

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.4
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14.09.2026 № 10

О присуждении Алферовой Дарье Артемовне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Характеристики неидеальности систем ди(2-этилгексил)фосфорная кислота – углеводородный растворитель в экстракции редкоземельных элементов» по специальности 1.4.4. Физическая химия принята к защите 02.07.2026 г., протокол №3, диссертационным советом ГУ.4 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета от 06.02.2023 № 152 адм, с изменениями от 31.03.2023 № 485 адм, от 30.06.2023 № 1006 адм, от 13.07.2023 № 1090 адм, от 03.11.2023 № 1638 адм, от 13.11.2024 № 1707 адм, от 07.04.2025 № 441 адм, от 21.11.2025 №1527 адм.

Соискатель, Алферова Дарья Артемовна 31.10.1998 года рождения, в 2022 г. с отличием окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология.

С 01.10.2022 года по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры химических технологий и переработки энергоносителей федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре общей и физической химии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Черемисина Ольга Владимировна**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-

Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра общей и физической химии, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Румянцев Алексей Вадимович – доктор химических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», кафедра радиоэкологии и радиохимической технологии, и.о. заведующего кафедрой;

Сафонова Евгения Алексеевна – кандидат химических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра физической химии, доцент кафедры; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»**, г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Евдокимовым Андреем Николаевичем, кандидатом химических наук, доцентом, заведующим кафедрой Материаловедения и технологии машиностроения, Тарзановым Алексеем Александровичем, старшим преподавателем той же кафедры, секретарем заседания, и утвержденном Луканиным Павлом Дмитриевичем, доктором технических наук, профессором, первым проректором, указала, что теоретическая значимость результатов работы заключается в том, что метод определения термодинамических характеристик неидеальности систем позволяет установить влияние коэффициентов активности компонентов на эффективность экстракции редкоземельных элементов. На основе представлений о термодинамических особенностях бинарных и многокомпонентных систем экспериментально подтверждена и смоделирована возможность оптимизации состава органической фазы для извлечения РЗЭ из фосфорнокислых растворов. Практическая значимость результатов работы заключается в возможности их применения при создании и оптимизации процессов переработки апатитового сырья, прежде всего в металлургии РЗЭ. Указанные теоретическая и практическая значимость результатов работы имеют важное значение для развития физической химии систем и процессов.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работ, 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 доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях – в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство на объекты интеллектуальной собственности.

Общий объем – 3,68 печатных листов, в том числе 1,96 печатных листов – соискателя.

Публикации 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 доктора наук:

1. **Алферова, Д.А.** Влияние разбавителя на степень димеризации ди-2-этилгексилфосфорной кислоты / **Алферова Д.А.**, Кузьмин К.А., Машукова Ю.А., Черемисина О.В. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки, №1, 2024. – С. 113-117.

Соискателем определены молярные массы и степень димеризации экстрагента изопиридина и криоскопическим методом, а также оценено влияние природы и длины углеводородной цепи разбавителя на степень ассоциации и поверхностное натяжение системы.

2. Черемисина, О.В. Экспериментальные методы определения коэффициентов активности / Черемисина О.В., **Алферова Д.А.**, Машукова Ю.А. // Естественные и технические науки, №1, 2024. – С. 53-62.

Соискателем проведён систематический обзор экспериментальных методов определения коэффициентов активности, классифицированы прямые и косвенные методики, проанализированы области их применимости в термодинамическом описании растворов, оценены преимущества и ограничения методов для задач химической технологии и экологического мониторинга. Выбраны методы экспериментального определения коэффициентов активности.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus/WoS):

3. Cheremisina, O.V. Determination of the activity coefficients of components in a di-2-ethylhexylphosphoric acid – n-Hexane binary systems using gas chromatography / Povarov V.G., Cheremisina O.V., **Alferova D.A.**, Fedorov A.T. // Chemistry. – 2025. – Vol. 7, № 3. – P. 237-250.

