

**ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА,**

доктора технических наук **Шепелева Игоря Иннокентьевича** на диссертацию **Элдиб Амр Басьюни Саад** на тему «Комплексная переработка низкосортного алюминийсодержащего сырья Египта с получением металлургического глинозёма и попутной продукции», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - Металлургия чёрных, цветных и редких металлов

Актуальность темы диссертации

Глинистые минералы и породы занимают особое место в металлургии алюминия и на начальных этапах создания приемлемых для его промышленного производства технологических процессов служили одним из наиболее доступных сырьевых источников, как в период развития химических (металлотермических) процессов, так и позже в период освоения технологии электролитического получения алюминия по способу Эру-Холла. При этом были заложены научно-технологические основы комплексной переработки глинистого (каолинового) сырья кислотными и щелочными способами, часть из которых была реализована в промышленном масштабе и подготовила промышленное освоение нефелинового сырья, переработка которого представляет для нашей страны исключительное значение не только в настоящее время, но и в обозримой перспективе. Последующий период массовой переработки бокситов заметно понизил интерес к бесщелочным алюмосиликатам, но в данный момент с полным правом можно говорить о его ренессансе. В этой связи хорошо известны как глобальные, так и региональные аспекты данной проблемы, заключающиеся в решении вопросов переработки золошлаковых отходов мирового топливно-энергетического комплекса, освоения национальных запасов низкокачественных бокситов глинистого типа и разнообразных глинистых пород, а также поддержания производительности действующих глинозёмных предприятий при исчерпании запасов существующей сырьевой базы и т.д. Значимость последнего вопроса со всей очевидностью проявилась в последнее десятилетие на примере исчерпания Кия-Шалтырского месторождения нефелиносиенитовых руд, выполнявшего многие десятилетия роль основной сырьевой базы Ачинского глинозёмного комбината, что подтолкнуло специалистов к поиску альтернативных источников сырья с высоким содержанием глинозёма. Это позволило разработать целый ряд технических решений для введения в состав известняково-нефелиновой шихты разнообразных алюминийсодержащих материалов природного и техногенного происхождения с целью поддержания проектной производительности комбината. Среди опробованных материалов были испытаны бокситы различных месторождений, шлаки от производства ферротитана и феррохромана, шамотный бой и др. Не последнее место в этом ряду занимают и каолиновые

руды, для использования которых на АГК, консорциумом исполнителей при поддержке ОК РУСАЛ была разработана комплексная кислотно-щелочная технология.

Таким образом, тема диссертации Элдиб Амр Басьюни Саад полностью отвечает современным тенденциям в развитии минеральной базы производства глинозёма, а её актуальность определяется необходимостью адаптации известных технических решений применительно к конкретным сырьевым источникам и технико-экономическим условиям их переработки на основе дальнейшего повышения эффективности способа спекания двухкомпонентной известняково-каолиновой шихты. Нет сомнения в том, что данное направление работ представляет значительный интерес для минерально-сырьевого комплекса Египта и возможности обеспечения национального производства алюминия собственным сырьём и глинозёмом.

2. Структура и объем диссертации

Структура диссертации включает все необходимые элементы, предусмотренные нормативной документацией, в том числе: оглавление, введение, 5 глав с выводами, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы из 209 ссылок на первоисточники. Общий объём диссертации составляет 170 страниц машинописного текста формата А4. Количество рисунков по главам существенно отличается, в том числе: глава 1 – 25; глава 2 – 15; глава 3 – 43; глава 4 – 28; глава 5 – 5. Общее количество рисунков составляет 116. Похожим образом дифференцировано и количество таблиц: глава 1 – 2; глава 2 – 0; глава 3 – 12; глава 4 – 16 и глава 5 – 0. Общее количество таблиц – 30. Понятно, что наибольшее количество таблиц и рисунков приурочено к главам, представляющим результаты экспериментальных исследований, включая первичный материал и материалы его графоаналитической обработки, что составляет 28 таблиц и 71 рисунок, вошедшие в главу 3 и 4. Библиографические источники даны в алфавитном порядке авторов с последовательным представлением публикаций на русском и английском языке. При этом доля публикаций на английском языке весьма значительна и составляет 74 % или 155 источников, а доля современных публикаций находится на уровне 50 %.

