



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор РХТУ им. Д.И. Менделеева
д.х.н., профессор С.Н. Филатов

09

2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Гакиева Адама Лечиевича на тему: «Сорбция рения и индия наномодифицированными углеродными композитами» по научной специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов (технические науки) 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».

В процессе подготовки диссертации Гакиев Адам Лечиевич, «22» мая 1997 года рождения, являлся аспирантом кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева». Срок обучения в аспирантуре – с 01 сентября 2021 года по 31 августа 2025.

Научный руководитель – доктор технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов, профессор, 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.

По результатам рассмотрения диссертации Гакиева Адама Лечиевича на тему: «Сорбция рения и индия наномодифицированными углеродными композитами» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена необходимостью обеспечения отечественной сырьевой базы соединениями критически важных

редких металлов, которые могут быть получены сорбционным методом из сернокислых растворов, образующихся при фумарольной деятельности вулкана Кудрявый (о. Итуруп, Сахалинская обл.) и выщелачивании отходов жидкокристаллических дисплеев.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Выявлена зависимость сорбционно-десорбционных характеристик по рению и индию углеродных нанокompозитов на основе активированных углей ВСК и Татсорб от количества введенных УНТ.

2. Установлено, что при введении углеродных нанотрубок в активированный уголь Татсорб положительный заряд поверхности композита уменьшается. Определена точка нулевого заряда при значении pH 2.

3. Установлено, что сорбция рения и индия композитами ВСК-УНТ и Татсорб-УНТ, модифицированными углеродными нанотрубками, протекает во внешнедиффузионной области с определенными по модели псевдо-второго порядка константами скорости рения $6,5 \cdot 10^{-2}$ и $6,4 \cdot 10^{-2}$ г·мг⁻¹·мин⁻¹ и индия $9,2 \cdot 10^{-2}$ и $1,0 \cdot 10^{-1}$ г·мг⁻¹·мин⁻¹, соответственно.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Определены режимы сорбционного извлечения рения и индия из растворов наномодифицированными углеродными композитами.

2. Доказана возможность десорбции рения при комнатной температуре с композитов, модифицированных углеродными нанотрубками, в отличие от его высокотемпературной десорбции с активированных углей.

3. Выявлены условия совместной сорбции рения и индия из сернокислых растворов углеродными нанокompозитами и отдельной их десорбции.

4. Показана возможность извлечения рения углеродными композитами ВСК-УНТ и Татсорб-УНТ из природных вод Молибденового поля, вод озера Теплое, конденсата и растворов концентрата конденсата фумарольных газов вулкана Кудрявый. Степень сорбции рения составила 91–97 % (акт о проведении испытаний от 15.05.25, выданный ООО «ИВИГ»).

5. Предложены блок-схемы сорбционного извлечения и разделения рения и индия из конденсата фумарольных газов вулкана Кудрявый и его концентрата.

6. Показана возможность извлечения индия из растворов выщелачивания отходов жидкокристаллических дисплеев со степенью сорбции за один контакт 57,2 %.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 2 статьях, опубликованных в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus. Получен патент РФ.

Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе на: Международных конгрессах молодых ученых по химии и химической технологии МКХТ (г. Москва, 2020 г., 2021 г., 2022 г.); I и III научно-практических конференциях «Минерально-сырьевая база металлов высоких технологий. Освоение, воспроизводство, использование» (г. Москва, 2020 и 2024 г.); Всероссийском интернет-симпозиуме с международным участием «Физико-химические проблемы адсорбции и технологии нанопористых материалов» (г. Москва, 2020 г.); I международной научно-практической конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение», Сажинские чтения (г. Москва, 2021 г.); Международной научно-практической конференции «Тенденции, перспективы и инновационные подходы развития химической науки, производства и образования в условиях глобализации» (Республика Казахстан, г. Алматы, 2021 г.); XIX Всероссийской конференции-конкурсе студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2021 г.); XXIII Международной Черняевской конференция по химии, аналитике и технологии платиновых металлов (г. Новосибирск, 2022 г.); Международной научно-практической конференции «Современные аспекты химической науки и химического образования: теория и практика» (Республика Казахстан, г. Алматы, 2024 г.); The Sixth International Scientific Conference «Advances in Synthesis and Complexing» (Moscow, 2022).

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Gakiev A.L. Recovery of indium from sulfuric acid solution by carbon composites modified with nanotubes / **A.L. Gakiev**, I.D. Troshkina, A.Y. Kryukov // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2025. – Vol. 70, No 1. – P. 106-110 – DOI: 10.1134/S0036023624602241. (**Scopus**).
2. Тарганов И.Е. Адсорбционное извлечение аминов из водных растворов / И.Е. Тарганов, **А.Л. Гакиев**, А.А. Кадирбеков [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2024. – № 2. – С. 91-100. – DOI:10.25750/1995-4301-2024-2-091-100. (**Scopus**).