Черемисина, О.В. Определение коэффициентов активности компонентов бинарной смеси ди-2-этилгексилфосфорная кислота – н-гексан /

Поваров В.Г., Черемисина О.В., **Алферова Д.А.**, Федоров А.Т. // Химия. – 2025. – Т. 7, №3. – стр. 237-250.

Соискателем проведен сравнительный анализ методов газовой хроматографии, изотермического равновесия и осмометрии, исследована концентрационная зависимость коэффициента активности н-гексана в бинарной системе ди-2-этилгексилфосфорной кислоты (Д2ЭГФК) и н-гексана при 293,0 К, определены термодинамические параметры неидеальности смеси и оптимизированы энергетические параметры группового взаимодействия $\text{CH}_2\text{--HPO}_4$ и $\text{HPO}_4\text{--CH}_2$ в модели UNIFAC.

4. Povarov, V.G. Determination of Energy Interaction Parameters for the UNIFAC Model Based on Solvent Activity Coefficients in Benzene–D2EHFA and Toluene–D2EHFA Systems / V.G. Povarov, O.V. Cheremisina, **D.A. Alferova** // Chemistry. – 2025. – Vol. 8 – № 1 – P. 2.

Поваров, В.Г. Определение параметров энергетического взаимодействия для модели Юнифак на основании коэффициентов активности компонентов в системах бензол – Д2ЭГФК и толуол – Д2ЭГФК / В.Г. Поваров, О.В. Черемисина, **Д.А. Алферова** // Химия. – 2025. – Т. 8. - № 1. – стр. 2.

Соискателем проведен литературный анализ, экспериментально исследованы коэффициенты активности бензола и толуола в бинарных системах с Д2ЭГФК и тройной системе н-гексан–толуол–Д2ЭГФК методом газовой хроматографии при 293,0 К, определены и уточнены энергетические параметры межгруппового взаимодействия для модели UNIFAC, а также построены изолинии коэффициентов активности компонентов и проанализировано термодинамическое поведение многокомпонентных растворов для оптимизации процессов жидкостной экстракции металлов.

Публикации в прочих изданиях:

5. **Алферова, Д. А.** Жидкостная экстракция редкоземельных элементов из продуктов переработки апатита / Д. А. Алферова // Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов XVIII Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 15–21 мая 2022 года. Том 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2022. – С. 217-218.

6. **Алферова, Д. А.** Извлечение редкоземельных металлов из продуктов переработки апатита методом жидкостной экстракции / Д. А. Алферова // Философия науки: Научные обзоры, подготовленные в рамках международной научно-образовательной программы, Санкт-Петербург, 16–19 мая 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2022 г. – С. 34-45.

7. **Алферова, Д. А.** Физико-химические аспекты экстракционного разделения РЗЭ из растворов переработки апатитового концентрата / Д. А. Алферова // Химия и химическая технология в XXI веке : Материалы XXIV Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 85-летию со дня рождения профессора А.В. Кравцова, Томск, 15–19 мая 2023 года. Том 1. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2023. – С. 365-366.

Свидетельство на объект интеллектуальной собственности:

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025691272 Российская Федерация. Программа для расчета параметров межгруппового энергетического взаимодействия по экспериментальным данным о коэффициентах активности компонентов для равновесия жидкость-пар в рамках модели Юнифак. Заявка № 2025689664: заявл. 29.10.2025: опубл.13.11.2025 / Поваров В.Г., Черемисина О.В., **Алферова Д.А.**; заявитель/правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 1.: ил. – Текст: непосредственный.

Апробация диссертационной работы проведена на научных конференциях международного и всероссийского уровня:

– Международная научно-практическая конференция «Наука, технологии, образование: актуальные вопросы фундаментальных и прикладных направлений» (март 2026 года, г. Петрозаводск);

– II Международная научно-практическая конференция «Science Research 2026» (март 2026 года, г. Петрозаводск);

– XXIV Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященная 85-летию со дня рождения профессора А.В. Кравцова «Химия и химическая технология в XXI веке» (май 2023 года, г. Томск);

– XVIII Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (май 2022 года, г. Санкт-Петербург).

