

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

АО «ВНИИНМ»,

кандидат химических наук

Д.А. Каршук



20 07 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Экстракция f -элементов олигодентатными фосфорорганическими соединениями» по научной специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов на соискание ученой степени доктора химических наук выполнена в Акционерном Обществе «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени А.А. Бочвара» (АО «ВНИИНМ»), научно-исследовательском отделении разработки технологии оборудования специальных неядерных материалов и изотопной продукции.

В процессе подготовки диссертации Сафиулина Алфия Минеровна, «04» июня 1975 года рождения, была старшим научным сотрудником научно-исследовательского отделения разработки технологии оборудования специальных неядерных материалов и изотопной продукции Акционерного Общества «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени А.А. Бочвара» (АО «ВНИИНМ»).

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата химической наук на тему «Двухфазные водные системы с полиэтиленгликолем и их применение для очистки фосфатных солей от примесей урана и ряда других металлов» по научной специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов защитила в 2002 году, в диссертационном совете Д 212.204.09, созданном на базе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева

По результатам рассмотрения диссертации Сафиулиной А.М. на тему: «Экстракция f -элементов олигодентатными фосфорорганическими соединениями» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что развитие технологии производства редких элементов (РЭ) требует пристального внимания к оптимизации существующих или усовершенствованию новых схем переработки минерального природного и техногенного сырья. Имеющиеся в настоящее время экстракционные и сорбционные технологии с использованием фосфорорганических соединений, обладая необходимой эффективностью и безопасностью в эксплуатации, тем не менее, не полностью решают проблему выделения РЭ при гидрометаллургической переработке минерального сырья, а также техногенных отходов. Поэтому поиск новых эффективных и селективных экстрагентов для концентрирования, разделения и выделения лантаноидов, актиноидов, а также других ценных компонентов, имеет большую научную ценность и практическую актуальность. Олигодентатные фосфорорганические соединения представляют интерес, для фракционирования f -элементов из растворов гидрометаллургической переработки минерального сырья и техногенных отходов, в том числе из отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Вследствие того, что фосфорильная группа легко поляризуется и обладает высокой координирующей способностью по отношению к ряду d - и f -элементов, а фосфорильные соединения синтетически доступны, представляет научный и практический интерес в создании на их основе новых олигодентатных высокоэффективных и селективных экстрагентов. Преимуществом соответствующих фосфорсодержащих экстрагентов является возможность изменять координирующие свойства фосфорильной группы путем варьирования заместителей у атома фосфора. Кроме того, конструирование соединений, различающихся количеством координирующих центров, создающих оптимальные лигандирующие ансамбли комплексообразования с целевыми актиноидами и лантаноидами, открывает большие возможности для

направленной модификации их экстракционных свойств, по сравнению с углеродными аналогами.

Научная новизна заключается в следующем:

- Впервые систематически изучено влияние природы заместителей у атома фосфора и структуры линкера на экстракционную способность фосфорилмочевин, фосфорилкетонов и фосфорилированных кислотных подандов, обеспечивающих максимально высокую способность к комплексообразованию с *f*-элементами. Установлено, что в случае фосфорилмочевин и фосфорилкетонов оптимальными заместителями у атома фосфора являются *P,P*-фенильные группы, а для фосфорилированных кислотных подандов – алкильные заместители линейного строения с числом атомов углерода ≥ 16 . В случае фосфорилкетонов и кислотных фосфорилподандов эффективность экстракции возрастает при наличии в качестве линкера стерически незатрудненных этиленовых фрагментов и диэтиленгликолевых цепочек, соответственно.
- Впервые установлены структуры экстрагентов классов фосфорилмочевин, фосфорилкетонов и фосфорилированных кислотных подандов, проявляющих лучшие экстракционные свойства к *f*-элементам. Установлено, что из серии изученных фосфорилмочевин лучшими свойствами обладает *N*-Дифенилфосфорил-*N'*-*n*-октилмочевина, из серии фосфорилкетонов – 5-(Дифенилфосфорил)гексан-3-он, а в ряду кислотных фосфорилподандов – 1,5-Бис[*o*-(гидрокси-этоксифосфорил)-*p*-этилфеноксигруппы]-3-оксапентан.
- Впервые выделен ряд индивидуальных комплексов актиноидов и лантаноидов с фосфорилмочевинами, фосфорилкетонами и фосфорилированными кислотными подандами. Комплексом физико-химических методов изучены и описаны структурные особенности комплексообразования в экстрагированных соединениях. Показано, что *N*-диорганилфосфорилированные мочевины обладают бидентатной координацией для блока *f*-элементов; фосфорилкетоны преимущественно координируются к актиноидам монодентатно, а к лантаноидам моно- и бидентатно;

фосфорилированные кислотные поданды образуют внутрикомплексные соли с катионами *f*-элементов.