Патент:

1. Патент № 2802918 С1 Российская Федерация, МПК С22В 59/00, С22В 3/24, В01J 20/22. Способ извлечения рения активированным углем из водных растворов: № 2022131016: заявл. 29.11.2022: опубл. 05.09.2023 / И.Д. Трошкина, **А.Л. Гакиев**, С.А. Яцевич С.А.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Публичные доклады на международных и российских научных мероприятиях:

1. Гакиев А.Л. Кинетика адсорбции рения из сернокисло-хлоридных растворов наномодифицированным активированным углем / **А.Л. Гакиев**, М.А. Вей, И.Д. Трошкина // Успехи в химии и химической технологии. – 2020. – Т. 34, № 9 (232). – С. 49-51.
2. Трошкина И.Д. Сорбция рения из сернокислых растворов углеродными нанокompозитами / И.Д. Трошкина, И.В. Буракова, А. Вей Мое, **А.Л. Гакиев** // Физико-химические проблемы адсорбции и технологии нанопористых материалов: Материалы Всероссийского интернет-симпозиума с международным участием, посвященного 160-летию Н.Д. Зелинского,

- Москва, 19 октября – 15 ноября 2020 года / Минобрнауки России, РАН, Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, 2020. – 328 с. – ISBN 978-5-4465-3028-1. – С. 143-145.
3. Вей Мое Аунг. Влияние состава элюента на десорбцию рения из модифицированного активированного угля / А. Вей Мое, А.Л. Гакиев / Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов XIX Всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов, Санкт-Петербург, 12 – 16 апреля 2021 года. Том 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. – С. 169-170.
 4. Трошкина И.Д. Сорбция рения углеродными материалами / И.Д. Трошкина, М.А. Вей, А.Л. Гакиев [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2021. – Т. 35, № 13 (248). – С. 79-83.
 5. Трошкина И.Д. Сорбция рения углеродными материалами нанокompозитами на их основе / И.Д. Трошкина, А.Л. Гакиев, А. Вей Мое, И.Е. Тарганов // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Тенденции, перспективы и инновационные подходы развития химической науки, производства и образования в условиях глобализации», посвященной 80-летию со дня рождения выдающегося казахстанского ученого-интернационалиста – академика НАН РК Ергожина Едила Ергожаевича, Алматы, 3 ноября 2021 года. – С. 166-172.
 6. Трошкина И.Д. Извлечение рения из нетрадиционного сырья / И.Д. Трошкина, А.Л. Гакиев, А.А. Пономарчук // Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение: материалы научно-практической конференции, посвященной памяти академика Николая Петровича Сажина, Москва, 09–10 декабря 2021 года – Москва: АО «Гиредмет», 2021. – 194 с. – С. 147-148.
 7. Targanov I.E. Features of the kinetics of impregnation of a polymer carrier trialkylamine / I.E. Targanov, I.D. Troshkina, A.L. Gakiev // Успехи синтеза и

- комплексообразования = Advances in Synthesis and Complexing: сборник тезисов шестой Международной научной конференции, Москва, 26 – 30 сентября 2022 года / Российский университет дружбы народов. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2022. – Р. 414.
8. Трошкина И.Д. Сорбция палладия углеродными материалами / И.Д. Трошкина, А.Л. Гакиев, А.А. Абдусоломов, С.А. Яцевич // Сборник тезисов докладов XXIII Международной Черняевской конференция по химии, аналитике и технологии платиновых металлов / Ответственный за выпуск д.х.н. Л.М. Левченко. Новосибирск: ИНХ СО РАН, 2022, 194 с. ISBN 978-5-90168-851-9. – С. 86.
 9. Трошкина И.Д. Сорбционное извлечение рения импрегнатами / И.Д. Трошкина, И.Е. Тарганов, А.Л. Гакиев, М.А. Солодовников // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической нефтехимической отраслей и производства строительных материалов». Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент, 12-14 мая 2022 г. – Ташкент, РУз, 2022. – С. 774-775.
 10. Трошкина И.Д. Сорбция редких элементов композитами на основе активированного угля / И.Д. Трошкина, А.В. Бардыш, А.Л. Гакиев // Международная научно-практическая конференция «Современные аспекты химической науки и химического образования: теория и практика», посвященная 70-летию д.х.н., профессора, академика МАИН и НАН ВШК Н.А. Бектенова и д.х.н., профессора, член-корреспондента РАЕ Г.И. Меировой (15-16 мая 2024 г., Алматы: Казахский национальный педагогический университет имени Абая). – Улагат Алматы, 2024. – С. 116-120.
 11. Трошкина И.Д., Гакиев А.Л., Штейнберг М.Г. Сорбция рения при переработке концентрата конденсации фумарольных газов // Сборник докладов Третьей научно-практической конференции «Минерально-

сырьевая база металлов высоких технологий. «Освоение, воспроизводство, использование». – М.: ФГБУ «ВИМС», 2024. – 198 с. ISBN 978-5-6049827-2-3. – С. 145-148.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов по направлению исследования: «Очистка и концентрирование рудных щелоков, газообразных и твердых продуктов разложения рудных концентратов и других видов сырья».

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Гакиева Адама Лечиевича является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Гакиеву Адаму Лечиевичу; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия 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 подобным работам, диссертация на тему: «Сорбция рения и индия наномодифицированными углеродными композитами» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе, состоявшемся «27» июня 2025 года, протокол № 13.

В обсуждении приняли участие: заведующий кафедрой, доктор химических наук, профессор Степанов Сергей Илларионович; профессор кафедры, доктор технических наук, профессор Трошкина Ирина Дмитриевна; профессор кафедры, доктор химических наук, профессор Чижевская Светлана Владимировна; доцент кафедры, кандидат химических наук, доцент Бояринцев Александр Валентинович; старший преподаватель кафедры, доктор химических наук, доцент Сафиулина Алфия Минеровна; доцент кафедры, кандидат химических наук, доцент Жуков Александр Васильевич; главный научный сотрудник с возложением обязанностей заведующего лабораторией, доктор химических наук Герман Константин Эдуардович (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук).

Принимало участие в голосовании 7 человек. Результаты голосования: «За» – 7 человек, «Против» – нет, воздержались – нет, протокол № 13 от «27» июня 2025 г.

Заведующий кафедрой технологии
редких элементов и наноматериалов
на их основе, д.х.н., профессор

Степанов С.И.

Секретарь кафедры технологии
редких элементов и наноматериалов
на их основе

Бояринцева Е.В.