

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

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 21.07.2026 № 12

О присуждении Лукьянцевой Елене Сергеевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Кинетические закономерности и технологические принципы экстракционного извлечения тяжёлых редкоземельных элементов из фосфорнокислых растворов при переработке апатитовых руд» по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ принята к защите 21.07.2026, протокол заседания № 8, диссертационным советом ГУ.4 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета 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, Лукьянцева Елена Сергеевна, 04 июня 1998 года рождения, в 2022 году 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 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.

Работает специалистом I категории в отделе экспертной оценки и содействия публикационной деятельности образовательного центра «Научного мировоззрения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре химических технологий и переработки энергоносителей и в научном центре «Проблем переработки

минеральных и техногенных ресурсов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения 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:

Смирнов Игорь Валентинович – доктор химических наук, старший научный сотрудник, Акционерное общество «Радиовый институт имени В.Г. Хлопина», отдел ученого секретаря, ученый секретарь – начальник отдела;

Кириллов Евгений Владимирович – кандидат технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра редких металлов и наноматериалов, доцент кафедры;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»**, г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Блохиным Александром Андреевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой химической технологии редких элементов, Афониным Михаилом Александровичем, кандидатом химических наук, старшим научным сотрудником, доцентом той же кафедры, секретарём заседания, и утверждённом Шевчиком Андреем Павловичем, доктором технических наук, доцентом, исполняющим обязанности ректора, указала, что теоретическая значимость работы определяется тем, что в ней содержатся новая информация о процессах, протекающих при экстракции тяжелых РЗМ и алюминия Д2ЭГФК. Это позволило обосновать условия не только извлечения указанных РЗМ, но и их разделения и очистки. На основе результатов проведенных экспериментов предложена принципиальная технологическая схема попутного извлечения тяжёлых РЗЭ из экстракционной фосфорной кислоты, получаемой при переработке апатитовых концентратов, их разделения и очистки от сопутствующих примесей. Это предопределяет практическую значимость работы.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, в том числе 2 статьи — 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), 2 статья — в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus). Получен 1 патент.

Общий объем — 1,94 печатных листов, в том числе 1,08 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. Черемисина, О.В. Роль разбавителя в экстракции редкоземельных элементов / Черемисина О.В., Лукьянцева Е.С. // Южно-Сибирский научный вестник. — 2023. — №3(49). — С. 100-107.

Соискателем проведены лабораторные эксперименты по экстракции эрбия и иттербия из фосфорнокислых растворов с использованием трёх типов разбавителей, в результате которых выявлено, что замена ароматизированного керосина на изоалкановый разбавитель Isane Biolife 58 повышает эффективность извлечения за счёт усиления циклической димеризации экстрагента и формирования более прочных координационных связей, что подтверждается максимальным низкочастотным смещением характеристической ИК-полосы $\nu(P=O)$. Показано, что коэффициент разделения Yb/Er при этом в 1,5 раза выше, чем для керосина.

2. Лукьянцева, Е.С. Кинетические особенности извлечения редкоземельных элементов из растворов переработки руд: краткий обзор / Лукьянцева Е.С., Машукова Ю.А., Чугурович Б.З., Черемисина О.В. // Южно-Сибирский научный вестник. — 2024. — №3(55). — С. 241-247.

Соискателем выполнен анализ литературных данных по кинетике экстракции редкоземельных элементов из фосфорнокислых растворов, систематизированы существующие подходы к описанию лимитирующих стадий и определены направления дальнейших исследований.

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

3. Lutskiy, D. S. Investigation of the Extraction of Samarium and Gadolinium From Leaching Solutions of Phosphorus-Containing Raw Materials

Using Solid Extractants. / Lutskiy, D. S., **Lukyantseva, E. S.**, Mikheeva, V. Y., Grigorieva, L. V. // Arab Journal of Basic and Applied Sciences. – 2023. – Volume 30, Issue 1. – PP. 68–73.

