

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 212.224.03
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 29.09.2021 № 24

О присуждении **Халифа Ахмед Абделазим Элсайед Ибрагим Абду**, гражданину Арабской Республики Египет, ученой степени кандидата технических наук

Диссертация **«Разработка технологии получения железорудного агломерата повышенной прочности с использованием отходов глиноземного производства»** по специальности 05.16.02 - Metallургия черных, цветных и редких металлов принята к защите 12.07.2021 года, протокол № 12 диссертационным советом ГУ 212.224.03 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, приказ ректора Горного университета от 25.06.2019 г. № 836 адм, с изм. от 25.11.2019г. №1605адм; с изм. от 08.12.2020г. №1775адм; с изм. от 05.02.2021г. №178адм; с изм. от 21.04.2021 №778адм.

Соискатель, **Халифа Ахмед Абделазим Элсайед Ибрагим Абду**, 08.02.1988 года рождения, В 2016 г. присвоена степень магистра по специальности Горное дело (Инженерный факультет, Каирский университет, Арабская Республика Египет), с 2017г. по настоящее время **Халифа Ахмед Абделазим Элсайед Ибрагим Абду**, является аспирантом очной формы обучения кафедры металлургии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Справка о сданных кандидатских экзаменах выдана 15 февраля 2021 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования « Санкт-Петербургский горный университет». Диплом об окончании аспирантурую получен 28.06.2021 г.

Диссертация выполнена на кафедре металлургии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент **Бажин Владимир Юрьевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра автоматизации технологических процессов и производств, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Логинова Ирина Викторовна - доктор технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра металлургии цветных металлов профессор.

Герасимов Андрей Михайлович - кандидат технических наук, Научно-производственная корпорация «Механобр-техника» (акционерное общество), старший научный сотрудник,

дали положительного отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет»**, г. Иркутск в своем положительном отзыве, подписанном Немчиновой Ниной Владимировной, доктором технических наук, профессором, заведующей кафедрой металлургии цветных металлов; Жмуровой Викторией Васильевной, кандидатом технических наук, секретарем заседания, доцентом той же кафедры и утвержденным Корняковым Михаилом Викторовичем, доктором технических наук, ректором указала, что разработана и научно-обоснована технология восстановления железа из красного шлама в водородном потоке для последующего использования агломератов в доменной плавке. Разработаны технология модифицирования египетской железной руды и технология карботермического восстановления оксидов железа из красного шлама с использованием микроволнового нагрева для непосредственного внедрения на производствах чугуна и стали на российских предприятиях. Полученный агломерат обладает повышенными прочностными свойствами и не снижает технико-экономические показатели доменной плавки, проведенной на предприятиях сталелитейной компании Ezz Steel (Египет).

Ценность работы обусловлена тем, что все публикации способствуют решению важных технологических проблем в области знаний, связанных с масштабной переработкой техногенных отходов металлургических производств, а некоторые публикации представляют новый подход и инновационные альтернативные решения к извлечению железа из нетрадиционного сырья, которые способствуют решению всех задач исследования, а также снижением уровня загрязнения окружающей среды и рециркуляции отходов.

Материалы и основные научные результаты диссертации изложены в 8 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на

соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени кандидат наук (далее – Перечень ВАК), в том числе 4 статьи, опубликованные в изданиях, входящих в МБДиСЦ СА(р), Scopus и включенные в перечень ВАК, и 4 публикации в прочих изданиях. Зарегистрирована одна заявка на изобретение. Получен 1 патент на программу ЭВМ.

Общий объем – 4,7 печатных листа, в том числе печатных – 2,4 печатных листа соискателя.

Публикации в изданиях рекомендованных ВАК Минобрнауки:

1. **Халифа, А.А.** Влияние красного шлама на предотвращение полиморфизма двухкальциевого силиката и саморазрушение агломерата / А. А. Халифа, В.А. Утков, В.Н. Бричкин // Вестник иркутского государственного технического университета. – 2020. –Т. 24. –№ 1. – С. 231–240.

Соискателем выполнено научное обоснование влияния полиморфизма двухкальциевого силиката на прочностные характеристики цементных смесей.

2. **Халифа, А.А.** Повышение эффективности карботермического восстановления красного шлама при обработке микроволнами / А.А. Халифа, В. Ю. Бажин, М. Э. М. Х. Шалаби, А. Абдельмонеим, М. Омран // Вестник Иркутского государственного технического университета. –2021. – Т. 25. –№ 2. – С. 264-279.