В диссертации Алферовой Дарьи Артемовны отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: директора Института естественных и технических наук БУ ВО ХМАО «Сургутский

государственный университет», к.х.н., доцента **Ю.Ю. Петровой**; профессора кафедры редких металлов и наноматериалов ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», д.х.н., профессора **В.Н. Рычкова**; научного сотрудника ООО «Газпромнефть – Промышленные инновации», к.х.н. **М.А. Пономаревой**; доцента кафедры общей и неорганической химии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», к.х.н., доцента **М.Ю. Скрипкина**; технолога ООО «НТЦ ТПТ», к.т.н. **А.А. Царевой**; советника генерального директора, главного научного сотрудника ФИЦ КНЦ РАН, д.т.н. **В.А. Маслобоева**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной и статистической информации, однако отмечены ряд замечаний:

1. В тексте автореферата используются два варианта сокращенного наименования экстрагента Д2ЭГФК и Д2ЭФГК. Следует унифицировать терминологию и выбрать одно обозначение, соответствующее полному названию ди-2-этилгексилфосфорной кислоты (**к.х.н. Ю.Ю. Петрова**);

2. При расчете активности растворителя по отношению концентраций насыщенного пара над раствором и над чистым компонентом фактически принимается, что отношение концентраций в газовой эквивалентно отношению парциальных давлений. Целесообразно более подробно указать условия применимости этого допущения, учесть возможную неидеальность паровой фазы и привести оценку суммарной неопределенности рассчитанных коэффициентов активности (**к.х.н. Ю.Ю. Петрова**);

3. Параметры межгруппового взаимодействия модели UNIFAC определены путем минимизации расхождения с экспериментальными коэффициентами активности. Для более строгой оценки прогностических возможностей модели желательно привести количественные статистические характеристики аппроксимации и независимой валидации, например, среднее абсолютное или среднеквадратичное отклонение, а также доверительные интервалы найденных параметров (**к.х.н. Ю.Ю. Петрова**);

4. Интерпретация различий между алифатическим и ароматическими растворителями связывается со специфическим взаимодействием ароматической группы с фосфорильным фрагментом Д2ЭГФК. Однако в автореферате отсутствуют прямые спектроскопические или квантово-химические данные, подтверждающие природу данного взаимодействия. Поэтому эту формулировку следует представить как

обоснованную гипотезу либо дополнительно подтвердить независимыми методами (**к.х.н. Ю.Ю. Петрова**);

5. Введение в модель UNIFAC условного фрагмента $\text{Er}(\text{PO}_4)_3$ является оригинальным, но требует более подробного обоснования. Следовало бы яснее показать, насколько принятая структурная группа соответствует реальному составу и координационному окружению экстрагируемого комплекса в органической фазе, особенно с учетом возможной ассоциации Д2ЭГФК, сольватации и образования соединений переменного состава (**к.х.н. Ю.Ю. Петрова**);

6. Вывод о «квазиидеальности» экстракционного процесса основан на практически постоянном реакционном произведении коэффициентов активности вдоль отдельных расчетных линий. Вместе с тем на рисунке 10 значения этого произведения для разных исходных количеств Д2ЭГФК заметно отличаются. Желательно четко ограничить область применимости данного вывода и пояснить, идет ли речь о постоянстве внутри каждой линии состава, но не об универсальном значении для всей исследованной системы (**к.х.н. Ю.Ю. Петрова**);

7. В автореферате отмечена возможность оптимизации процессов извлечения РЗЭ, однако экспериментальная апробация модели выполнена преимущественно для модельной системы с эрбием. Для усиления прикладной части было бы полезно привести результаты проверки хотя бы для нескольких редкоземельных элементов или на реальном фосфорнокислом растворе, что автор справедливо относит к перспективам дальнейшего исследования (**к.х.н. Ю.Ю. Петрова**);

