ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 01.4.002.92

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «27» мая 2025 г., протокол №92.12

о присуждении **Архипенко Александре Александровне**, гражданке РФ,

ученой степени кандидата химических наук

Диссертация **Архипенко Александры Александровны «Химический анализ перспективных материалов, содержащих редкоземельные элементы, методом дуговой атомно-эмиссионной спектрометрии»** по специальности 1.4.2 – Аналитическая химия принята к защите диссертационным советом «22» апреля 2025 г., протокол №92.11.

Соискатель **Архипенко Александра Александровна**, 1996 года рождения, в 2020 году окончила специалитет ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». В 2024 году окончила обучение в аспирантуре ИОНХ РАН с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». В настоящее время соискатель работает в Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в Центре коллективного пользования физическими методами исследования веществ и материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук.

Научный руководитель: доктор химических наук, главный научный сотрудник центра коллективного пользования физическими методами исследования веществ и материалов ИОНХ РАН Барановская Василиса Борисовна.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук Васильева Ирина Евгеньевна, главный научный сотрудник группы атомно-эмиссионных методов анализа и стандартных образцов Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН);

кандидат химических наук Ягов Владимир Викторович, ведущий научный сотрудник, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (ИНХ СО РАН) в своем положительном заключении, подписанном старшим научным сотрудником ИНХ СО РАН к.х.н. Цыганковой А.Р. и утвержденном и.о. директора ИНХ СО РАН д.х.н. Гельфондом Н.В., указала, что диссертационная работа Архипенко Александры Александровны по актуальности решаемых проблем, новизне, объему проведенных исследований, уровню их обсуждения, научной и практической значимости соответствует паспорту специальности 1.4.2. - Аналитическая химия, отвечает критериям, указанным в пунктах 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), и пунктах 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук» от 29 марта 2024 г, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывался профилем их специализации, близкой к теме диссертации, наличием публикаций в рецензируемых научных изданиях по теме диссертации, что позволило им дать объективную оценку всех аспектов диссертационной работы.

На автореферат поступило 5 отзывов:

1) от Статкуса Михаила Александровича, д.х.н., ведущего научного сотрудника кафедры аналитической химии химического факультета (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»);

2) от Кубраковой Ирины Витальевны, д.х.н., главного научного сотрудника, заведующего лабораторией геохимии и аналитической химии благородных металлов (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук);

3) от Ивановских Константина Васильевича, к.ф.-м.н., заместителя директора по науке и инновациям (Акционерное общество «Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности «Гиредмет»);

4) от Филатовой Дарьи Геннадьевны, к.х.н., руководителя ЦКП (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук);

5) от Алексеевой Татьяны Юрьевны, к.х.н., директора Общества с ограниченной ответственностью «Аналитический, сертификационный и эколого-аналитический центр «Ансертэко».

Все отзывы положительные. В поступивших отзывах отмечена новизна, актуальность, теоретическая и практическая значимость полученных результатов диссертационной работы. Замечания носят частный и дискуссионный характер и не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы и ее соответствие критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Соискатель имеет 25 опубликованных статей, в том числе 6 работ по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, соответствующих

требованиям Положения о присуждении ученых степеней в ФГБУН Институт общей и неорганической химии им. Н.С.Курнакова РАН и 1 патент.

Перечень публикаций Архипенко А.А.:

1. Кошель Е.С., **Архипенко А.А.**, Барановская В.Б. Дуговой атомно-эмиссионный анализ оксида лютеция // Аналитика и контроль. − 2021. − Т. 25. − №. 2. − С. 70-83.

2. **Архипенко А.А.**, Кошель Е.С., Барановская В.Б. Разработка методики дугового атомно-эмиссионного спектрального анализа оксида церия // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. − 2021. − Т. 87. − № 11. − С. 19-25.

3. Petrova K.V., Es'kina V.V., Baranovskaya V.B., Doronina M.S., Korotkova N.A., **Arkhipenko A.A.** Separation and Preconcentration of Impurities in Rare-Earth-Based Materials for Spectrometric Methods // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. − 2022. − V. 63. − № 5. − P. 510–525

4. Барановская В.Б., Петрова К.В., Доронина М.С., Кошель Е.С., Короткова Н.А., **Архипенко А.А.** Комплекс методов оптико-спектрального и масс-спектрального анализа для установления целевой химической чистоты соединений редкоземельных металлов и материалов на их основе // Аналитика. − 2022. − Т. 12. № 4. − С. 268-279.

