

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

РХТУ.2.6.04 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (РХТУ им. Д.И. Менделеева) по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № 52/25
решение диссертационного совета
от 02 апреля 2026 г. № 4

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Гакиеву Адаму Лечиевичу, представившему диссертационную работу на тему «Сорбция рения и индия наномодифицированными углеродными композитами» по научной специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Диссертация принята к защите «19» февраля 2026 года, протокол № 1, диссертационным советом РХТУ 2.6.04 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 15 человек приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от «03» февраля 2022 года № 170Д с изменениями, внесенными приказами и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от «25» декабря 2023 года № 418А, от «30» июня 2025 года № 1287СТ, приказами ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 29 декабря 2025 года № 249 ОД, от «26» февраля 2026 года № 420Д.

Соискатель Гакиев Адам Лечиевич, «22» мая 1997 года рождения, гражданин Российской Федерации, в 2021 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики с присвоением квалификации «Инженер», диплом серия 107718 номер 1137144, регистрационный номер 65, дата выдачи «05» февраля 2021 года.

С 01.09.2021 по 31.08.2025 проходил обучение по образовательной программе высшего образования, программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по группе научных специальностей 2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия, научная специальность 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов от 17 сентября 2025 года № 79 выдана Российским химико-технологическим университетом имени Д.И. Менделеева.

Соискатель работает инженером в Федеральном автономном учреждении «25-й Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации».

Диссертация выполнена на кафедре технологии редких элементов и наноматериалов на их основе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Тема диссертационной работы и научный руководитель – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

Трошкина Ирина Дмитриевна, утверждены решением ученого совета Института материалов современной энергетики и нанотехнологии – ИФХ от 30 октября 2024 года, протокол № 3.

Официальные оппоненты:

Герман Константин Эдуардович – доктор химических наук, заведующий лабораторией химии технеция федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук;

Богатырева Елена Владимировна – доктор технических наук, профессор кафедры цветных металлов и золота федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС».

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (392000, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5).

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 14 научных работах (объем 39 с.), опубликованных соискателем, в том числе в изданиях, входящих в базы данных научного цитирования Scopus – 2 статьи. Получен 1 патент Российской Федерации. В публикациях по теме диссертационной работы представлены результаты исследования сорбционных процессов извлечения рения и индия модифицированными углеродными композитами. Все работы опубликованы в соавторстве. Личный вклад автора составляет 75-80 % и заключается в непосредственном участии в проведении экспериментов, анализе данных, обсуждении полученных результатов, подготовке публикаций материалов в научных изданиях и докладах на конференциях.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Gakiev A.L., Troshkina I.D., Kryukov A.Y. Recovery of indium from sulfuric acid solutions by carbon composites modified with nanotubes // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2025. Vol. 70, No 1. P. 106-110. DOI: 10.1134/S0036023624602241. (Scopus).

В статье приведены результаты исследования сорбции индия наномодифицированными углеродными композитами. Гакиев А.Л. является основным автором работы. В работе основное внимание уделено определению сорбционных характеристик углеродного композита, модифицированного нанотрубками, при извлечении индия из сернокислых растворов.

2. Тарганов И.Е., Гакиев А.Л., Кадирбеков А.А., Трошкина И.Д., Бектенов Н.А., Чередниченко А.Г. Адсорбционное извлечение аминов из водных растворов // Теоретическая и прикладная экология. 2024. № 2. С. 91-100. DOI:10.25750/1995-4301-2024-2-091-100. (Scopus).

В работе основное внимание уделено определению сорбционных характеристик углеродного композита, модифицированного нанотрубками, при извлечении растворенных органических соединений.

Результаты диссертационной работы также апробированы на 6 международных и 5 всероссийских научных конференциях, где А.Л. Гакиев участвовал в подготовке материалов конференций и выступал в качестве докладчика.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв официального оппонента, доктора химических наук (1.4.13. Радиохимия), заведующего лабораторией химии технеция федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина Российской академии наук **Германа Константина Эдуардовича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1) Не изучено влияние температуры на сорбцию рения и индия углеродными композитами и подобное рассмотрение могло бы расширить спектр решаемых задач.

2) Автор изучил процесс извлечения индия как углеродными композитами, так и углеродными нанотрубками, однако влияние количества функциональных групп, которые как известно, находятся на поверхности углеродных нанотрубок и активированных углей, изучено не было.

3) Растворы, образующиеся в результате вулканической активности, содержат, наряду с рением и индием, другие ценные элементы – германий, галлий, палладий, молибден. Насколько селективны углеродные нанокompозиты в отношении рения и индия?