- На примере комплексов катиона уранила с 4-(дифенилфосфорил)-4-диметилбутан-2-оном и 4-(дифенилфосфорил)бут-3-ен-2-оном проведено верифицирование квантово-химического моделирования строения комплексов *f*-элементов с фосфорилсодержащими лигандами – N-диорганилфосфорилированными мочевинами, фосфорилкетонами и фосфорилированными кислотными подандами, достоверно воспроизводящие структурные параметры, определенные методом РСА.
- Определены особенности экстракции *f*-элементов стехиометрическими бинарными смесями кислотных фосфорилподандов и ЧАС. Показано, что в азотнокислых средах более 4 М экстракционная способность смеси определяется свойствами кислотного фосфорилподанда с образованием внутрикомплексной соли с катионами *f*-элементов в органической фазе, а ЧАС участвует в смеси как солубилизатор, повышая липофильность кислотного фосфорилподанда и экстрагированных соединений.

Практическая ценность работы состоит в:

- выявлении условий эффективного экстракционного извлечения и разделения ценных целевых компонентов (актиноидов, циркония, скандия и редкоземельных элементов (РЗЭ)) из растворов вскрытия рудного эвдиалитового концентрата и фосфогипса при использовании олигодентатных экстрагентов классов фосфорилмочевин, фосфорилкетонов и фосфорилированных кислотных подандов.
- разработке условий использования стехиометрической бинарной смеси кислотного фосфорилподанда и ЧАС для извлечения урана(VI), тория(IV), циркония(IV), гафния(IV), скандия(III) и титана(III) из растворов вскрытия рудного эвдиалитового концентрата с получением концентрата РЗЭ. Полученные результаты могут стать основой новой промышленной технологии кондиционирования отходов при производстве редких и редкоземельных металлов из природного и техногенного сырья.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения. Основные положения диссертации получили полное отражение в 41 статье в рецензируемых изданиях, из них 37 статей в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus.

Публикации, в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Моргалюк В.П., Сафиулина А.М., Тананаев И.Г., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Молчанова Г.Н., Баулина Т., Нифантьев Э.Е., Мясоедов Б.Ф. N-дифенилфосфорил-N'-алкилмочевины – новый тип экстрагентов для концентрирования актинидов // Доклады Академии наук. 2005. Т. 403. № 2. С. 201-204. DOI: 10.1007/s10631-005-0052-z (Web of Science, Scopus).
2. Grigoriev M.S., Safiulina A.M., Pisareva S.A., Nifant'ev E.E. 1,1,1-Tris[(diphenylphosphoryl)-methyl]propane monohydrate // Acta Crystallographica. Section E: Structure Reports Online. 2007. V. 63. № 8. DOI: 10.1107/S1600536807032527 (Web of Science, Scopus).
3. Тананаев И.Г., Летюшов А.А., Сафиулина А.М., Горюнова И.Б., Баулина Т.В., Моргалюк В.П., Горюнов Е.И., Грибов Л.А., Нифантьев Э.Е., Мясоедов Б.Ф. Стратегия поиска новых высокоэффективных фосфорорганических экстрагентов для концентрирования радионуклидов // Доклады Академии наук. 2008. Т. 422. № 6. С. 762-766. DOI: 10.1134/S0012500808100054 (Web of Science, Scopus).
4. Горюнов Е.И., Сафиулина А.М., Моргалюк В.П., Горюнова И.Б., Молчанова Г.Н., Баулина Т.В., Матросов Е.И., Петровский П.В., Тананаев И.Г., Нифантьев Э.Е., Мясоедов Б.Ф. N-(*n*-алкил)-N'-дифенилфосфорилмочевины – новый тип экстрагентов для концентрирования актинидов и лантанидов // Известия Академии наук. Серия химическая. 2008. № 2. С. 374-379. DOI: 10.1007/s11172-008-0058-z (Web of Science, Scopus).
5. Safiulina A.M., Letyushov A.A., Tananaev I.G., Myasoedov B.F., Goryunov E.I., Goryunova I.B., Smirnova S.A., Ginzburg A.G., Nifant'ev E.E. Effect of anomalous aryl strengthening in the series of N-phosphorylureas // Mendeleev

DOI: 10.1016/j.mencom.2009.09.010 (Web of Science, Scopus).