8. Что автор понимает под неидеальностью исследуемых систем? (**д.х.н. Б.Н. Рычков**);

9. О том, что Д2ЭГФК в растворе органических растворителей находится в виде димеров известно. В тексте автореферата (за исключением выводов) не содержится сведений по этому вопросу. Поэтому непонятно какие новые данные получены автором по стабилизации этих образований (**д.х.н. Б.Н. Рычков**);

10. В тексте автореферата не представлены балансовые опыты, нет актов тестирования результатов работы на реальных объектах. Поскольку работа представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук важно показать именно ее практическую значимость (**д.х.н. Б.Н. Рычков**);

11. В автореферате описан фундаментальный эффект квазиидеальности (постоянство реакционного произведения коэффициентов активности). Однако остается открытым вопрос о том, как именно это

аналитическое соотношение может быть математически интегрировано в существующие инженерные алгоритмы для расчета многоступенчатой противоточной экстракции в гетерогенных системах с участием водной фазы **(к.х.н. М.А. Пономарева);**

12. Экспериментальные измерения и параметризация модели UNIFAC проводились при температуре 293,15 К. Поскольку промышленные процессы экстракции РЗЭ часто протекают с тепловыделением или требуют температурной корректировки, представляется целесообразным в перспективных исследованиях оценить температурную зависимость полученных параметров межгруппового взаимодействия **(к.х.н. М.А. Пономарева);**

13. Какова погрешность экспериментального определения коэффициента активности углеводородов? На рисунках 2-4 ее следовало бы отразить, в противном случае неизбежно возникает вопрос о причинах резкого падения коэффициента активности толуола в области 20-22 мольн.% (рис 4) **(к.х.н. М.Ю. Скрипкин);**

14. Хорошо было бы оговорить, почему именно эрбий выбран в качестве единственного представителя РЗЭ и в какой степени полученные данные могут быть распространены на других представителей этого семейства элементов (что следует из названия работы) **(к.х.н. М.Ю. Скрипкин);**

15. Следовало бы обосновать выбор фрагмента $\text{Er}(\text{PO}_4)_3$ для определения параметров взаимодействия – ведь в растворе это может быть и минорный компонент, а доминирующей формой может быть частично (или полностью) диссоциированная форма. Если же речь идет о равновесии с твердой фазой, то ди-2-этилгексилфосфат анион вполне может играть роль мостикового лиганда... **(к.х.н. М.Ю. Скрипкин);**

16. Все экспериментальные измерения и параметризация модели UNIFAC проводились при температуре 293,15К, тогда как промышленные процессы экстракции сопровождаются тепловыми эффектами. В связи с этим хотелось бы узнать, как температурная зависимость полученных параметров межгруппового взаимодействия может повлиять на точность модели при отклонении от комнатной температуры **(к.т.н. А.А. Царева);**

17. Введенный условный фрагмент $\text{Er}(\text{PO}_4)_3$ специфичен для эрбия; представляется целесообразным обсудить в тексте автореферата или диссертации методологические подходы к экстраполяции данной модели на другие редкоземельные элементы с отличающимися ионными радиусами **(к.т.н. А.А. Царева).**

18. Различия коэффициентов активности в смесях Д2ЭГФК с алифатическими и ароматическими растворителями автор связывает со специфическим взаимодействием ароматической группы с фосфорильным фрагментом Д2ЭГФК. Хотелось бы видеть прямые экспериментальные спектроскопические данные или квантово-химические расчеты, подтверждающие данную гипотезу (д.т.н. В.А. Маслобоев);

19. В тексте автореферата не указано, почему для расчета по модели UNIFAC выбран эрбий, хотя сумма РЗЭ в фосфорной кислоте представлена в основном легкой группой РЗЭ (д.т.н. В.А. Маслобоев);