Луцкий, Д.С. Извлечения самария и гадолиния из растворов выщелачивания фосфорсодержащего сырья с использованием твердых экстрагентов / Д.С. Луцкий, **Е.С. Лукьянцева**, В.Ю. Михеева, Л.В. Григорьева // Arab Journal of Basic and Applied Sciences. – 2023. – Т. 30, № 1. – С. 68–73.

Соискателем проведены эксперименты по твердофазной экстракции Sm(III) и Gd(III) из фосфорнокислых растворов с использованием твёрдого экстрагента, импрегнированного ди-2-этилгексилфосфорной кислотой. Исследованы кинетические зависимости при варьировании температуры и интенсивности перемешивания и определены лимитирующие стадии, а также на основании линейных зависимостей логарифма константы скорости реакции от обратной температуры выполнен расчёт энергий активации по уравнению Аррениуса. Выявлено, что различия в кинетике позволяют проводить селективное разделение самария и гадолиния с коэффициентом разделения до 1,8 за 5 минут.

4. Cheremisina, O. Kinetics of Heavy Rare Earth Element Extraction from Phosphoric Acid Solutions. / Cheremisina, O.; **Lukyantseva, E.**; Sergeev, V. // Eng. – 2026. – Volume 7, Issue 2. – PP. 58.

Черемисина, О. Кинетика извлечения тяжелых редкоземельных элементов из растворов фосфорной кислоты / О. Черемисина, **Е. Лукьянцева**, В. Сергеев // Eng. – 2026. – Т. 7, № 2. – С. 58.

Соискателем проведены лабораторные эксперименты по жидкостной и твердофазной экстракции тяжёлых редкоземельных элементов (Li, Tm, Y, Er, Dy) из фосфорнокислых модельных растворов с использованием Д2ЭГФК. Установлено, что кинетика жидкостной экстракции и реэкстракции контролируется диффузионными стадиями, а эффект лантаноидного сжатия проявляется в снижении степени извлечения от лютеция к диспрозию. Определены параметры жидкостной экстракции, обеспечивающие высокую степень извлечения: мольная доля Д2ЭГФК $x_{\text{Д2ЭГФК}} = 20\%$, соотношение фаз $V_{\text{aq}}:V_{\text{org}} = 2:1$, температура 298 К, скорость перемешивания 350 об/мин. Для твердофазной экстракции выявлен температурно-индуцированный сдвиг механизма: при 298–318 К процесс лимитируется внутренней диффузией, тогда как при 318–333 К ускорение химической реакции приводит к закупорке пор комплексами РЗЭ–Д2ЭГФК и переходу к диффузии через слой экстрагента с ростом E_a до 31–41 кДж/моль.

Публикации в прочих изданиях:

5. **Лукьянцева, Е.С.** Разделение иттрия и железа при экстракции из фосфорнокислых растворов / Е.С. Лукьянцева, В.В. Сергеев // Актуальные проблемы недропользования: Тезисы докладов XVIII Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2022. – Т. 1 – С. 250–252.

6. **Лукьянцева, Е.С.** Извлечение иттрия из фосфорнокислых растворов методами жидкостной и твердофазной экстракции / Е.С. Лукьянцева, О.В. Черемисина // 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.: Химия и химическая технология в XXI веке. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2023. – Т. 2 – С. 162–163.

7. **Лукьянцева, Е.С.** Кинетика рекстракции тяжёлых редкоземельных элементов серной кислотой / Е.С. Лукьянцева, О.В. Черемисина // Научный поиск: проблемы, векторы, перспективы: сборник статей VI Международной научно-практической конференции (8 июня 2026 г.). – Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2026. – С. 320–324.

8. **Лукьянцева, Е.С.** Селективное извлечение редкоземельных элементов из фосфорнокислых растворов в присутствии алюминия / Е.С. Лукьянцева, О.В. Черемисина // Наука. Технологии. Образование: инновационное развитие сборник статей II Международной научно-практической конференции (8 июня 2026 г.). – Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2026. – С. 259–263.