6. Лемпорт П.С., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Летюшов А.А., Сафиулина А.М., Тананаев И.Г., Нифантьев Э.Е., Мясоедов Б.Ф. Синтез и экстракционные свойства первых представителей 2-(фосфориламидо)замещенных 1,8-нафтиридинов // Доклады Академии наук. 2009. Т. 425. № 6. С. 773-776. DOI: 10.1134/S0012500809040053 (Web of Science, Scopus).
7. Горюнов Е.И., Шипов А.Э., Горюнова И.Б., Генкина Г.К., Петровский П.В., Борисова А.О., Сафиулина А.М., Тананаев И.Г., Нифантьев Э.Е., Мясоедов Б.Ф. N-дифенилфосфорилмочевины на основе эфиров природных α -аминокислот: "one-pot"-синтез и экстракционные свойства // Доклады Академии наук. 2011. Т. 438. № 4. С. 480-484. DOI: 10.1134/S0012500811060012 (Web of Science, Scopus).
8. Матросов Е.И., Горюнова И.Б., Лысенко К.А., Григорьев М.С., Сафиулина А.М., Горюнов Е.И., Нифантьев Э.Е. N-(1,5-диметил-3-оксо-2-фенил-1,2-дигидропиразол-4-ил)-p,p-дифениламидофосфинат и его комплексы с нитратами неодима(III), эрбия(III), тория(IV) и уранила синтез, кристаллическая и молекулярная структура // Журнал неорганической химии. 2011. Т. 56. № 4. С. 579-584. DOI: 10.1134/S003602361104019X (Web of Science, Scopus).
9. Бодрин Г.В., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Нелюбина Ю.В., Петровский П.В., Григорьев М.С., Сафиулина А.М., Тананаев И.Г., Нифантьев Э.Е. β -дифенилфосфорилированные кетоны: общий подход к синтезу. // Доклады Академии наук. 2012. Т. 447. № 4. С. 401-406. DOI: 10.1134/S0012500812120014 (Web of Science, Scopus).
10. Сафиулина А.М., Синегрибова О.А., Матвеева А.Г., Горюнов Е.И., Григорьев М.С., Нифантьев Э.Е., Тананаев И.Г. Экстракция лантанидов(III) фосфорилсодержащими нафтиридиновыми лигандами из карбонатных сред. // Журнал неорганической химии. 2012. Т. 57. № 1. С. 115-122. DOI: 10.1134/S0036023612010196 (Web of Science, Scopus).

11. Сафиулина А.М., Иванец Д.В., Кудрявцев Е.М., Тананаев И.Г. Экстракционные свойства органических солей фосфорилсодержащих кислотных подандов и триоктиламина по отношению к цезию. // Журнал неорганической химии. 2012. Т. 57. № 4. С. 666-670. DOI: 10.1134/S0036023612040213 (Web of Science, Scopus).
12. Сафиулина А.М., Матвеева А.Г., Дворянчикова Т.К., Синегрибова О.А., Ту А.М., Татаринев Д.А., Костин А.А., Миронов В.Ф., Тананаев И.Г. Ацетилсодержащие фосфиноксиды как экстрагенты для извлечения актинидов и лантанидов // Известия Академии наук. Серия химическая. 2012. № 2. С. 390-396. DOI: 10.1007/s11172-012-0055-0 (Web of Science, Scopus).
13. Матвеева А.Г., Григорьев М.С., Дворянчикова Т.К., Матвеев С.В., Сафиулина А.М., Синегрибова О.А., Пасечник М.П., Годовиков И.А., Татаринев Д.А., Миронов В.Ф., Тананаев И.Г. Комплексы (2-метил-4-оксопент-2-ил)дифенилфосфиноксида с нитратами уранила и неодима: синтез и строение в твердом виде и в растворах// Известия Академии наук. Серия химическая. 2012. № 2. С. 397-402. DOI: 10.1007/s11172-012-0056-z (Web of Science, Scopus).
14. Горюнов Е.И., Баулина Т.В., Горюнова И.Б., Матвеева А.Г., Сафиулина А.М., Нифантьев Э.Е. N-алкил-N'-[(алкил/арил)(алкокси/арокси)-фосфорил]-мочевины: синтез и экстракционные свойства по отношению к *f*-элементам // Известия Академии наук. Серия химическая. 2014. № 1. С. 141-148. DOI: 10.1007/s11172-014-0408-y (Web of Science, Scopus).
15. Матвеева А.Г., Горюнов Е.И., Ту А.М., Сафиулина А.М., Горюнова И.Б., Бодрин Г.В., Лесив А.В., Синегрибова О.А., Брель В.К. Влияние природы заместителей при атоме фосфора на экстракционные свойства фосфорилкетонов по отношению к *f*-элементам // Известия Академии наук. Серия химическая. 2014. № 11. С. 2493-2501. DOI: 10.1007/s11172-014-0767-4 (Web of Science, Scopus).
16. Сафиулина А.М., Матвеева А.Г., Лизунов А.В., Бодрин Г.В., Горюнов Е.И., Григорьев М.С., Семёнов А.А., Брель В.К., Нифантьев Э.Е. Фосфорилсодержащий кетон 5-(дифенилфосфорил)гексан-3-он новый

