

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Федерального государственного  
автономного образовательного учреждения

высшего образования «Уральский  
федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина

кандидат технических наук, доцент

И.Н. Обабков

2026 г.

М.П.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию *Максимовой Регины Игоревны* на тему: «Синтез гидрокарбоалюминатов кальция и рециклинг известкового компонента при комплексной переработке нефелинового сырья», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

## 1. Актуальность темы диссертации

Тема диссертации и её актуальность не вызывают вопросов, так как переработка высококремнистого алюминиевого сырья является хорошо известным и востребованным направлением развития металлургии алюминия в нашей стране. При этом, несмотря на крупные достижения и значительные успехи отечественных исследователей и вклад производителей, обеспечивших конкурентоспособность переработки такого сырья, сохраняется целый ряд задач, связанных с дальнейшим повышением эффективности переработки щелочных алюмосиликатов как наиболее востребованного ресурса. В этой связи автор справедливо заостряет внимание на двух проблемных вопросах, значение которых возрастает с каждым годом и которые нуждаются в решении. Здесь, прежде всего, речь идёт об адаптации хорошо известных технологических решений применительно к переработке минерального сырья, отличающегося от нефелиновых руд и концентратов по величине молярного соотношения натрия и калия, в том числе применительно к переработке ультракалиевых пород и концентратов. Второй вопрос, решение которого имеет многоплановое значение, заключается в регенерации известкового компонента в составе нефелинового шлама и создании рациональной системы оборота этого компонента для использования на переделах технологического процесса, связанных с потреблением природного

## ОТЗЫВ

BX. # 9-624 OT 18.09.26  
AY YC

известняка или производных продуктов. Именно это, по мнению автора, создаёт технологическую основу для снижения эмиссии углекислого газа в связи с уменьшением потребления природного известняка и количества парниковых газов, образующихся при его разложении в составе известняково-нефелиновой шихты.

Необходимо отметить, что данное исследование выполнено в рамках зарегистрированной научной школы Горного университета «Комплексная переработка сырья цветных, благородных и редких металлов» под руководством профессора В.М. Сизякова и при поддержке Российского научного фонда по Соглашению № 18-19-00577 от 26.04.2018, как соответствующего направлению «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».

## **2. Научная новизна диссертации**

Признаками научной новизны обладает целый ряд результатов диссертационного исследования, имеющего значение для развития научной специальности 2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов» в соответствии с пунктами, справедливо указанными автором в диссертации и автореферате диссертации:

- п.4 «Термодинамика и кинетика металлургических процессов»;
- п.7 «Рециклинг материалов, переработка отходов производства и потребления»;
- п.9 «Энергосбережение, утилизация отходов металлургического производства, снижение выбросов, в том числе парниковых газов»;
- п.19 «Гидрометаллургические процессы и агрегаты».

В этой связи необходимо отметить экспериментальное исследование синтеза твёрдых растворов на основе сложных алюминатов кальция с использованием оригинальной методики определения их химического и вещественного состава, а также сопоставление физических и физико-химических характеристик синтезированных образцов с применением высокотехнологичных аналитических методов и специализированных программных продуктов.

Также научной новизной обладают результаты теоретического обоснования и экспериментального изучения процесса регенерации известкового компонента в составе нефелинового шлама с получением синтетического карбоната кальция, удовлетворяющего требованиям его оборота и применения по содержанию основного компонента (СаО) и примеси кремнезёма, на ряде ведущих технологических переделов переработки нефелинового сырья.

## **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций прежде всего доказывается использованием в**

работе строгого научно-методологического подхода с опорой на фундаментальные знания, существующую теорию и практику производства глинозёма, а также системное и корректное использование ранее полученных результатов с соответствующими библиографическими ссылками. В этом отношении диссертационное исследование опирается на известные ГОСТы и другие нормативные документы, определяющие порядок выполнения научного исследования, содержание отчётной документации, библиографическое описание документов и т.д. В полной мере этот подход характерен и для опубликованных автором статей, которые раскрывают отдельные этапы проведённого исследования и в целом научное содержание диссертационной работы, в том числе оригинальные технические решения и разработки. Эти материалы включают: 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 1 патент на изобретение и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Анализ этих публикаций показывает, что содержание первого положения, выносимого на защиту, полноценно отражено в одной статье (ВАК, Scopus) и свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа для расчёта химического и вещественного состава твёрдых растворов на основе сложных алюминатов щелочноземельных металлов». Содержание второго положения полноценно отражено в 3-х статьях (ВАК, Scopus) и патенте «Способ комплексной переработки нефелинового сырья», который раскрывает и доказывает технологическое решение, связанное с регенерацией известкового компонента при переработке нефелинового шлама и его использованием на переделе приготовления известняково-нефелиновой шихты и сырьевой портландцементной смеси алитового состава.