20. Поскольку Д2ЭГФК склонна к димеризации было бы полезно оценить влияние различных органических растворителей на степень полимеризации (ассоциации) Д2ЭГФК и ее влияние на экстракционные свойства Д2ЭГФК (д.т.н. В.А. Маслобоев).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана экспериментально-расчетная методика определения и моделирования коэффициентов активности компонентов неидеальных систем «ди(2-этилгексил)фосфорная кислота – углеводородный растворитель», включающая адаптированный газохроматографический метод анализа равновесной паровой фазы в присутствии нелетучего экстрагента и процедуру определения параметров межгруппового взаимодействия модели UNIFAC по экспериментальным данным;

предложены подход к параметризации групповой модели UNIFAC для систем с нелетучим фосфорорганическим экстрагентом, подход к описанию экстрагируемого комплекса эрбия путем выделения условного координационного фрагмента $\text{Er}(\text{PO}_4)_3$, использование коэффициентов активности компонентов органической фазы для перехода от концентрационного к термодинамическому описанию экстракционного равновесия;

доказана применимость полученных параметров межгруппового взаимодействия модели UNIFAC для описания концентрационных зависимостей коэффициентов активности исследованных бинарных систем и прогнозирования термодинамического поведения тройной системы Д2ЭГФК–н-гексан–толуол, установлено согласованное изменение коэффициентов активности свободного экстрагента и образующегося

комплекса эрбия, приводящее к практически постоянному реакционному произведению коэффициентов активности вдоль отдельных экстракционных линий и характеризующее эффект компенсации неидеальности;

введены параметры энергетического межгруппового взаимодействия $\text{HPO}_4\text{--CH}_2$, $\text{HPO}_4\text{--ACH}$ и $\text{HPO}_4\text{--ACCH}_3$, необходимые для описания систем Д2ЭГФК с алифатическими и ароматическими углеводородами, а также условная структурная группа $\text{Er(PO}_4)_3$ с рассчитанными геометрическими характеристиками и параметрами взаимодействия с углеводородными группами, что расширяет возможности группового моделирования органической фазы экстракционных систем с участием диалкилфосфата эрбия.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны закономерности изменения коэффициентов активности компонентов бинарных систем Д2ЭГФК–углеводородный растворитель в зависимости от состава и природы растворителя, экспериментально установлено различие термодинамического поведения алифатических и ароматических углеводородов, подтверждена зависимость ассоциированного состояния Д2ЭГФК от природы углеводородной среды;

применительно к проблематике диссертации результативно **использованы** комплекс современных физико-химических методов исследования, включающий газовую хроматографию, изопиестический метод, криоскопию, тензиометрию, ИК-спектроскопию, рентгеноструктурный и рентгенофлуоресцентный анализ, элементный анализ, термогравиметрию, сканирующую электронную микроскопию, а также численные методы оптимизации параметров и групповую модель UNIFAC;

изложены физико-химические представления о формировании неидеальности органической фазы экстракционных систем вследствие различий межмолекулярных взаимодействий, ассоциации Д2ЭГФК и специфики взаимодействия экстрагента с алифатическими и ароматическими растворителями; сформулирован подход к учету коэффициентов активности свободного экстрагента и образующегося комплекса при переходе от концентрационных констант экстракционного равновесия к их термодинамическому представлению;

раскрыты ограничения упрощенных способов описания исследуемых растворов и обоснована необходимость учета одновременно размерно-форменных и энергетических факторов неидеальности;

изучены взаимосвязи между природой и составом углеводородного растворителя, ассоциацией Д2ЭГФК и коэффициентами активности компонентов органической фазы, исследованы коэффициенты активности в

бинарных и тройной системах, а также физико-химические свойства, структура и растворимость синтезированного ди(2-этилгексил)фосфата эрбия, использованные для параметризации экстракционной модели;