Соискателем разработана методика эксперимента и получены зависимости влияния микроволнового нагрева смесей красного шлама на показатели эффективности и степень восстановления оксидов до металлизированного состояния.

Публикация в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

3. Lebedev A. B. Sintered sorbent utilization for H₂S removal from industrial flue gas in the process of smelter slag granulation / A. B. Lebedev, V.A. Utkov, **A. A. Khalifa** // Journal of Mining Institute. – Vol. – 237, – PP. 292–297, 2019, DOI: 10.31897/PMI.2019.3.292. (Перечень Scopus).

Соискателем обосновано использование сероводорода как активного сорбента в процессе окомкования шлаков и шламов.

4. **Khalifa, A. A.** Study the Recycling of Red Mud in Iron Ore Sintering Process / V. Y. Bazhin, Y. V. Kuskova, A. Abdelrahim, Y. M. Z. Ahmed // Journal of Ecological Engineering. – 2021. – № 22. – Vol. 6. – P. 122-143.

Соискателем получены высокопрочные агломераты с добавлением красного шлама для их последующего применения в черной металлургии.

Публикации в прочих изданиях:

5. Глазьев, М. В. Механизм взаимодействия между наночастицами кремнегеля с активной развитой поверхностью при получении агломератов / М. В. Глазьев, В. Ю. Бажин, А. А. Халифа // Нанозифика и Наноматериалы: сборник научных трудов - Санкт-Петербург, 2020. - С.87-94.

Соискателем изучен механизм взаимодействия наночастиц кремнегеля в среде диоксида углерода для получения агломерационных продуктов на основе SiO₂, которые могут быть использованы в качестве сырья для производства новых материалов.

6. Халифа, А.А. Актуальность использования агломератов из красного шлама в качестве сырья для производства чугуна и стали / А.А. Халифа, В. Ю Бажин // Высокие технологии и инновации в науке: сборник статей международной научной конференции (Санкт-Петербург, Январь 2021). – СПб: ГНИИ «Нацразвитие», 2021. С.159–163

Соискателем изучены кинетические особенности получения окатышей из красного шлама посредством обработки водородом для получения высокопрочных железорудных окатышей.

7. Халифа А. А. Восстановление красного шлама древесным углем с использованием микроволнового нагрева / А. А Халифа, А. Б Лебедев // Сборник LXI Международной научно-практической конференции «Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке» 2021. С.15–20

Соискателем изучены особенности микроволновой обработки шихты из красного шлама с древесным углем для повышения эффективности процесса и снижения продолжительности фазовых переходов.

8. Халифа, А. А. Изучение кинетических особенностей получения окатышей из красного шлама посредством обработки в потоке водорода / А. А. Халифа, В. Ю Бажин // Вестник ИрГТУ. Конференции «Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов» 2021. 22-23 апреля, С.61-64.

Соискателем разработана методика эксперимента и получены зависимости влияния микроволнового нагрева смесей красного шлама на показатели эффективности и степень восстановления оксидов до металлизированного состояния.

Патент:

9. Программа для ЭВМ РФ № 2021660986. Программа для управления и контроля водородотермического восстановления окатышей красного шлама. Авторы: Мартынов С.А., Халифа А.А., Николаев М.Ю. Бюл. 7. Дата публикации: 05.07.2021

10. Заявка на изобретение РФ № 2021106415. Шихта для производства ванадиевого чугуна. Авторы: Горленков Д.В., Утков В.А., Бажин В.Ю., Халифа А.А., Дата приоритета: 12.03.2021.

Апробация диссертационной работы проведена на следующих мероприятиях: Международном научном семинаре (Нанозифика и Наноматериалы), 25-26 ноября 2020, г. Санкт-Петербург; LXI Международной научно-практической конференции «Экспериментальные и теоретические исследования в стремительной науке», СИБАК, январь 2021, г. Новосибирск; Международной научной конференции «Высокие технологии и инновации в науке» г. Санкт-Петербург (ГНИИ «Нацразвитие», январь 2021); Международной НПК «Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов», 22-23 апреля 2021 года, г. Иркутск.

В диссертации Халифа Ахмед Абделазим Элсайед Ибрагим Абду отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от **В.Ю.:Рудя** д.т.н., профессора ректора АНО ВО «Северо-Западный открытый технический университет»; **П.И. Першина**, к.т.н., генерального директора ООО «СТАРСИСТ+»; **Т.А. Александровой**, к.т.н., доцента кафедры машиностроения и металлургии АНО ВО «Северо-Западный открытый технический университет»; **В. А. Липина**, д.т.н., заведующего кафедрой физической и коллоидной химии, ФГБОУ ВО «Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского университета промышленных технологий дизайна»; **С.И. Гершковича**, к.т.н., начальника технического отдела АО «Боровичский комбинат огнеупоров»; **И.Б. Пантелева**, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт» (технический университет).