5. **Архипенко А.А.**, Доронина М.С., Короткова Н.А., Шевченко А.С., Барановская В.Б., Дальнова Ю.С. S,N-содержащие сорбенты для дугового атомно-эмиссионного анализа соединений редкоземельных элементов // Журнал Аналитической Химии. − 2023. − Т. 78. − № 10. − С. 929–941.

6. **Архипенко А.А.**, Барановская В.Б., Иванов В.Н., Ксенофонтова Т.Д., С.Ю. Котцов, Доронина М.С. Дуговое атомно-эмиссионное определение редкоземельных элементов после сорбционного извлечения из растворов, содержащих кальций и фосфор // Заводская лаборатория, диагностика материалов. − 2024. − Т. 90. − № 11. − С. 5-16.

Патент – **Архипенко А. А.**, Дальнова Ю. С., Барановская В. Б., Доронина М. С., Петрова К. В., Короткова Н. А. Способ сорбционного

извлечения редкоземельных элементов в присутствии фторид-ионов. RU. Патент № 2824510. C1. 2024.

Количество цитирований основных публикаций по теме диссертации (и в скобках всего) в международных базах данных Web of Science **2 (69)**, Scopus **7 (101)**, РИНЦ **9 (127)**.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Установлено влияние матричного состава, условий проведения анализа и параметров спектрометра на кинетику испарения примесных элементов в оксидах и солях РЗЭ; ниобатах РЗЭ; гидроксиапатитах и трикальцийфосфатах, легированных РЗЭ; отходах магнитных материалов, содержащих Sm и Nd. Показаны возможности прямого ДАЭА Lu_2O_3, CeO_2, ErYYbNbO7 и ограничения метода для гидратированных солей РЗЭ (хлориды и нитраты); ГА и ТКФ, легированных РЗЭ; отходов SmCo- и NdFeB-магнитов, обосновано сорбционное концентрирование целевых примесей.

2. Предложены и реализованы способы минимизации матричного влияния и снижения пределов определения примесей (на 1–3 порядка) в Lu_2O_3 и CeO_2, а также ниобатах РЗЭ посредством модификации состава матрицы пробы.

3. Изучены возможности (степень сорбционного извлечения, перечень извлекаемых элементов) комплексообразующих политиоэфирных, гетероцепных и гетероциклических аминотиоэфирных сорбентов в водных средах и растворах сложного состава. Показана эффективность извлечения As, Bi, Cd, Cu, Mo, Sb, Se, Sn, Te полиаминотиоэфиром на основе этилендиамина (ЭД); извлечения РЗЭ 2-(1,3,5-дитиазинан-5-ил)уксусной кислотой (ДТУК).

4. Предложен и разработан подход к определению примесей с предварительным сорбционным концентрированием и ДАЭА непосредственно в сорбционном концентрате для гидратированных солей РЗЭ, отходов ММ (SmCo и NdFeB), ГА и ТКФ, содержащих РЗЭ.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке методик спектрального анализа:

- прямого дугового атомно-эмиссионного определения Al, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Si, Sn, Ti, V, Zn, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Ce, Lu, Nd, Pr, Sc, Sm, Tb, Tm, Y, Yb в Lu_2O_3 и CeO_2 в диапазоне $1{,}0\cdot10^{-6}$ – 1,0 масс. %; прямого дугового атомно-эмиссионного определения Ce, Dy, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sc, Sm, Tb, Tm в ниобатах РЗЭ ($ErYYbNbO_7$) в диапазоне $4{,}0\cdot10^{-6}$ – 1,0 масс. %;

- химико-атомно-эмиссионного определения As, Bi, Cd, Cu, Mo, Sb, Se, Sn, Te в гидратированных солях РЗЭ (хлориды и нитраты) в диапазоне $1{,}0\cdot10^{-6}$ – 1,0 масс. %; химико-атомно-эмиссионного определения As, Bi, Cd, Cu, Mo, Sb, Se, Sn, Te в отходах магнитных материалов (SmCo и NdFeB) на основе РЗЭ в диапазоне $5{,}0\cdot10^{-6}$ – 1,0 масс. %; химико-атомно-эмиссионного определения Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb, Tm, Y, Yb в гидроксиапатитах и трикальцийфосфатах в диапазоне $4{,}0\cdot10^{-6}$ – 3,0 масс. %.

Разработанные методики внедрены в практику работы ЦКП ФМИ ВМ ИОНХ РАН. Разработан и зарегистрирован патент на изобретение, связанный с извлечением РЗЭ из водных растворов в присутствии фторид-анионов.