- эффективный экстрагент для извлечения и разделения лантанидов при переработке эвдиалита // Доклады Академии наук. 2015. Т. 460. № 6. С. 673-676. DOI: 10.1134/S001250081502007X (Web of Science, Scopus).
17. Сафиулина А.М., Матвеева А.Г., Евтушенко А.В., Лизунов А.В., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Бодрин Г.В., Семёнов А.А., Брель В.К. Извлечение лантанидов из растворов вскрытия фосфогипса с использованием нового фосфорорганического экстрагента – 5-(дифенилфосфорил)гексан-3-она // Журнал общей химии. 2015. Т. 85. № 9. С. 1551-1557. DOI: 10.1134/S1070363215090170 (Web of Science, Scopus).
18. Сафиулина А.М., Матвеева А.Г., Иванец Д.В., Кудрявцев Е.М., Григорьев М.С., Баулин В.Е., Цивадзе А.Ю. Фосфорилсодержащие кислотные поданды как экстрагенты для извлечения *f*-элементов. Сообщение 1. Синтез и сопоставление подандов, различающихся длиной и строением полиэфирной цепочки // Известия Академии наук. Серия химическая. 2015. № 1. С. 161-168. DOI: 10.1007/s11172-015-0837-2 (Web of Science, Scopus).
19. Сафиулина А.М., Матвеева А.Г., Иванец Д.В., Кудрявцев Е.М., Баулин В.Е., Цивадзе А.Ю. Фосфорилсодержащие кислотные поданды как экстрагенты для извлечения *f*-элементов. Сообщение 2. Синтез и сопоставление подандов, различающихся строением концевых групп // Известия Академии наук. Серия химическая. 2015. № 1. С. 169-175. DOI: 10.1007/s11172-015-0838-1 (Web of Science, Scopus).
20. Тимофеева Г.И., Матвеева А.Г., Сафиулина А.М., Иванец Д.В., Кудрявцев Е.М., Баулин В.Е., Цивадзе А.Ю. Фосфорилсодержащие кислотные поданды как экстрагенты для извлечения *f*-элементов. Сообщение 3. Зависимость степени ассоциации подандов от природы заместителей и концентрации в водно-метанольных растворах // Известия Академии наук. Серия химическая. 2015. № 1. С. 224-227. DOI: 10.1007/s11172-015-0847-0 (Web of Science, Scopus).
21. Горюнов Е.И., Матвеева А.Г., Сафиулина А.М., Горюнова И.Б., Бодрин Г.В., Брель В.К. α - и β -дифенилфосфорилированные вторичные алканола. I. общий метод синтеза и экстракционные свойства по отношению к *f*-элементам

// Журнал общей химии. 2016. Т. 86. № 3. С. 489-498.
DOI: 10.1134/S1070363216030208 (Web of Science, Scopus).

22. Matveeva A.G., Vologzhanina A.V., Goryunov E.I., Aysin R.R., Pasechnik M.P., Matveev S.V., Godovikov I.A., Safiulina A.M., Brel V.K. Extraction and coordination studies of a carbonylphosphine oxide scorpionate ligand with uranyl and lanthanide(III) nitrates: structural, spectroscopic and DFT characterization of the complexes // Dalton Transactions: An International Journal of Inorganic Chemistry. 2016. V. 45. № 12. P. 5162-5179. DOI: 10.1039/c5dt04963f (Web of Science, Scopus).

23. Сафиулина А.М., Иванец Д.В., Кудрявцев Е.М., Баулин Д.В., Баулин В.Е., Цивадзе А.Ю. Экстракция *f*-элементов бинарными экстрагентами на основе производных 1,5-бис[о-(диоксифосфорил)фенокси]-3-оксапентана и триоктиламина // Журнал неорганической химии. 2018. Т. 63. № 12. С. 1659-1664. DOI: 10.1134/S0036023618120185 (Web of Science, Scopus).

24. Борисова Н.Е., Сафиулина А.М., Лизунов А.В., Семенов А.А., Григорьев М.С., Решетова М.Д., Литвинов И.А., Татаринев Д.А., Миронов В.Ф. Металлопрототируемое экстракционное депротонирование бидентатных фосфорорганических реагентов: извлечение урана, тория и лантанидов. // Журнал неорганической химии. 2019. Т. 64. № 3. С. 330-338. DOI: 10.1134/S0036023619030057 (Web of Science, Scopus).