Смысловое назначение и содержание разделов диссертации кратко охарактеризовано в автореферате диссертации, что в полной мере соответствует тексту диссертации. При этом автор строго придерживается принятых норм и традиций при изложении результатов научного исследования. Это позволяет представить основные защищаемые положения и другие, критически важные характеристики квалификационной работы, во введении по аналогии с вступительной частью автореферата.

В первой и второй главе, на основе анализа объекта исследования и его научной обеспеченности, определена цель и задачи исследования.

В третьей и четвёртой главе дана методическая проработка экспериментальных исследований, а также представлены результаты этих исследований и дано их научно-технологическое осмысление, которое завершается предложениями по адаптации предлагаемых технических решений применительно к минерально-сырьевому комплексу Египта в главе 5.

Заключение является расширенной версией заключения, приведённого в автореферате, которое отражает основные выводы по главам, кратко характеризует научные результаты и определяет направление дальнейших исследований по переработке каолиновых руд.

Научная новизна работы

К результатам, обладающим новизной по научной специальности 05.16.02 – Металлургия чёрных, цветных и редких металлов, можно отнести следующие материалы, положения и выводы, представленные в работе Элдиб Амр Басьюни Саад:

1. Доказана перспективность использования каолинового сырья в качестве регионального источника глинозёма, с учётом его запасов и инфраструктуры минерально-сырьевых комплексов Египта, наличия доступных месторождений известняка и потребителей портландцемента в качестве попутной продукции. При этом показано, что каолиновые руды, как продукты глубокого геохимического изменения щелочных полевошпатовых пород, обладают достаточно близким химико-минералогическим составом, определяющим возможность их переработки в рамках единого технологического подхода, например на основе спекания двухкомпонентной известняково-каолиновой шихты, не зависимо от региона происхождения.

2. Экспериментально определены условия лабораторной реализации технологического процесса приготовления и спекания двухкомпонентной известняково-каолиновой шихты с последующим выщелачиванием спёка, принятые в качестве лабораторного стандарта, позволяющего установить влияние одного или нескольких технологических факторов, влияющих на показатели вскрытия сырья, по аналогии со стандартом ОК РУСАЛ на переработку нефелиновых руд и концентратов.

3. Экспериментально установлено, что влияние температуры на показатели переработки известняково-каолиновой шихты, характеризуется наличием максимума извлечения оксида алюминия, который отражает полноту завершения процессов с образованием алюминатов кальция и извлечения из них оксида алюминия, а с другой

стороны говорит об образовании трудновскрываемого муллита, как продукта фазовых превращений каолина.

4. Установлено активирующее воздействие углеродсодержащих добавок в составе двухкомпонентной известняково-каолиновой шихты на показатели извлечения оксида алюминия, при сохранении ранее указанной закономерности, связанной с влиянием температуры, что позволило высказать предположение о связи этого явления с интенсификацией эффекта саморассыпания спёка в результате фазового перехода при участии двухкальциевого силиката.

Практическая значимость результатов научно-квалификационной работы Элдиб Амр Басьюни Саад:

1. По материалам экспериментального исследования двухстадийного пиро-гидрометаллургического вскрытия каолиновых руд получен значительный объём результатов, которые существенно дополняют базу данных о переработке такого сырья и могут служить надёжной основой для предпроектной подготовки и технико-экономической оценки планируемого к реализации технологического процесса.

2. Предложенное автором технологическое решение по составу шихты для переработки каолиновых руд и концентратов, позволяет на 5-7 % повысить извлечение оксида алюминия, что является значимым для практики переработки алюмосиликатного сырья по сравнению с ранее достигнутыми показателями на уровне 85-86 %.

3. Методические разработки автора представляют интерес для практики исследования аналогичных технологических процессов и систем, особенно в части изучения процесса саморассыпания и оценки активности продуктов спекания.

4. Экспериментальные результаты по активирующему воздействию углерода на показатели спекания известняково-каолиновой шихты и основанные на этом технологические решения заслуживают их включения в лекционные курсы по металлургии лёгких металлов и по комплексной переработке минерального сырья, а также в программы повышения квалификации инженерно-технологических работников отрасли.

Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и рекомендаций работы обусловлена целым рядом факторов, методологических подходов и приёмов, использованных автором с опорой на ключевые стандарты и нормативную документацию и определяется методически обоснованным комплексом аналитических исследований с использованием стандартных методик, лабораторного аттестованного оборудования и поверенных средств измерений обработкой результатов экспериментов статическими

методами, достаточным количеством проведенных опытов и подтверждается корреляцией результатов моделирования и лабораторных исследований и испытаний.

Оценка содержания диссертации, степень ее завершенности в целом и качество оформления

Текст диссертации имеет необходимую последовательность изложения и сбалансированную структуру, написан технически грамотным языком, а с позиций содержания диссертация Элдиб Амр Басьюни Саад является законченной научно-квалификационной работой соответствующей паспорту научной специальности 05.16.02 «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов» по следующим пунктам областей исследований: п. 1 «Рудное, нерудное и энергетическое сырье», п. 4 «Термодинамика и кинетика металлургических процессов», п. 9 «Подготовка сырьевых материалов к металлургическим процессам и металлургические свойства сырья», п. 11 «Пирометаллургические процессы и агрегаты», и п. 13. «Гидрометаллургические процессы и агрегаты».

Работа соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации по п. 6 «Рациональное природопользование» (утв. Указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. N 899). Ее направленность отвечает стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года (Распоряжение Правительства от 22 декабря 2018 г. № 2914-р) в части выявления месторождений твердых полезных ископаемых нетрадиционных геолого-промышленных типов и обеспечения рационального использования созданной минерально-сырьевой базы. Часть исследований, приведённых в диссертационной работе, выполнена в рамках реализации проектной части государственного задания № 11.4098.2017/ПЧ от 01.01.2017, а также при поддержке Российского научного фонда по Соглашению № 18-19-00577 от 26.04.2018, что подтверждается ссылками на данные источники финансирования в публикациях автора по теме диссертации.

Диссертация оформлена в едином стиле, который соответствует требованиям к представлению научно-квалификационных работ на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Замечания по диссертационной работе

При анализе диссертационной работы возникли следующие вопросы и замечания:

1. Автором использована лабораторная методика спекания сухой брикетированной шихты в строго определённых условиях её приготовления. Насколько данная методика подходит для реализации в промышленных условиях или позволяет получить результаты соответствующие промышленным условиям переработки подобных шихт?

2. При обсуждении природы активирующего воздействия углерода на показатели спекания автором сделано предположение о его многофакторном характере, включающем термодинамический, кинетический и энергетический аспекты. Можно ли выделить основной, наиболее значимый фактор, связанный с изменениями в процессе спекания шихты под воздействием углерода?

3. При проведении экспериментальных исследований автором были использованы каолиновые руды различных месторождений, которые несмотря на близость их химико-минералогического состава имеют заметные отличия по содержанию примесных компонентов, величине силикатного модуля и др. характеристикам. Какое влияние оказывают эти различия на показатели вскрытия каолинового сырья и эффективность использования углеродистой добавки? Следовало бы дать ограничения по составу каолиновых руд, предназначенных для производства глинозёма в промышленных условиях с целью достижения наиболее высоких технологических показателей.

4. Какие рекомендации можно дать в отношении выбора природы и качества углеродистой добавки для её введения в состав известняково-каолиновой шихты, так как возможных вариантов достаточно много, а в работе рассмотрено использование только двух типов углеродистого материала, при этом существенно отличающихся по своей природе, физическим и физико-химическим свойствам?

5. Кинетические зависимости, приведённые на рис. 4.27, имеют достаточно сложный вид на завершающей стадии выщелачивания каолинового спека. Какова точность приведённых на этом рисунке результатов и как можно объяснить данные зависимости с позиций кинетики гетерогенных процессов?

6. Экономическая оценка достигнутых технологических показателей, предложенная автором в 5-ой главе, является приближённой и требует уточнений для конкретных условий реализации рассмотренных в работе технологических решений переработки низкосортного алюминийсодержащего сырья.

7. Требуется пояснение в чем состоит авторский вклад в физико-химическое обоснование предлагаемых технических решений.

Данные замечания и рекомендации в значительной степени носят дискуссионный и уточняющий характер и не оказывают существенного влияния на качество и полноту выполненного исследования, а также его научное содержание и практическую значимость.

Заключение

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и является законченной квалификационной работой, в которой получила дальнейшее