В заключении отзыва указано, что диссертация Гакиева Адама Лечиевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные решения задачи сорбционного извлечения рения и индия при комплексной переработке нетрадиционных источников сырья, имеющие существенное значение для укрепления минерально-сырьевой базы страны стратегически важными металлами. По своему содержанию диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части направлений исследований «Очистка и концентрирование рудных щелоков, газообразных и твердых продуктов разложения рудных концентратов и других видов сырья». Диссертация на тему: «Сорбция рения и индия наномодифицированными углеродными композитами» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Гакиев Адам Лечиевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

2. Отзыв официального оппонента, доктора технических наук (05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов), профессора кафедры цветных металлов и золота федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» **Богатыревой Елены Владимировны**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Целесообразно было в автореферате привести: 1) экономическое обоснование выбора сорбентов (стр. 54 диссертационной работы); 2) сравнительный анализ характеристик процесса сорбции рения и индия на ионообменных смолах и разработанных углеродных композитах (стр. 117);

2. Не ясно, почему в работе выполнена оценка конкурирующего влияния ионов Fe^{3+} и Fe^{2+} на сорбцию индия на углеродном композите (стр. 90), а для рения только для Fe^{3+} (стр. 73). Представляло интерес исследовать влияние продолжительности контакта сорбента на соотношение Fe^{3+}/Fe^{2+} в растворе, т.к. существует вероятность восстановления Fe^{3+}/Fe^{2+} и протекания реакции: $Fe^{2+} + ReO_4^- + 4H^+ = Fe^{3+} + ReO_2 + 2H_2O$.

3. При изучении устойчивости работы углеродных композитов в циклах автором исследовано поведение рения и индия. Было ли изучено накопление примесей в композитах? Как это может повлиять в дальнейшем на сорбцию? Возможно ли разделение рения и индия после совместной сорбции в сложнокompонентных системах?

4. В растворе выщелачивания концентрата конденсации индий сорбируется незначительно (на 8,8 %) из-за присутствия железа. Возможно ли повысить степень сорбции?

В заключении указано, что диссертация Гакиева Адама Лечиевича на тему: «Сорбция рения и индия наномодифицированными углеродными композитами» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные решения задачи сорбционного извлечения рения и индия при комплексной переработке нетрадиционных источников сырья. Реализация этих исследований и разработок способствует значительному вкладу в развитие редкометалльной отрасли и обеспечение

Российской Федерации стратегически важными металлами – рением и индием. По своему содержанию диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части направлений исследований «Очистка и концентрирование рудных щелоков, газообразных и твердых продуктов разложения рудных концентратов и других видов сырья». Диссертация соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Гакиев Адам Лечиевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

3. Отзыв ведущей организации, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет». Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Вымываются ли нанотрубки с поверхности углеродного композита во время производственного процесса? Если да, то влияет ли их присутствие на режимы дальнейших операций? Оседают ли они на стенках технологического оборудования?

2. Целесообразно ли для количественной оценки избирательности проведение исследований селективности полученных углеродных композитов в отношении других элементов в многокомпонентных системах? Каковы перспективы их извлечения с использованием изученных материалов?

3. Может ли быть альтернативой экстракционной сорбционной переработка отходов жидкокристаллических дисплеев с использованием углеродных нанокompозитов, полученных в работе и прошедших апробацию?

В заключении указано, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные решения задачи сорбционного извлечения рения и индия при комплексной переработке нетрадиционных источников сырья. Реализация этих исследований и разработок может внести значительный вклад в национальную безопасность металлургической промышленности Российской Федерации. Диссертационная работа Гакиева Адама Лечиевича соответствует паспорту научной специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части направлений исследований «Очистка и концентрирование рудных щелоков, газообразных и твердых продуктов разложения рудных концентратов и других видов сырья». По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Гакиев Адам Лечиевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Техника и технологии производства нанопроductов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» от 04.03.2026 г. (протокол № 9).

Отзыв подписан кандидатом технических наук, доцентом, и.о. заведующего кафедрой «Техника и технологии производства нанопроductов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» Бураковым Александром Евгеньевичем, утвержден проректором по научной работе Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», доктором технических наук, профессором Муромцевым Дмитрием Юрьевичем.

4. Отзыв на автореферат кандидата технических наук, эксперта лаборатории комплексной переработки рудного сырья Акционерного общества «Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности» **Головки Валерия Васильевича**. Отзыв положительный. Имеется замечание:

1. В качестве недостатка работы можно указать, что из текста автореферата не до конца понятно, почему при последовательном разделении рения и индия степень десорбции рения достигает только 37 %? За какое время проведения разделения получена такая степень десорбции?

5. Отзыв на автореферат доктора химических наук, научного сотрудника лаборатории радионуклидов и радиофармпрепаратов Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» **Велешко Александра Николаевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Для получения более высокой достоверности при оценке лимитирующей стадии сорбции рения по кинетическим кривым особенно в случае применения модели внутренней диффузии или т.н. закона \sqrt{t} важно получить данные для времени протекания процесса $1/4$, $1/2$, 1, 2, 3 минуты. Такие данные смогли бы повысить значения коэффициента детерминации данной модели.