Патент:

№2846618 Российская Федерация, МПК C22B 3/24 (2006.01); C01F 17/00 (2006.01); C22B 59/00 (2006.01). Способ селективного извлечения средней группы редкоземельных элементов из растворов переработки апатита. Заявка №2024137016: заявл. 10.12.2024: опубл. 10.09.2025 / О.В. Черемисина, **Е.С. Лукьянцева**, В.В. Сергеев; заявитель/патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 10 с.

Соискателем разработан способ экстракционного извлечения РЗЭ из растворов переработки апатита и их разделения за счёт последовательного элюирования растворами серной кислоты разной концентрации.

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

- XVIII Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (май 2022 года, г. Санкт-Петербург);
- XXIV Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 85-летию со дня рождения профессора А.В. Кравцова (май 2023 года, г. Томск);
- VI Международная научно-практическая конференция «Научный поиск: проблемы, векторы, перспективы» (июнь 2026 года, г. Петрозаводск);
- II Международная научно-практическая конференция «Наука. Технологии. Образование: инновационное развитие» (июнь 2026 года, г. Петрозаводск).

В диссертации Лукьянцевой Елены Сергеевны отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заведующего кафедрой технологии неорганических веществ и материалов ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», д.т.н., профессора **А.И. Хацринова**, технолога ООО «НТЦ ТПТ», к.т.н. **А.А. Царевой**, научного сотрудника научно-исследовательского центра «Газпромнефть – Битумные материалы» ООО «Газпромнефть – Промышленные инновации», к.х.н. **М.А. Пономаревой**, ведущего научного сотрудника АО «Российский научный центр «Прикладная химия (ГИПХ)», к.т.н. **П.А. Егоянца**, 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. Приведённые в главах 2, 3, 4 результаты являются физико-химическим обоснованием технологии извлечения и разделения тяжелых РЗЭ. Однако из автореферата неясно, как эти результаты использованы при разработке технологии. так как соискатель претендует на степень кандидата технических наук, то технология должна быть описана достаточно подробно. Соискатель утверждает, что в работе определены оптимальные параметры.

Однако из автореферата это не видно. Также неясно, имеет ли значение порядок извлечения РЗЭ и почему он именно такой, как указано в технологической схеме (д.т.н. **А.И. Хацринов**);

2. На рисунке 2 указано, что скорость перемешивания меняли в диапазоне 250-600 об/мин, а в тексте указан диапазон 150-600 об/мин (д.т.н. **А.И. Хацринов**);

3. Оценка изоалканового растворителя Isane Biolife 58 проводилась с точки зрения химического строения с применением метода Фурье-ИК спектроскопии, а также проведение экстракционных исследований. Проводились ли сравнительные испытания органических растворителей на технические характеристики, такие как плотность, массовая доля нелетучих веществ и испаряемость для возможности замены керосина на растворитель Isane Biolife 58 на производственных площадках? (к.х.н. **М.А. Пономарева**);

4. На рисунке 7 представлена принципиальная схема экстракционного разделения тяжелой подгруппы редкоземельных элементов с поступенчатой экстракцией и реэкстракцией. Каким образом автор предлагает на производственной площадке соблюдать соотношение водной и органической фазы на каждой ступени процесса экстракции и реэкстракции? Это каждый раз новое дозирование ЭФК с экстрагентом в нужном соотношении или добавление экстрагента в уже имеющуюся систему? (к.х.н. **М.А. Пономарева**);

5. С чем связан выбор в качестве экстрагента Д2ЭГФК, а в качестве разбавителей — керосина, Isane Biolife 58 и Elixore 205? (к.т.н. **А.А. Царева**);

6. Из текста автореферата не совсем понятно каким именно способом проводились кинетические исследования. Фиксировались ли кинетические кривые методом периодического отбора проб или использовался непрерывный контроль концентрации? По какой кинетической модели рассчитывалась константа скорости? (к.т.н. **А.А. Царева**);