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность выбранной темы, большая практическая значимость работы и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако имеется ряд замечаний:

-Есть замечание по структуре диссертации. Работа имеет очень значительный объем, защищаются три научных положения, а второе положение по объему занимает 40% диссертационной работы (д.т.н. **В.Ю. Рудь**).

-Из автореферата непонятно, как проведен расчет экономической эффективности. Почему нет оценки каждого из предлагаемых технических решений? (д.т.н. **В.Ю. Рудь**).

- Каким образом рассчитывалась экономическая эффективность снижения расхода электроэнергии на 10-15%? (к.т.н. П. И Першин).
- В первом защищаемом положении говорится о вводе 3% красного шлама в смесь египетского железорудного сырья, однако при проведении экспериментов был взят красный шлам уральского алюминиевого завода. (к.т.н. П.И. Першин).
- Каковы параметры использования микроволновой печи при восстановлении железа? (к.т.н. Т.А. Александрова).
- Непонятно, какая марка древесного угля используется для восстановления железа (к.т.н. Т.А. Александрова).
- Добавка только 3% красного шлама в шихту для получения агломерата практически не влияет на расходование красных шламов, накопленных на шламохранилищах и получаемых в действующих производствах из-за несопоставимости их объемов. Тем более красные шламы не могут быть «источником основного шихтового материала для получения чугуна и стали», как это утверждается в автореферате (д.т.н., В. А. Липин).
- Не ясно, каким образом связаны египетское железорудное сырье и красный шлам Уральского алюминиевого завода. Предполагается использовать этот шлам? Или он обладает химико-минералогическими характеристиками близкими к предполагаемому к использованию в качестве добавки? Вопрос транспортировки шлама и дешевых методов его подготовки для транспортировки так и остался до сих пор нерешенным (д.т.н. В. А. Липин).
- Из автореферата непонятны экономические достоинства предлагаемых технических решений, как при использовании восстановительной атмосферы водорода и древесного угля, так и микроволновой обработки. Насколько достигаемый положительный эффект оправдывает затраты? (д.т.н. В. А. Липин).
- Рис 5 Б построен по трем экспериментальным точкам (д.т.н. В. А. Липин).
- В автореферате нет сравнительных данных, показывающих эффективность микроволновой обработки (д.т.н. В. А. Липин).
- Прошу пояснить режим ведения процесса стабилизация в- двухкальциевого силиката (к.т.н. С. И. Гершкович).
- На чем основан выбор количества добавок красного шлама? (к.т.н. С. И. Гершкович).
- Каковы источники используемого красного шлама? (к.т.н. С. И. Гершкович).
- Каким образом планируется доводить красный шлам из шламохранилища до состояния, обеспечивающего использования (к.т.н. С. И. Гершкович).
- На стр. 3 автор утверждает, что «... содержание железа (в красном шламе), которое доходит до 40-60%...». Содержание железа в самых богатых железных рудах не

превышает 57 %. Может, автор имел ввиду не содержание железа, а содержание оксида железа? (д.т.н. И.Б. Пантелеева).

-Анализируя состав красного шлама (стр. 10), автор приводит формулу $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, называя его каолином. Это не так, приведённая формула соответствует минералу каолинит, каолин же является осадочной горной породой (д.т.н. И.Б. Пантелеева).

-На стр. 8 автор утверждает, что получен патент на изобретение. А на стр. 20 узнаём, что ещё только подана заявка на изобретение. Требуется устранить разногласие (д.т.н. И.Б. Пантелеева).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертации и их компетентностью в области науки в сфере исследования со способностью определить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

установлено, что при нагреве образцов красного шлама со скоростью 20 °С в мин в заданном интервале температур 50-1400 °С, основные фазовые переходы связаны водяными парами, разложение гиббсита с образованием $\gamma-Al_2O_3$, дегидроксилированием каолинита, разложением карбоната кальция, образованием небольшого количества гематита и силикатов, при 12.44% общей потери массы.

Степень восстановления оксидов агломерата максимально увеличивается при добавлении 3% КШ в агломерационную шихту, и повышение степени восстановления составляет около 86%.

Установлено, что наибольшая прочность на сжатие окатышей (110 МПа) достигается при максимальном содержании влаги 8 % и содержании бентонита не более 2%.