Ценность научной работы соискателя состоит в разработке фундаментальных основ дугового атомно-эмиссионного анализа применительно к перспективным материалам, содержащим редкоземельные металлы, включающих исследование кинетики испарения примесных элементов, закономерности изменения величины аналитического сигнала от состава плазмы дугового разряда и условий возбуждения пробы (параметров дугового разряда, формы электродов и характеристик носителя), что позволило обоснованно выбрать условия проведения анализа, индивидуальные для каждого объекта, разработать способы уменьшения матричного влияния, включая сорбционное отделение аналитов, повысить селективность и точность анализа, расширить границы определяемых содержаний, и как результат, создать комплекс аналитических методик,

позволяющих достоверно охарактеризовать химический состав оптических, магнитных, керамических, биозамещающих материалов и исходных веществ для их получения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: результаты работы получены с применением комплекса современных инструментальных методов анализа и корректно интерпретированы; прошли неоднократную апробацию на международных конференциях и рецензирование в профильных научных журналах; правильность результатов исследования подтверждена с помощью других аналитических методов (АЭС-ИСП и МС-ИСП), анализа образцов материалов с известными содержаниями аналитов, анализа модельных смесей и метода введено-найдено.

Личное участие диссертанта заключается в выполнении всего объема экспериментальной работы, обзоре литературных источников по теме, участии в постановке цели и задач исследования, в анализе и интерпретации полученных данных, а также разработке методик. В работе представлены результаты, полученные лично соискателем или в соавторстве.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 1.4.2 – Аналитическая химия (отрасль науки – химические) в пунктах: 2. Методы химического анализа (химические, физико-химические, атомная и молекулярная спектроскопия, хроматография, рентгеновская спектроскопия, масс-спектрометрия, ядерно-физические методы и др); 4. Методическое обеспечение химического анализа; 7. Теория и практика пробоотбора и пробоподготовки в аналитической химии; 8. Методы маскирования, разделения и концентрирования; 9. Анализ неорганических материалов и исходных продуктов для их получения.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Архипенко Александры Александровны на соискание ученой степени кандидата химических наук является научно-квалификационной работой, в которой решены актуальные и важные задачи для аналитической химии, а именно установлено влияние матричного состава, условий проведения анализа и

параметров спектрометра на кинетику испарения примесных элементов в оксидах и солях РЗЭ; ниобатах РЗЭ; гидроксиапатитах и трикальцийфосфатах (ГА и ТКФ), легированных РЗЭ; отходах магнитных материалов (ММ), содержащих Sm и Nd, на основе чего создан комплекс дуговых атомно-эмиссионных и химико-атомно-эмиссионных методик анализа перспективных материалов, содержащих редкоземельные элементы с улучшенными метрологическими характеристиками, что имеет важное значение для развития соответствующей отрасли науки и существенное значение для развития страны.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Методический подход, основанный на исследовании кинетики испарения, атомизации и возбуждения примесей в дуговом разряде, обоснование выбора условий анализа изучаемых объектов.

2. Способ группового извлечения примесей из материалов, содержащих РЗЭ, с последующим дуговым атомно-эмиссионным определением аналитов в сорбционном концентрате.

3. Методики прямого спектрального анализа Lu2O3 и CeO2, ниобатов РЗЭ, химико-спектрального анализа гидратированных солей РЗЭ, отходов магнитных материалов на основе РЗЭ, трикальцийфосфатов и гидроксиапатитов и их метрологические характеристики.

4. Результаты внедрения разработанных методик для анализа ErYYbNbO7, ГА и ТКФ, легированных РЗЭ, солей и оксидов РЗЭ, а также в цикл синтеза Ce0,9(Mg,Ni)0,1O2 и очистки Lu2O3 и CeO2. Применение предложенного методического подхода для анализа феррогранатов иттрия состава Y3-xCexFe5-yGayO12.

В диссертации Архипенко Александры Александровны соблюдены установленные пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых

степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), и пп. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук» от 29 марта 2024 г. критерии, которым должна соответствовать диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук.

На заседании 27 мая 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Архипенко Александре Александровне ученую степень кандидата химических наук по специальности 1.4.2 – Аналитическая химия.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **15** человек, из них **13** докторов наук, специалистов по теме диссертации, участвующих в заседании, из **16** человек, входящих в состав совета (дополнительно введены на разовую защиту **0 (ноль)** человек), проголосовали: «за» – **15**, «против» – **0**, недействительных бюллетеней – **0**. Протокол счетной комиссии №92.12а.

Председатель диссертационного совета
д.ф.-м.н. М.Н. Филиппов

Ученый секретарь диссертационного совета
к.т.н. М.С. Доронина

27.05.2025