7. Для твердофазной экстракции на импрегнированном сорбенте Seplite LXCL-204 автор указывает, что в интервале 298–318 К кажущаяся энергия активации не превышает 16,2 кДж/моль, что характерно для диффузии ионов по водным каналам пор. При 333 К E_a возрастает до 31–41 кДж/моль вследствие пассивации пор вязким органическим слоем комплексов. Обычно с повышением температуры вязкость раствора снижается, что скорее должно приводить к уменьшению энергетического барьера. Видимо, здесь меняется механизм переноса. Хотелось бы услышать более развёрнутое обоснование этого эффекта (к.т.н. **А.А. Царева**);

8. Несомненно, при написании диссертации автором было сделано математическое моделирование процессов экстракции, но не отмечено в автореферате в явном виде (**к.т.н. П.А. Егоянц**);

9. Для экстракционного извлечения тяжелых редкоземельных РЗЭ предложено использовать многоступенчатые центробежные экстракторы. Хотелось бы получить разъяснения, каким образом будет регулироваться время контакта органической и водной фаз (около 3 минут)? (**д.т.н. В.А. Маслобоев**);

10. При выделении из ЭФК тяжелых РЗЭ почему-то из рассмотрения выпал тербий, хотя из "магнитных" РЗЭ он наиболее ценен и дефицитен, так как позволяет наряду с диспрозием повысить рабочую температуру неодим-железо-боровых магнитов (**д.т.н. В.А. Маслобоев**);

11. На рисунке 7 необходимо исправить формулу карбонатов РЗЭ на правильную (**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 принципиальная технологическая схема извлечения, разделения и очистки тяжёлых РЗЭ, а также экспериментально-расчётная методика исследования кинетики жидкостной и твердофазной экстракции тяжёлых редкоземельных элементов (Lu, Tm, Er, Y, Dy) и примесного алюминия из модельных и технологических растворов экстракционной фосфорной кислоты, включающая определение лимитирующих стадий массопереноса, расчёт кажущихся энергий активации по уравнению Аррениуса и обоснование технологических параметров процесса;

предложен подход к управлению эффективностью и селективностью экстракции РЗЭ путём замены традиционного ароматизированного керосина на изоалкановые разбавители (Isane Biolife 58, Elixore 205); принцип ступенчатой реэкстракции тяжёлых РЗЭ растворами серной кислоты различной концентрации, основанный на эффекте лантаноидного сжатия; способ селективной очистки экстракта от примесей Al^{3+} , Fe^{3+} и Ti^{4+} раствором щавелевой кислоты;

доказана перспективность использования изоалкановых разбавителей для повышения степени извлечения тяжёлых РЗЭ в 1,5–2 раза и увеличения коэффициента разделения пары Yb/Er в 1,5 раза; установлена диффузионная природа лимитирующей стадии жидкостной экстракции и реэкстракции

тяжёлых РЗЭ; выявлена смена механизма массопереноса при твердофазной экстракции с ростом температуры; установлена корреляция между энергией активации реэкстракции и ионным радиусом РЗЭ;

введены представления о влиянии природы углеводородного разбавителя на циклическую димеризацию Д2ЭГФК и прочность координационных связей $P=O \cdots Ln^{3+}$, подтверждённые методом ИК-Фурье спектроскопии; обоснование различия механизмов лимитирования стадий комплексообразования алюминия и РЗЭ как основы их кинетического разделения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны закономерности изменения эффективности экстракции тяжёлых РЗЭ в зависимости от природы органического разбавителя, концентрации экстрагента, соотношения фаз, температуры и интенсивности перемешивания; установлена связь между составом разбавителя и эффективностью извлечения; обоснован диффузионный характер лимитирующей стадии жидкостной и твердофазной экстракции;

применительно к проблематике диссертации результативно **использован** комплекс современных физико-химических методов исследования, включающий РФА, ICP-AES, ICP-MS, ИК-Фурье спектроскопию, а также диффузионные и кинетические модели, уравнение Аррениуса и методы математической обработки экспериментальных данных;

изложены физико-химические представления о кинетике массопереноса тяжёлых РЗЭ в системах с Д2ЭГФК из фосфорнокислых сред с высокой кислотностью и комплексообразующей способностью фосфат-ионов; сформулирован подход к управлению селективностью процесса на основе эффекта лантаноидного сжатия;