25. Сафиулина А.М., Иванец Д.В., Кудрявцев Е.М., Баулин Д.В., Баулин В.Е., Цивадзе А.Ю. Экстракция *f*-элементов бинарными экстрагентами на основе производных 1,5-бис[о-(диоксифосфорил)фенокси]-3-оксапентана и триоктиламина // Журнал неорганической химии. 2018. Т. 63. № 12. С. 1659-1664. DOI: 10.1134/S0036023618120185 (Web of Science, Scopus).

26. Сафиулина А.М., Иванец Д.В., Кудрявцев Е.М., Баулин Д.В., Баулин В.Е., Цивадзе А.Ю. Жидкостная и твердофазная экстракция урана(VI), тория(IV) и редкоземельных элементов(III) из азотнокислых растворов с использованием фосфорилсодержащих подандов кислотного типа // Журнал неорганической

химии. 2019. Т. 64. № 4. С. 430-437. DOI: 10.1134/S0044457X19040184(Web of Science, Scopus).

27. Safiulina A., Borisova N., Grigoriev M., Baulin D., Tsivadze A., Baulin V. Design of extractants for *f*-block elements in a series of (2-(diphenylphosphoryl)methoxyphenyl)diphenylphosphine oxide derivatives: synthesis, quantum-chemical, and extraction studies // *Molecules*. 2021. V. 26. № 8. P. 2217. DOI: 10.3390/molecules26082217 (Web of Science, Scopus).

28. Сафиулина А.М., Лизунов А.В., Борисова Н.Е., Баулина Т.В., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Брель В.К. Экстракционные свойства дифенилфосфорилмочевин с алифатическими ω -азотсодержащими радикалами // *Журнал неорганической химии*. 2021. Т. 66. № 5. С. 631-640. DOI: 10.1134/S0036023621050156 (Web of Science, Scopus).

29. Сафиулина А.М., Борисова Н.Е., Лизунов А.В., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Бодрин Г.В., Брель В.К. Экстракционные свойства моно- и бис(дифенилфосфорил)моно- и дикетонов по отношению к актинидам и лантанидам // *Журнал неорганической химии*. 2022. Т. 67. № 4. С. 513-522. DOI: 10.31857/S0044457X2204016X (Web of Science, Scopus).

30. Сафиулина А.М., Борисова Н.Е., Лизунов А.В., Баулина Т.В., Горюнов Е.И., Перегудов А.С., Брель В.К., Тананаев И.Г. Синтез и экстракционные свойства дифенилфосфорилмочевин с ω -(алкокси/тетрагидрофурил)флкильными заместителями у терминального атома азота // *Журнал неорганической химии*. 2022. Т. 67. № 9. С. 1283-1291. DOI: 10.31857/S0044457X22090100 (Web of Science, Scopus).

31. Boyarintsev A.V., Stepanov S.I., Kostikova G.V., Zhilov V.I., Safiulina A.M., Tsivadze A.Yu. Separation and purification of elements from alkaline and carbonate nuclear waste solutions. // *Nuclear Engineering and Technology*. 2023. V. 55. № 2. P. 391-407. DOI: 10.1016/j.net.2022.09.030. (Web of Science, Scopus).

32. Safiulina A.M., Lizunov A.V., Semenov A.A., Baulin D.V., Baulin V.E., Tsivadze A.Y., Aksenov S.M., Tananaev I.G. Recovery of Uranium, Thorium and Other Rare Metals from Eudialyte Concentrate by a Binary Extractant Based on 1,5-

bis[2-(hydroxyethoxyphosphoryl)-4-ethylphenoxy]-3-oxapentane and Methyl Trioctylammonium Nitrate. // Minerals. 2022. V. 12. 1469. DOI: 10.3390/min12111469 (Web of Science, Scopus).

33. Сафиулина А.М., Семенов А.А., Лизунов А.В., Лесина И.Г., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Бодрин Г.В., Брель В.К., Тананаев И.Г. Извлечение и разделение редких металлов при переработке эвдиалитового концентрата новыми реагентами класса фосфорилкетонов. // Радиохимия. 2022. Т. 64. №. 6. С. 547–553 DOI: 10.1134/S1066362222060078 (Web of Science, Scopus).

34. Сафиулина А.М., Семенов А.А., Лизунов А.В., Лесина И.Г., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Бодрин Г.В., Брель В.К., Аксенов С.М., Тананаев И.Г. Экстракционное извлечение и разделение редких и радиоактивных элементов 5-(дифенилфосфорил)гексан-3-оном при переработке фосфогипса. // Радиохимия. 2023. Т. 65. №. 1. С. 54-60. DOI: 10.1134/S1066362223010083 (Web of Science, Scopus).

