

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.228.04, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 28 января 2025 г. № 1

О присуждении **Казанцеву Якову Викторовичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Выделение редких элементов из лигнита и углеродсодержащих отходов алюминиевого производства» по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ принята к защите 12 ноября 2024 года (протокол заседания № 10) диссертационным советом 24.1.228.04, созданным на базе ФИЦ КНЦ СО РАН (660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50), приказ о создании диссертационного совета № 47/нк от 30 января 2017 года.

Соискатель Казанцев Яков Викторович, 11 декабря 1992 года рождения, в 2015 году окончил специалитет федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» по специальности 150701 «Физико-химия процессов и материалов». С 07 сентября 2015 года по 06 сентября 2019 года обучался в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ) по направлению 22.06.01 Технологии материалов. С 30 августа 2023 года по 29 февраля 2024 года Казанцев Я.В. прикреплен к ФИЦ КНЦ СО РАН для сдачи кандидатских экзаменов по научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ, отрасль наук – химические науки. Кандидатские экзамены сданы по следующим дисциплинам: Технология неорганических веществ, Иностранный язык (английский), История и философия науки. В настоящее время работает инженером кафедры композиционных материалов и физико-химии металлургических процессов СФУ.

Диссертация выполнена на кафедре композиционных материалов и физико-химии металлургических процессов СФУ.

Научный руководитель - доктор химических наук, профессор Шиманский Александр Федорович, заведующий кафедрой композиционных материалов и физико-химии металлургических процессов СФУ.

Официальные оппоненты:

Сачков Виктор Иванович, доктор химических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», заведующий лабораторией «Инновационно-технологического центра» Сибирского физико-технического института ТГУ;

Кузьмин Дмитрий Владимирович, кандидат химических наук, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», старший научный сотрудник лаборатории гидрометаллургических процессов Института химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН.

дали **положительные** отзывы о диссертации.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

Отзыв положительный. Отзыв подготовлен и подписан заведующим кафедрой обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова, доктором технических наук, профессором Федотовым Константином Вадимовичем и доцентом кафедры, кандидатом технических наук, доцентом Власовой Верой Викторовной, отзыв утвержден ректором ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» доктором технических наук Корняковым Михаилом Викторовичем. В отзыве ведущей организации отмечено, что поставленные в диссертации задачи решены в полном объёме. Полученные в диссертационной работе результаты имеют теоретическое и практическое значение для развития процессов химико-металлургической переработки редкометалльного углеродсодержащего сырья с получением конкурентоспособной продукции высокой готовности, а также – снижения антропогенного воздействия алюминиевого производства на окружающую среду. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы для расширения сырьевой базы и комплекса современных методов извлечения германия, галлия и РЗМ из природного и техногенного сырья, что может послужить усилению сырьевой независимости в производстве редких металлов. Диссертация Якова Викторовича Казанцева «Выделение редких элементов из лигнита и углеродсодержащих отходов алюминиевого производства» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной автором на современном научном уровне, содержащей новое решение актуальной задачи переработки редкометалльного углеродсодержащего сырья и извлечения ценных