проведена модернизация расчетной процедуры применения модели UNIFAC к системам с нелетучим фосфорорганическим экстрагентом за счет разработки алгоритма определения неизвестных параметров межгруппового взаимодействия по экспериментальным коэффициентам активности, введения параметров для групп $\text{HPO}_4\text{--CH}_2$, $\text{HPO}_4\text{--ACH}$ и $\text{HPO}_4\text{--ACCH}_3$ и включения в расчет условного координационного фрагмента $\text{Er}(\text{PO}_4)_3$; для определения параметров реализована двухэтапная численная процедура поиска области минимума целевой функции и последующего уточнения его координат.

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

разработаны и подготовлены на стадии опытно-промышленных испытаний в деятельность ООО «СПАРТА» (акт внедрения от 13.04.2026 г.) методические рекомендации по применению двухэтапного алгоритма минимизации экспериментальных данных;

определены возможности и границы практического применения разработанного подхода для прогнозирования влияния состава органической фазы на экстракционные равновесия РЗЭ, полученная параметризация экспериментально проверена для исследованных бинарных и тройной органических систем при 293,15 К;

создана расчетно-методическая основа для прогнозного выбора состава органической фазы экстракционных систем с учетом коэффициентов активности компонентов, позволяющая уменьшить объем эмпирического подбора составов и использовать параметры межгруппового взаимодействия для моделирования многокомпонентных углеводородных сред;

представлены результаты, показывающие, что изменение соотношения алифатического и ароматического растворителей позволяет регулировать активность экстрагента и тем самым изменять термодинамические условия распределения металла без изменения общей концентрации экстрагента; полученные зависимости могут быть использованы при последующем проектировании и оптимизации экстракционных схем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на фундаментальных положениях химической термодинамики растворов, представлениях об активности и избыточных термодинамических функциях, уравнении Гиббса–Дюгема и групповой модели UNIFAC;

идея базируется на анализе современной практики жидкостной экстракции РЗЭ фосфорорганическими экстрагентами и выявленном недостатке систематизированных термодинамических данных о неидеальности органической фазы;

использованы сопоставления экспериментальных данных, полученных различными независимыми методами, и опубликованных литературных данных по системам Д2ЭГФК–углеводородный растворитель; при исследовании системы Д2ЭГФК–н-гексан выполнено сравнение результатов газохроматографического, изопиестического и опубликованного осмометрического методов, что позволило оценить область их взаимной согласованности и ограничения применения;

установлены соответствие полученных результатов поставленной цели исследования и отсутствие противоречий выводов и рекомендаций соискателя положениям теоретико-методологической базы по теме диссертации;

использованы современные методы получения и обработки экспериментальной информации, включающие многократные хроматографические измерения, контроль линейности и воспроизводимости аналитического сигнала, криоскопические, спектроскопические, термоаналитические, рентгеновские и микроскопические методы исследования, а также численную оптимизацию параметров модели.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и формулировке задач исследования; анализе отечественной и зарубежной научной литературы, планирование и проведение лабораторных экспериментов по определению коэффициентов активности компонентов бинарных и тройных систем; анализе и интерпретации полученных данных с применением физико-химических методов; участии в проведении лабораторно-промышленных испытаний; подготовке публикаций и патентов на изобретения; апробации результатов на научно-практических конференциях.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Алферова Дарья Артемовна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 14 сентября 2026 года диссертационный совет принял решение присудить **Алферовой Дарье Артемовне** ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи по установлению термодинамических закономерностей неидеальности систем «ди(2-

этилгексил)фосфорная кислота – углеводородный растворитель» и их влияния на экстракционное равновесие редкоземельных элементов, имеющей существенное значение для развития редкоземельной промышленности страны, и поддержания технологического суверенитета государства.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Ученый секретарь
диссертационного совета

14.09.2026 г.

Каралетян
Кирилл Гарегинович

Герасимов
Андрей Михайлович