83  
e-mail: [ninavn@istu.edu](mailto:ninavn@istu.edu)  
Телефон: 8 (3952) 40 51 16  
Сот.тел.: 89027673811