Таким образом, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций не вызывают сомнений в связи с корректностью использования известных научных данных, опорой на методологию научного исследования, экспериментальное подтверждение сформулированных гипотез, широкую апробацию и экспертизу полученных результатов.

#### **4. Научные результаты, их ценность**

Диссертация изложена на 164 страницах машинописного текста, содержащего 49 рисунков и 30 таблиц, а её структура включает введение, 5 глав, список литературы из 136 наименований и 3 приложения. Анализ содержания этого текста убедительно показывает последовательность получения научных результатов для достижения цели диссертационного исследования, т.е. разработки научно-обоснованных технических решений для повышения эффективности комплексной переработки нефелинового сырья. При этом в рамках аналитического исследования (первая глава), разработки теоретических вопросов (вторая глава), экспериментальных

исследований (третья и четвертая главы), разработки принципиальной технологической схемы рециклинга известкового компонента получены следующие научные результаты:

4.1 определены направления и сформулированы задачи научных исследований;

4.2 высказана гипотеза, определившая оригинальный научно-методологический подход для решения поставленных задач;

4.3 научно обоснован метод комплексного физико-химического исследования для установления химического и вещественного состава продуктов синтеза гидрокарбоалюминатов кальция (ГКАК), в том числе разработана и зарегистрирована программа для выполнения соответствующих расчётов;

4.4 установлены теоретические закономерности, определяющие пути снижения эмиссии парниковых газов при комплексной переработке нефелинового сырья. Определены термодинамические закономерности углекислотной конверсии ортосиликата кальция в составе нефелинового шлама с образованием карбоната кальция и его перекристаллизации с образованием пирссонита ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ );

4.5 экспериментально установлены отличия в составе и свойствах ГКАК в зависимости от природы щелочного металла в алюминатном растворе для его синтеза;

4.6 экспериментально установлены закономерности перекристаллизации синтетического карбоната кальция с образованием пирссонита. При этом показано существенное влияние количества вводимой затравки на скорость и полноту кристаллизации пирссонита;

4.7 экспериментально показана возможность полноценной замены природного известняка в составе известняково-нефелиновой шихты и/или сырьевой портландцементной смеси на оборотный известковый компонент, что определило разработку технологического решения для комплексной переработки нефелина с пониженной эмиссией парниковых газов.

Таким образом, ценность данных результатов определяется их достоверностью в связи с теоретической обоснованностью и экспериментальной проверяемостью, значением для развития целого ряда областей исследований в рамках научной специальности 2.6.2 и существенностью для практики комплексной переработки щелочных алюмосиликатов.

**5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации,** прежде всего, подтверждаются их соответствием и существенностью для развития научной специальности 2.6.2 по целому ряду пунктов направлений исследований, а также практической направленностью диссертационной работы на повышение эффективности комплексной

переработки нефелиновых руд и концентратов. В этой связи необходимо отметить теоретическую значимость результатов по пунктам 4.3 – 4.7 для научной специальности «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов», по п.4 «Термодинамика и кинетика металлургических процессов»; п.7 «Рециклинг материалов, переработка отходов производства и потребления»; п.9 «Энергосбережение, утилизация отходов металлургического производства, снижение выбросов, в том числе парниковых газов»; п.19 «Гидрометаллургические процессы и агрегаты». При этом практическая значимость перечисленных результатов определяется разработкой оригинальных методических решений при выполнении теоретических и экспериментальных исследований, представляющих интерес для тиражирования в рамках последующих научно-исследовательских работ. Безусловным прикладным значением обладает разработка программы для расчёта химического и вещественного состава твёрдых растворов на основе сложных алюминатов щелочноземельных металлов (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024682672 Российская Федерация). Прикладной значимостью также обладает разработанный автором способ комплексной переработки нефелинового сырья (Патент № 2865057 С1 Российская Федерация), позволяющий уменьшить эмиссию парниковых газов, снизить выход отвального шлама и гармонизировать соотношение основной и попутной продукции.