компонентов германия, галлия и РЗМ. Представленная работа полностью соответствует требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Казанцев Яков Викторович заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Соискатель имеет по теме диссертации 14 опубликованных работ, из них 5 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 патент РФ. Результаты работы доложены на конференциях различного уровня. Работы посвящены определению химического, фазового состава и свойств природного (лигнит) и техногенного (углеродный концентрат) редкометалльного сырья, выявлению механизмов накопления редких элементов в техногенных продуктах алюминиевого производства, а также установлению закономерностей переработки лигнита и углеродного концентрата с извлечением германия, галлия и редкоземельных металлов.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Шиманский А.Ф., **Казанцев Я.В.**, Лосев В.Н., Буйко О.В., Моисеенко И.М., Наидко В.И. Исследование процессов комплексной переработки лигнита с целью извлечения редких элементов // Журн. Сиб. федер. ун-та. Химия. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 398–408.
2. Shimanskii A.F., Losev V.N., Buyko O.V., Yasinsky A.S., Malyshkin A.V., **Kazantsev Ya.V.** Aluminum Smelting Carbon Dust as a Potential Raw Material for Gallium and Germanium Extraction // JOM. – 2020. – V. 73. – Iss. 4. – P. 1103–1109.
3. Losev V., Buyko O., Shimanskii A., **Kazantsev Y.**, Metelitsa S., Borodina E., Li M. Extraction of gallium from carbon concentrate - Aluminum industry waste // Hydrometallurgy. – 2024. – V. 226. – P. 106289.
4. Yasinskiy A., Shimanskii A., Losev V., Buyko O., **Kazantsev Ya.**, Simonova N. Trace Elements in Aluminium Smelting Carbon Dust and Their Extraction // Minerals, Metals and Materials Series. – 2022. – P. 417-422.
5. Пат. 2793648 РФ. МПК C22B 41/00, C01G 17/00. Способ получения концентрата германия из углеродсодержащего сырья / А.Ф. Шиманский, **Я.В. Казанцев**, Р.Г. Еромасов, В.И. Наидко; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». – № 2022119861; заявл. 19.07.2022; опубл. 04.04.2023, Бюл. № 10.

На автореферат диссертации поступило **7** отзывов. Все отзывы положительные.

Краткий обзор вопросов и замечаний, содержащихся в отзывах ведущей организации, официальных оппонентов д.х.н., доцента Сачкова В.И. (НИ ТГУ), к.х.н. Кузьмина Д.В. (ИХХТ СО РАН) и на автореферат (д.х.н., проф. Никольского В.М. (ТвГУ), д.т.н., доцента Лановецкого С.В. (БФ ПНИПУ), к.х.н., доцента Касикова А.Г. и к.т.н. Соколова А.Ю. (ИХТРЭМС КНЦ РАН), к.т.н. Бузунова В.Ю. (АО «РУСАЛ «Красноярск»), к.т.н. Почтарева А.Н. (АО «ГИРЕДМЕТ»)):

1. В описании схемы накопления галлия и германия в угольной пене и, как следствие, в углеродном концентрате, не раскрыт механизм сорбции галлия и германия.
2. В работе указано, что годовое производство галлия в России составляет 5 т, а при переработке отходов алюминиевого производства в виде углеродного концентрата можно выделить ещё 4 т галлия. Какова годовая потребность в галлии в России?
3. По какому критерию оцениваются оптимальные условия выщелачивания РЗМ из зольного остатка лигнита (стр. 78 диссертации)?
4. В работе не обоснован выбор соотношения Т:Ж в процессах выщелачивания РЗМ. Автор выбрал Т:Ж=1:20, однако в работе отсутствуют данные об исследованиях других соотношений.
5. Не обоснован выбор в качестве селективных выщелачивающих систем для извлечения галлия, например, смеси  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  с  $\text{H}_2\text{O}_2$ , или  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . В работе нет данных о влиянии концентраций таких смесей, соотношений компонентов и ряда других данных, необходимых для обоснования сделанного выбора.
6. Проводились ли количественные эксперименты с учетом баланса основных компонентов (Ga, Ge, РЗМ) в исходном сырье, отходах и продуктах с учетом всех стадий по предложенным схемам переработки. Насколько реализуемы данные схемы на практике в укрупнённом масштабе?
7. Является ли экономически целесообразным извлечение галлия из зольного остатка способом сплавления зольного остатка с щелочными плавнями или выщелачивание раствором гидроксида натрия?
8. На чём основан механизм извлечения Ge и Ga при сжигании углеродного концентрата?
9. В термодинамической модели процесса горения сырья (стр. 10 автореферата) учитывается лишь образование оксидов германия, а следовало бы учесть и реакции взаимодействия германия с продуктами горения углерода.
10. Почему при проведении экспериментов по сжиганию лигнита и углеродного концентрата предпочтение отдавалось фракции с размером частиц 3-6 мм?