раскрыты ограничения традиционных представлений о поведении примесного алюминия в экстракционных системах с Д2ЭГФК; установлена смена лимитирующей стадии экстракции алюминия с химической ($E_a = 52,1$ кДж/моль при 283–305 К) на смешанную ($E_a = 25,7$ кДж/моль при 309–333 К);

изучены взаимосвязи между природой разбавителя, димеризацией экстрагента и эффективностью извлечения РЗЭ; кинетические закономерности жидкостной и твердофазной экстракции, а также реэкстракции тяжёлых РЗЭ; межфазное распределение конкурирующих ионов алюминия;

проведена модернизация технологических принципов экстракционного извлечения РЗЭ за счёт обоснования оптимальных параметров процесса

(молярная доля ДЭГФК 0,2; $V_{aq}:V_{org} = 2:1$; 298 К; 350–450 об/мин) и разработки принципа ступенчатой реэкстракции.

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

разработаны и подготовлены к внедрению в инновационной деятельности ООО «ИНТЕРКЕМ» (акт о намерении внедрения от 17.04.2026 г.) технологические принципы извлечения, разделения и очистки тяжёлых РЗЭ из экстракционной фосфорной кислоты;

определены пределы и перспективы практического использования разработанной технологии: при переработке 800 тыс. т/год выход карбонатов тяжёлых РЗЭ составит около 75 т/год, чистая прибыль — 244 млн руб./год, срок окупаемости — около 38 месяцев;

создана принципиальная технологическая схема, включающая экстракцию, очистку от примесей щавелевой кислотой, ступенчатую реэкстракцию серной кислотой с последовательным выделением Dy, Er, Y, Tm и Lu, осаждение карбонатов и регенерацию экстрагента, интегрируемая в существующее производство фосфорной кислоты;

представлены методические рекомендации по выбору экологически безопасных разбавителей, способных заменить традиционный керосин и повысить производственную безопасность; предложения по дальнейшему совершенствованию технологии, включающие исследование кинетических закономерностей тяжёлой подгруппы РЗЭ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных, проверяемых данных и фундаментальных положениях химии экстракции, массопереноса, химической кинетики и эффекта лантаноидного сжатия; согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации и смежным отраслям;

идея базируется на анализе практики извлечения РЗЭ из фосфорнокислых сред и обобщении передового опыта в области экстракционной технологии;

использованы сравнения авторских данных с результатами, полученными ранее по рассматриваемой тематике, в том числе с литературными данными по кинетике экстракции РЗЭ;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, включающие многократные кинетические измерения, статистическую обработку данных и численные методы расчёта энергий активации.

Личный вклад соискателя состоит во включённом участии на всех этапах работы, анализе отечественной и зарубежной научной литературы по теме исследования; проведении лабораторных экспериментов по жидкостной и твердофазной экстракции и рекстракции тяжёлых редкоземельных элементов из фосфорнокислых растворов; исследовании влияния природы разбавителя, концентрации экстрагента, температуры и скорости перемешивания на степень извлечения и кинетические параметры; обработке экспериментальных данных и расчёте энергий активации; разработке принципиальной технологической схемы извлечения, разделения и очистки тяжёлых РЗЭ; подготовке основных публикаций по выполненной работе и апробации результатов на научно-практических конференциях.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Лукьянцева Е.С. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 28 сентября 2026 года диссертационный совет принял решение присудить **Лукьянцевой Елене Сергеевне** ученую степень кандидата технических наук за разработку принципиальной технологической схемы извлечения, разделения и очистки тяжёлых РЗЭ, а также за решение научной задачи по исследованию кинетики жидкостной и твердофазной экстракции тяжёлых РЗЭ и примесного алюминия из модельных и технологических растворов экстракционной фосфорной кислоты, включающему определение лимитирующих стадий массопереноса, расчёт кажущихся энергий активации по уравнению Аррениуса и обоснование технологических параметров процесса.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 8 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

28.09.2026 г.



Карапетян
Кирилл Гарегинович

Герасимов
Андрей Михайлович