Определено, что реакция восстановления из Fe_2O_3 в Fe_3O_4 проходит при 650 - 700 °С, а восстановление Fe_3O_4 в FeO начинается при 900 °С. При 1100 °С содержание металлического железа в образце достигает 73,42%, что обеспечивает устойчивую прочность окатышей. При заданной скорости водородного потока в объеме печи обеспечивается восстановление оксидов железа более 95%, последовательном увеличении температуры со скоростью 20 °С/ мин в интервале 800-1000 °С. Значение энергии активации при 800-1000 °С составляет 35 кДж/моль. Микроволновая обработка шихты из красного шлама в смеси с древесным углем повышает эффективность процесса и снижает продолжительность фазовых переходов, что дает преимущество перед стандартными

восстановительными методами, обеспечивая значительное повышение восстановления железа (до 90%) при сокращении времени выдержки и снижении температуры процесса.

Анализ микроструктуры и морфологии частиц указывает на то, что зерна железа в результате микроволнового нагрева при 1000 °С распределяются по всему объему образца.

проведенные исследования показали, что получены железосодержащие продукты со степенью восстановления 90 %, могут стать альтернативным сырьем в производстве чугуна и стали.

установлена связь между объемом допирования, приводящим к значительным микроструктурным изменениям со стабилизацией β -полиморфа. При увеличении содержания КШ в огнеупорном материале улучшаются, механические свойства цементного смеси, которые достигают максимальной прочности при 10%-м его содержании.

приведена оценка экономической эффективности технологий при обработке различных смесей красного шлама, которая указывает на преимущество микроволновой обработки, за счет снижения расхода электроэнергии на 10–15%.

оценка достоверности результатов исследования выявила: для экспериментальных работ результаты получены с использованием известных апробированных методик измерения на поверенном оборудовании на базе лаборатории кафедры металлургии, кафедры металлургии и центра коллективного пользования Горного университета, Центрального научно-исследовательского металлургического института, г. Каир, Египет; исследовательской группы технологической металлургии Университета Оулу, г. Оулу, Финляндия.

теория построена на известных в области металлургии и материаловедении процессах. Технические данные согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации; **идея базируется** на обширных экспериментальных исследованиях; анализе практики различного подхода к технологиям восстановления железа из красного шлама: восстановление железа из красного шлама в водородном потоке, технология карботермического восстановления оксидов железа красного шлама с использованием микроволнового нагрева, **использованы** технические и экономические обоснования применения разработанных технологий с указанием разницы разработанных технических решений от применяемой стандартной практики, а также **использованы** современные методы сбора и обработки исходной информации, представительные совокупности данных с обоснованием подбора объекта наблюдений и измерений.

установлено, что результаты, полученные соискателем при проведении лабораторных исследований, не противоречат общепринятым теоретическим представлениям по обеспечению устойчивой прочности агломерата. **Выбраны** технологические параметры ионообменного процесса восстановления и факторы для эффективной утилизации красного шлама в процессе спекания с египетской железной рудой. Новая технология заключается в использовании красного шлама для получения нового типа белитового цемента в результате стабилизации двухкальциевого силиката, что является перспективной альтернативой портландцементу.

Личный вклад автора заключается в определении целей и задач, теоретической и методической проработке выбранного направления исследований по утилизации и переработке красного шлама для дальнейшего использования полученных продуктов в процессах черной металлургии для решения вопросов, связанных с загрязнением окружающей среды. В апробации экспериментов и обработке полученных результатов исследования. В разработке технологических схем получения прочных агломерационных продуктов с высоким содержанием железа методами и водородотермии и карботермического восстановления в условиях микроволнового нагрева.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель **Халифа Ахмед Абделазим Элсайед Ибрагим Абду** ответил на задаваемые в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

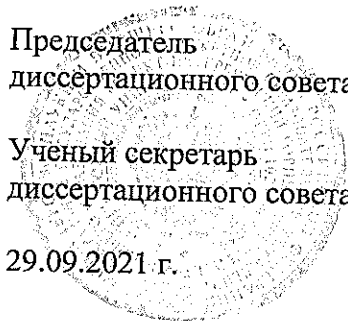
На заседании 29.09.2021 г. диссертационный совет принял решение присудить **Халифа Ахмед Абделазим Элсайед Ибрагим Абду** ученую степень кандидата технических наук за решение важной научно-технической задачи по извлечению ванадия и никеля из углеводородного сырья.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из - 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно выданы на разовую защиту – нет, проголосовали: за - 17, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

29.09.2021 г.



Сизяков Виктор Михайлович

Бодуэн Анна Ярославовна