35. Сафиулина А.М., Борисова Н.Е., Лизунов А.В., Голубев А.В., Бодрин Г.В., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Брель В.К., Тананаев И.Г. Влияние природы мостикового радикала на экстракционную способность дифенилфосфорилкетонов по отношению к актинидам и лантанидам. // Журнал неорганической химии. 2023. Т. 68. № 11. С. 1656-1663. DOI: 10.1134/S0036023623602118 (Web of Science, Scopus).

36. Safiulina A.M., Lizunov A.V., Goryunov E.I., Bodrin G.V., Goryunova I.B., Strelkova T.V., Grigoriev M.S., Brel V.K., Tananaev I.G. Derivatives of (2-Carbamoylethyl)diphenylphosphine Oxides: Synthesis and Extraction Properties toward Actinides and Lanthanides. // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2024. V. 69. № 1. P. 94–102. DOI: 10.1134/S0036023623602751 (Web of Science, Scopus).

37. Safiulina A.M., Borisova N.E., Karpyuk E.A., Ivanov A.V., Lopatin D.A. Extraction of Palladium from Spent Nuclear Fuel Reprocessing Solutions. // Metals. 2024. V. 14(2). P. 133. DOI: 10.3390/met14020133 (Web of Science, Scopus).

Публикации, в рецензируемых изданиях:

1. Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Баулина Т.В., Петровский П.В., Матросов Е.И., Лысенко К.А., Григорьев М.С., Сафиулина А.М., Моргалюк В.П., Летюшов А.А., Тананаев И.Г., Нифантьев Э.Е., Мясоедов Б.Ф. Синтез, комплексообразующие и экстракционные свойства N-дифенилфосфорилмочевин и родственных соединений. // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). 2010. Т. 54. № 3. С. 45-55.
2. Сафиулина А.М., Синегрибова О.А., Баулин В.Е., Тананаев И.Г., Цивадзе А.Ю. Экстракция лантанидов и актинидов нейтральными и кислотными тетразамещенными (o-фениленоксиметилен)дифосфинами из азотнокислых сред. // Цветные металлы. 2012. № 3. С. 43-45.
3. Сафиулина А.М., Матвеева А.Г., Горюнов Е.И., Нифантьев Э.Е., Тананаев И.Г. Фосфорилсодержащие нафтиридиновые лиганды – новый тип экстрагентов для извлечения лантанидов(III) из карбонатных сред. // Цветные металлы. 2012. № 3. С. 46-50.
4. Сафиулина А.М., Матвеева А.Г., Дворянчикова Т.К., Синегрибова О.А., Татаринев Д.А. Ацетилсодержащие фосфиноксиды – новые экстрагенты для редкоземельных элементов // Цветные металлы. 2012. № 3. С. 73-75.

Результаты диссертации представлены на 23 международных и всероссийских конференциях.

Публичные доклады на международных научных мероприятиях:

1. Safiulina A.M., Goryunov E.I., Goryunova I.B., Baulina T.V., Molchanova G.V., Petrovskii P.V., Nifant'ev E.E., Morgaliuk V.P., Tananaev I.G., Myasoedov B.F. N-diphenylphosphoryl-N'-alkylureas: synthesis and extractive power toward Am(III) and U(VI). // Book of abstracts XIV International Conference on the Chemistry of Phosphorus Compounds. Kazan. Russia June 27-July 1. 2005. P20.
2. Safiulina A.M., Morgalyuk V.P., Baulina T.V., Goryunov E.I., Nifant'ev E.E., Tananaev I.G. N-Diphenylphosphoryl-N'-octylurea as new ligand for the efficient collection of actinides and lanthanides for analytical purpose. // ICAS-2006,

International Congress on Analytical Science June 25-30. 2006. Moscow. Russia. Book of Abstracts. V. 1. P. 678-679.

3. Safiulina A.M., German K.E., Pisareva S.A., Nifant'ev E.E., Tananaev I.G. Binary extraction with bis[(hydroxyl)-phenylphosphoryl]methane – trioctylamine complex. // ICAS-2006, International Congress on Analytical Science June 25-30. 2006. Moscow. Russia. Book of Abstracts. V. 1. P. 677.

4. Safiulina A.M., Morgalyuk V.P., Baulina T.V., Goryunov E.I., Nifant'ev E.E., Tananaev I.G. N-Diphenylphosphoryl-N'-octylurea as new ligand for the efficient collection of actinides and lanthanides for analytical purpose. // ICAS-2006, International Congress on Analytical Science. June 25-30. 2006. Moscow. Russia. Book of Abstracts. V. 1. P. 678-679.