## **6. Рекомендации по использованию результатов работы**

В соответствии с представленными в разделе 4 научными результатами и их ценностью, а также теоретической и практической значимостью результатов, показанной в разделе 5, представляется возможным дать рекомендации для путей их дальнейшего использования, которые по понятным причинам включают образовательную, научно-исследовательскую и прикладную составляющие. В этой связи представляется целесообразным использование полученных результатов:

- в образовательных программах высшего образования при подготовке специалистов по технологическим специальностям, связанным с переработкой минерального сырья, а также в дисциплинах экологической направленности;

- в научно-исследовательской работе применительно к переработке щелочных алюмосиликатов и их аналогов, в том числе в интересах разработки ресурсосберегающих и экологически безопасных технологических решений производства глинозёма, алюминия и попутной продукции;

- применительно к разработке проектных решений для модернизации существующего производства глинозёма из нефелиновых руд и концентратов, повышения его экономической эффективности и экологической безопасности.

## **7. Замечания и вопросы по работе**

7.1. По результатам первого защищаемого положения остаётся нераскрытым то, чем объясняется необходимость синтеза ГКАК в условиях переменного катионного состава щелочных металлов.

7.2. Как можно объяснить аддитивность изменения состава и свойств твёрдых растворов на основе сложных алюминатов кальция при изменении катионного состава щелочных металлов в алюминатном растворе для синтеза ГКАК?

7.3. Так как автором не выполнялся синтез ГКАК с использованием обратного известкового компонента, то возникает вопрос о корректности утверждения о его применимости в данном технологическом процессе с учётом особенностей получения, а также его гранулометрического, химического и вещественного состава.

7.4. Просьба пояснить возможность использования оборотной затравки пирсонита при перекристаллизации кальцита в содовом растворе и способ получения затравки, использованной в экспериментальных исследованиях (глава 4, стр. 100 – 110).

7.5. Можно ли на основе полученных результатов уточнить снижение эмиссии парниковых газов с учётом других источников, ответственных за выброс углекислого газа, помимо разложения известняка?

7.6. При оценке экономической эффективности предлагаемого способа рециклинга известкового компонента не учитывались затраты на его получение.

7.7. Просьба пояснить значение публикации 1 в рамках диссертационного исследования (автореферат диссертации, стр. 19) с учётом её историко-аналитического характера.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки выполненного диссертационного исследования и носят уточняющий характер с целью обратить внимание соискателя на отдельные вопросы, представляющие интерес для последующего изучения.

## **8. Заключение по диссертации**

Диссертация «Синтез гидрокарбоалюминатов кальция и рециклинг известкового компонента при комплексной переработке нефелинового сырья», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Максимовой Регины Игоревны обсужден и утвержден на заседании кафедры металлургии цветных металлов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», протокол № 12 от «10» сентября 2026 года.

К. Наук, профессор

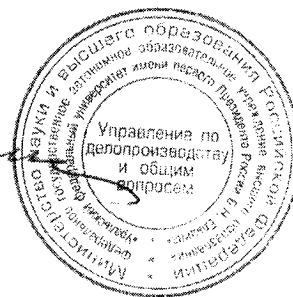
Дата: « 10 » сентября 2026 года

154

Дата: 10 сентября 2026 года

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
УРФУ  
МОРОЗОВА В.А.

ПЕТАРЬ



ПЕРВЫЙ ЗАМЕСТИТЕЛЬ  
ПРОРЕКТОРА ПО НАУКЕ  
КРУЖАЕВ В. В.

**Сведения о ведущей организации:**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Почтовый адрес: 620062, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Официальный сайт в сети Интернет: [https:// urfu.ru /](https://urfu.ru/)

эл. почта: [contact@urfu.ru](mailto:contact@urfu.ru) телефон: 8-800-100-50-44