

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сафиулиной Алфии Минеровны на тему  
«Экстракция *f*-элементов олигодентатными фосфорорганическими  
соединениями», представленной

на соискание ученой степени доктора химических наук  
по специальности 2.6.8 – технология редких, рассеянных и радиоактивных  
элементов.

Диссертационная работа Сафиулиной А.М. посвящена актуальной проблеме поиска экстракционных лигандов и смесей для выделения *f*-элементов из азотнокислых растворов, которые бы отличались удовлетворительными показателями экстракционных количественных характеристик по эффективности и селективности для решения различных технологических задач. Автором в работе изучено три класса фосфорорганических соединений: фосфорилмочевины, фосфорилкетоны и кислотные фосфорилподанды. Предложенный автором в диссертационной работе комплекс исследований по поиску оптимального дизайна структуры молекулы экстрагента с варьированием заместителей у атома фосфора, а также трансформацией природы линкера, соединяющего этот атом с дополнительным координирующим центром (карбонильная или фосфорильная группы) востребован в современной технологии производства редких металлов.

В ходе исследований диссертантом разработаны структуры высокоэффективных экстрагентов из класса *N*-дифенилфосфорилированных мочевины – *N*-дифенилфосфорил-*N'*-*n*-октилмочевина, фосфорилкетонов – 5-(дифенилфосфорил)гексан-3-он и фосфорилированных кислотных подандов – 1,5-бис[*o*-(гидрокси-этоксифосфорил)-*p*-этилфеноксигруппы]-3-оксапентан, позволяющие проводить селективное выделение лантаноидов и актиноидов на фоне ионов других металлов высокой концентрации. Автором проведено сравнение экстракционной способности по отношению к актиноидам и лантаноидам соединений исследованных классов с коммерчески доступными фосфорорганическими экстрагентами: трибутилфосфатом, триоктилфосфиноксидом, дифенил(*N,N*-дибутилкарбамоилметил)-фосфиноксидом, а также ди-2-этилгексилфосфорной кислотой. Показано, что исследованные олигодентатные экстрагенты извлекают актиноиды и лантаноиды из азотнокислых сред значительно эффективнее, чем известные коммерчески доступные экстрагенты.

Для понимания фундаментальной проблемы механизма комплексообразования фосфорилсодержащих лигандов с *f*-элементами

синтезированы новые комплексные соединения фосфоразотсодержащих лигандов – N-диорганилфосфорилированных мочевины, фосфорилкетонов, а также фосфорилированных подандов с катионами актиноидов и лантаноидов и изучены их спектральные и рентгенодифракционные характеристики; установлены составы и структуры экстрагируемых комплексов перечисленных выше лигандов с актиноидами и лантаноидами, которые также подтверждены квантово-химического моделирования структур и состава экстрагируемых соединений.

В ходе работы автором определены закономерности экстракции *f*-элементов стехиометрическими бинарными смесями кислотных фосфорилподандов и четвертичных аммониевых оснований. Показана возможность применения этих смесей для выделения редких металлов из растворов вскрытия рудного эвдиалитового концентрата. При использовании бинарной смеси кислотных фосфорилподандов и четвертичных аммониевых оснований уран(VI), торий(IV), цирконий(IV), гафний(IV), скандий(III) и титан(III) извлекаются из раствора вскрытия рудного эвдиалитового концентрата количественно, при этом редкоземельные элементы концентрируются в рафинате. Кроме того автором продемонстрирована возможность использования олигодентатных экстрагентов классов фосфорилмочевин, фосфорилкетонов и для эффективного извлечения ценных целевых компонентов (актиноидов, циркония, скандия и коллективного концентрата РЗЭ) из модельных растворов ОЯТ, а также из растворов вскрытия рудного эвдиалитового концентрата и фосфогипса в рамках одной технологической стадии экстракционного процесса. Полученные результаты могут стать основой новой промышленной технологии при производстве редких и редкоземельных металлов из минерального и техногенного сырья, а также в области кондиционирования радиоактивных отходов.

В ходе работы был использован широкий спектр самых современных методов исследования: ИК-, электронная и ЯМР-спектроскопия, масс-спектрометрические методы анализа с индуктивно-связанной плазмой, рентгеноструктурный и рентгенофлуоресцентный анализы, лазерное светорассеяние, а также рентгенофазовый анализ. Полученные результаты не вызывают сомнений в их достоверности.

Автореферат подготовлен грамотно, в нём с достаточной полнотой отражены основные результаты и выводы. По ее материалам опубликовано 45 научных статей, в том числе 37 в изданиях индексируемых в базах Web of Science и Scopus, получено два патента на изобретение. Основные результаты работы

докладывались на крупных отечественных и международных научных конференциях.

Диссертация «Экстракция f-элементов олигодентатными фосфорорганическими соединениями» представленная на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов соответствует паспорту специальности и требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание доктора наук, а ее автор Сафиулина Алфия Минеровна заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Главный научный сотрудник АО «ВНИИНМ»,  
д.х.н.



А.В. Ананьев

Контактная информация:  
г. Москва, ул. Рогова, 5А  
8(499)190-89-99, доб. 88-23  
e-mail: allvlananyev@bochvar.ru  
Ананьев Алексей Владиленович

Подпись А.В.Ананьева заверяю

Учёный секретарь

АО «ВНИИНМ», к.т.н.



М.В. Поздеев

14.08.2024