11. Не совсем понятно, каким образом рисунок 4 в автореферате на стр. 12 подтверждает корреляцию германия и серы в золе уноса?
12. Каким образом автор объясняет увеличение степени извлечения галлия в процессе сплавления зольного остатка от сжигания углеродного концентрата с избытком гидроксида или гидрокарбоната натрия?
13. Почему уже растворённый в электролите германий из тела анода в форме комплексного иона сорбируется углеродом? Германий из глинозёма восстанавливается на катоде?
14. Почему сульфиды германия не обнаруживаются в зольном остатке?
15. При сжигании лигнита не указано распределение мышьяка по продуктам.
16. Утверждение, что источником галлия и германия являются углеродные материалы анода не доказано, рассуждения о наличии элементарного галлия в угольном концентрате не обоснованы и сомнительны.
17. Какова точность определения содержания редкоземельных металлов?
18. На рисунке 8 не указана погрешность измерения. Остается неясным, почему в качестве оптимальной кислоты выбрана HCl (степени извлечения 90 % и 92 % - это довольно близкие значения).

Все присланные отзывы отмечают актуальность выполненной работы, ее научную новизну и практическую значимость. Достоверность результатов ни у кого из приславших отзывы сомнений не вызвала.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован наличием широко известных публикаций и разработок в области технологии неорганических веществ, что позволяет наиболее полно и квалифицированно оценить научную и практическую ценность рассматриваемой диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- разработаны и теоретически обоснованы способы переработки лигнита и углеродсодержащих отходов алюминиевого производства для извлечения германия, галлия и редкоземельных металлов;
- предложен механизм накопления и определены формы нахождения германия и галлия в угольной пене и углеродном концентрате;
- разработан процесс сжигания сырьевых материалов в кипящем слое с получением золы-уноса, обогащенной германием, и зольного остатка, обогащенного редкоземельными металлами в случае лигнита, или галлием в случае углеродного концентрата;

- доказана принципиальная возможность использования углеродного концентрата, одного из многотоннажных отходов алюминиевого производства, в качестве сырьевого источника галлия и германия.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

установленные автором физико-химические закономерности процессов сжигания лигнита и углеродного концентрата, выщелачивания редкоземельных металлов и галлия из зольных остатков вносят вклад в развитие теоретических основ технологий переработки редкометалльного углеродсодержащего сырья.

**Применительно к проблематике диссертации** эффективно использован комплекс современных физико-химических методов исследования и анализа: рентгеновский флуоресцентный и рентгенофазовый анализы, атомно-эмиссионная и масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, синхронный термический анализ, сканирующая электронная микроскопия и микрорентгеноспектральный анализ.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- разработан и апробирован новый способ получения концентратов германия, галлия и редкоземельных элементов из углеродсодержащего сырья;
- представлены рекомендации по использованию различных реагентов для выщелачивания галлия и редкоземельных металлов из зольных остатков;
- полученные результаты могут быть использованы в химико-металлургических процессах переработки природного и техногенного редкометалльного углеродсодержащего сырья.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- воспроизводимость экспериментальных результатов;
- согласованность данных, полученных различными физико-химическими методами исследования и анализа с использованием сертифицированного оборудования;
- использование баз данных и научных электронных библиотек;
- обоснованность экспериментальными данными основных положений и выводов диссертации.

**Личный вклад соискателя состоит:**

в непосредственном участии в планировании, проведении экспериментов, анализе, обработке и интерпретации полученных результатов, представлении результатов в форме научных публикаций и докладов на международных и всероссийских конференциях.

В ходе защиты диссертации критических замечаний не было. Соискатель Казанцев Я.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 28 января 2025 года диссертационным советом сделан вывод, что диссертация Казанцева Я.В. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача, имеющая существенное значение для технологии переработки редкометалльного углеродсодержащего сырья. Установлены закономерности процессов выделения германия, галлия и редкоземельных металлов из углеродсодержащих материалов природного и техногенного происхождения.

Диссертационный совет принял решение присудить Казанцеву Якову Викторовичу **ученую степень кандидата химических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: **за - 17, против - нет**, недействительных бюллетеней - **нет**.

Председатель  
диссертационного

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Чесноков Николай Васильевич

Бурмакина Галина Вениаминовна

30 января 2025 года