2. Из рисунка 9 автореферата видно, что кинетическая зависимость показывает переход процесса сорбции от быстрой поверхностной сорбции к более медленной внутрь материала поглотителя. Анализ подобных закономерностей целесообразно проводить с помощью кусочно-линейчатой функции и применять для каждой части приближение Бойда, как наиболее точно описывающего процесс диффузии на поверхности и в объеме сорбента.

3. При изучении влияния конкурирующих ионов на сорбцию индия все выбранные мешающие ионы оказывают негативное влияние, что свидетельствует о невысокой селективности материала. Было бы полезно в дальнейших исследованиях рассмотреть возможность дополнительной модификации поверхности композитов для повышения их селективности в присутствии мешающих компонентов, характерных для реальных полиметаллических растворов.

6. Отзыв на автореферат доктора технических наук, профессора, профессора кафедры Химии и технологий материалов современной энергетики Северского технологического института – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» **Софронова Владимира Леонидовича** и кандидата технических наук, доцента той же кафедры **Чубенко Яны Борисовны**. Отзыв положительный. Имеются замечания и вопросы:

1. Имеется замечание по таблице 1 автореферата: в строке «гранулометрический состав» отсутствуют единицы измерения, либо имеется в виду коэффициент однородности.

2. Автор отмечает, что в процессах сорбции рения и индия помимо физической адсорбции присутствует ионный обмен. Подтверждено ли это предположение в ходе исследований или является теоретическим?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью, которая подтверждена значительным количеством публикаций в области химии и технологии редких и радиоактивных элементов и позволяет оценить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана принципиальная технологическая схема сорбционного извлечения рения и индия из концентрата конденсации фумарольных газов;

предложено использование композита на основе активированного угля, содержащего углеродные нанотрубки, для совместного извлечения рения и индия;

установлен факт эффективной десорбции рения с углеродных композитов при комнатной температуре в отличие от высокотемпературной десорбции из активированных углей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изучены закономерности сорбционно-десорбционного извлечения рения и индия наномодифицированными углеродными композитами, вносящие вклад в расширение границ применимости полученных результатов при создании новых материалов для комплексной переработки концентратов, полученных из фумарольных газов вулкана Кудрявый и индийсодержащих отходов электронной промышленности;

доказана возможность десорбции рения при комнатной температуре с композитов, модифицированных углеродными нанотрубками, в отличие от его высокотемпературной десорбции с активированных углей;

установлено, что при введении углеродных нанотрубок в композит происходит увеличение сорбции индия.

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

получен наномодифицированный углеродный композит на основе активированного угля и углеродных нанотрубок для извлечения рения и индия;

проведено сравнение технико-экономических показателей извлечения рения и индия углеродным композитом Татсорб-УНТ и синтетическими ионитами из конденсата фумарольных газов;

апробирован в лабораторных условиях процесс сорбции индия из растворов выщелачивания отходов жидкокристаллических дисплеев с помощью углеродного композита Татсорб-УНТ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– *результаты* экспериментальных работ получены на сертифицированном оборудовании с использованием современных методов анализа;

– *показана* воспроизводимость результатов исследования и их согласованность с опубликованными данными, представленными в независимых источниках по близкой тематике;

– *использован* комплекс экспериментальных методик, обеспечивающий получение обладающих новизной результатов по извлечению рения и индия сорбционным методом;

– *идея* выделения рения и индия из растворов с помощью углеродного композита базируется на анализе опыта их извлечения и концентрирования сорбционным методом.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке цели и задач исследований, нахождении и анализе литературных данных по использованию в качестве сорбентов активированных углей и нанотрубок, извлечению рения и индия, составлении методик проведения экспериментов, получении исходных экспериментальных данных, их оптимизации, разработке наномодифицированного углеродного композита, используемого для извлечения рения и индия и их последующего разделения, а также подготовке публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация А.Л. Гакиева представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной задачи извлечения рения и индия наномодифицированными углеродными композитами, имеющей значение для развития технологии редких элементов.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов по направлению исследований «Очистка и концентрирование рудных щелоков, газообразных и твердых продуктов разложения рудных концентратов и других видов сырья».

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14 сентября 2023 года №103ОД с изменениями, внесенными приказом и.о. ректора № 27ОД от 15 апреля 2024 года и приказом ректора № 199 ОД от 15 октября 2025 года.

На заседании диссертационного совета РХТУ 2.6.04 от 02 апреля 2026 года принято решение о присуждении ученой степени кандидата технических наук Гакиеву Адаму Лечиевичу.

Присутствовало на заседании 13 членов диссертационного совета, в том числе докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации – 5.

При проведении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали:

«за» – 13 (тринадцать),

«против» – нет,

недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент



И.Л. Растунова

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

М.А. Вартанян

Дата «02» апреля 2026 г.