5. Safiulina A.M., Borisova N.E., Knizhnikov V.A., Misheliya A.L., Reshetova M.D., Tananaev I.G. Extraction properties of aminoacid derivatived based ligands regarding to uranium(VI) and europium(III) in two phase aqueous systems. // XVIII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. г. Москва. 23-28 сентября. 2007. Сборник трудов. Т. 5. С. 2532.

6. Safiulina A.M., Goryunov E.I., Baulina T.V., Goryunova I.B., Letushov A.A., Tananaev I.G., Nifant'ev E.E. N-organo-phosphorylureas – the new type of extraction agents for concentrating and separation of 4f- and 5f-elements. // XVIII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. г. Москва. 23-28 сентября. 2007. Сборник трудов Т. 5. С. 2533.

7. Сафиулина А.М., Иванец Д.В., Кудрявцев Е.М., Матвеева А.Г., Тимофеева Г.И., Тананаев И.Г. Экстракционные свойства фосфорилсодержащих кислотных подандов по отношению к актинидам и лантанидам. // III Международная школа-конференция по физической химии краун-соединений, порфиринов и фталоцианинов. г. Туапсе. 4-9 сентября. 2011. Сборник тезисов. С. 24.

8. Сафиулина А.М., Бояринцев А.В., Бояринцева Е.В. Экстракция азотной кислоты метилизобутилкетонном в присутствии высаливателя. // Инновационные подходы в современной науке: сб. ст. по материалам CLVI

Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в современной науке». № 24(156). М. Изд. «Интернаука». 2023. С. 55-61.

9. Сафиулина А.М., Бояринцев А.В., Горюнов Е.И., Брель В.К., Бодрин Г.В. Экстракционные свойства производных (2-карбамоилэтил)-дифенилфосфиноксидов по отношению к нитрату уранила. // Технические науки: проблемы и решения: сб. ст. по материалам LXXIX Международной научно-практической конференции «Технические науки: проблемы и решения». № 12(73). М. Изд. «Интернаука». 2023. С. 43-48.

10. Safiulina A.M., Boyarintsev A.V., Goryunov E.I., Brel V.K., Bodrin G.V. Influence of the structure of the bridging radical on the extraction properties of diphenylphosphorylketones relative to actinides and lanthanides// Proceedings of the XXXVIII International Multidisciplinary Conference «Innovations and Tendencies of State-of-Art Science». Mijnbestseller Nederland. Rotterdam. Nederland. 2023. P. 101-107.

11. Сафиулина А.М., Бояринцев А.В., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б. Экстракция актиноидов и лантаноидов N-дифенилфосфорил-N'-н-октилмочевиной из многокомпонентных азотнокислых растворов. // Научный форум: Медицина, биология и химия: сб. ст. по материалам LXIII междунар. науч.-практ. конф. № 8(63). М. Изд. «МЦНО». 2023. С. 24-29.

12. Borisova N.E., Matveev P.I., Safiulina A.M., Ivanov A.V., Tananaev I.G. Separation of Spent Nuclear Fuel: Minor Actinide and Palladium Extraction by Heterocyclic Diamides. // Special issue Russian Metallurgy (Metally). 2023. № 9. P. 1350–1356. DOI: 10.1134/S0036029523090203 of The 16th Sino-Russia Symposium on Advanced Materials and Technologies. The Nonferrous Metals Society of China 6th-9th. November. 2023 Haikou. China.

13. Safiulina A.M., Boyarintsev A.V., Goryunov E.I., Brel V.K., Bodrin G.V. Extraction properties of derivatives (2-carbamoylethyl)diphenylphosphinoxides in relation to lanthanoids in nitric acid media// Proceedings of the LII International Multidisciplinary Conference «Recent Scientific Investigation». Primedia E-launch LLC. Shawnee. USA. January 2024. P. 122-128.

Публичные доклады на всероссийских научных мероприятиях:

1. Сафиулина А.М., Моргалюк В.П., Тананаев И.Г., Баулина Т.В., Горюнов Е.И., Нифантьев Э.Е., Мясоедов Б.Ф. N-фосфорил-N'-алкилмочевины – эффективные экстрагенты в процессах концентрирования и разделения трансурановых и осколочных элементов. // 5-ая Российская конференция по радиохимии «Радиохимия-2006», г. Дубна. 23-27 октября. 2006. Тезисы докладов С. 105-106.
2. Сафиулина А.М., Хан Вин Со, Назаров Е.О., Степанов С.И., Баулин В.Е., Чекмарев А.М., Тананаев И.Г., Цивадзе А.Ю. Экстракция цезия смесями краун-эфиров и подандов с карбонатом метилтриалкиламмония из карбонатных растворов // 6-ая Российская конференция по радиохимии. «Радиохимия-2009» г. Москва. 12-16 октября 2009. Тезисы докладов. С. 130.
3. Сафиулина А.М., Иванец Д.В., Кудрявцев Е.М., Матвеева А.Г., Тананаев И.Г. Экстракция актинидов и лантанидов фосфорилсодержащими кислотными подандами из азотнокислых сред. // Российская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные проблемы радиохимии радиоэкологии», посвященная 60-летию кафедры радиохимии и прикладной экологии УрФУ» г. Екатеринбург. 9-11 ноября. 2011. Сборник трудов. С. 258-260.
4. Иванец Д.В., Кудрявцев Е.М., Сафиулина А.М., Тананаев И.Г. Экстракция цезия солями кислотных фосфорилированных кислотных подандов и триоктиламина из азотнокислых и карбонатных сред. // Российская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные проблемы радиохимии радиоэкологии», посвященная 60-летию кафедры радиохимии и прикладной экологии УрФУ» г. Екатеринбург. 9-11 ноября. 2011. Сборник трудов. С. 261-263.
5. Баулин В.Е., Коваленко О.В., Баулин Д.В., Сафиулина А.М., Иванец Д.В., Кудрявцев Е.М., Цивадзе А.Ю. Фосфорилподанды кислотного типа как перспективные экстрагенты для селективного разделения урана, тория и РЗЭ. //

9-ая Российская конференция с международным участием «Радиохимия-2018» г. Санкт-Петербург. 17-21 сентября 2018. Тезисы докладов. С. 119.

6. Сафиулина А.М., Баулин Д.В., Баулин В.Е., Цивадзе А.Ю. Экстракция лантанидов и актинидов производными 2-((дифенилфосфорил)метокси)-фенилфосфоновой кислоты из азотнокислых сред. // Научно-технический семинар «Обращение с ОЯТ и РАО в ЗЯТЦ». г. Москва. АО «ВНИИНМ». 30 мая 2019. Спец. вып. журн. Вопросы атомной науки и техники. Серия: Материаловедение и новые материалы. 2019. № 3(99). С. 51-64.

7. Сафиулина А.М., Лизунов А.В., Бодрин Г.В., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Брель В.К., Тананаев И.Г. Влияние природы мостикового радикала на экстракционную способность дифенилфосфорилкетонов по отношению к f -элементам. // 10-ая Российская конференция с международным участием «Радиохимия-2022» 26-30 сентября 2022. г. Санкт-Петербург. Тезисы докладов. С. 135.

8. Сафиулина А.М., Лизунов А.В., Горюнов Е.И., Горюнова И.Б., Бодрин Г.В., Брель В.К., Тананаев И.Г. Экстракционные и комплексообразующие свойства фосфорилкетонов по отношению к актинидам и лантанидам. // Всероссийской конференции с международным участием «Исследования и разработки в области химии и технологии функциональных материалов» 17-21 апреля 2023 г. Апатиты. Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2023. Т. 14. № 2. С. 223-227.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части 8. Конверсия достижений технологии редких металлов и ядерной технологии, использование опыта эксплуатации типичных для данной отрасли промышленности процессов (сорбция, экстракция, плазменные, пламенные процессы и т.п.) для создания малоотходных, ресурсосберегающих технологических схем других отраслей промышленности.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Сафиулиной Алфии Минеровны 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 Сафиулиной А.М.; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью. Личный авторский вклад Сафиулиной А.М. в представленной диссертационной работе составляет 85%.

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 учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Экстракция f -элементов олигодентатными фосфорорганическими соединениями» рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Диссертация рассмотрена на заседании Научно-технического совета Акционерного Общества «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени А.А. Бочвара», состоявшемся «04» марта 2024 года, протокол № 3.

В обсуждении приняли участие: генеральный директор Карпюк Леонид Александрович; начальник отдела Леонтьева-Смирнова Мария Владимировна; главный научный сотрудник Чернов Вячеслав Михайлович; ведущий научный сотрудник Морозов Александр Васильевич; главный научный сотрудник Ананьев Алексей Владиленович; ученый секретарь, секретарь совета Поздеев Михаил Васильевич; заместитель генерального директора по инновационной деятельности Лесина Ирина Геннадьевна.

Принимало участие в голосовании 30 человек. Результаты голосования:
«За» - 30 человек, «Против» - 0 человек, воздержались - 0 человек, протокол №
3 от «04» марта 2024 г.

Заместитель генерального директора по
инновационной деятельности АО «ВНИИНМ»,
кандидат технических наук



И.Г. Лесина

Ученый секретарь АО «ВНИИНМ», секретарь
научно-технического совета института,
кандидат экономических наук



М.В. Поздеев