

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сафиулиной Алфии Минеровны  
«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»

Обеспечение современной отечественной промышленности редкими металлами за счет совершенствования известных вариантов схем переработки природного сырья и вовлечения в процесс техногенных отходов является несомненно актуальной задачей. В связи с тем, что «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», диссертант Сафиулина А.М. формулирует цель своей работы как «разработка физико-химических основ экстракции актиноидов и лантаноидов из технологических растворов переработки различных видов минерального сырья и техногенных отходов олигодентатными фосфорорганическими экстрагентами: фосфорилмочевинами, фосфорилкетонами и фосфорилированными кислотными подандами, в том числе, и их смесями с четвертичными аммониевыми солями (ЧАС) при бинарной экстракции».

Теоретическая значимость работы (по тексту реферата) заключается в том, что:

- обоснованы модификации структур фосфорорганических экстрагентов различных классов для увеличения реакционной способности при комплексообразовании с актиноидами и лантаноидами, способствующих повышению эффективности и селективности выделения f-элементов из азотнокислых сред;
- определены состав и структуры экстрагируемых комплексов f-элементов с фосфорилсодержащими лигандами – N-диорганилфосфорилированными мочевинами, фосфорилкетонами и фосфорилированными кислотными подандами в азотнокислых средах.

Практическая значимость диссертационной работы в формулировке соискателя:

- выявлены условия 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, фосфорилкетон и фосфорилированных кислотных подандов;

- разработаны условия 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.

Судя по количеству опубликованных соискателем работ, в том числе в соавторстве с признанными специалистами в данной области (более 40 статей в научных журналах, включенных в перечень ВАК РФ и в базы данных научного цитирования Web of Science и Scopus), объем исследований представляется значительным и качественным.

**Однако возникает целый ряд вопросов:**

1. Сопоставление названия работы, формулировки ее цели, содержания, теоретической и практической значимости, выбранных автором объектов исследования позволяет заключить, что название диссертации не отражает её содержание, а воспользоваться результатами работы в области технологии переработки сырья редких металлов, содержащего главным образом не f-элементы групп актиноидов и лантаноидов, а целый ряд переходных d-элементов (Th, Zr, Hf, Ti и др.), невозможно.

Так, одна из задач в рамках поставленной диссертантом цели – «Провести апробацию наиболее эффективных экстрагентов из фосфорилмочевин, фосфорилкетонов и кислотных фосфорилподандов, в том числе в составе бинарных смесей с ЧАС, для извлечения f-элементов и других РЭ из растворов рудного эвдиалитового концентрата и фосфогипса». Однако олигодентатные фосфорорганические экстрагенты имеют сравнительно высокую вязкость и использовались диссертантом в виде растворов в хлороформе, имеющем ограниченное применение в технологии. Экстрагенты рекомендуются для переработки фосфогипса с низкой долей в нём дефицитных «тяжелых» РЗМ. Эта задача успешно решена для традиционных промышленных отечественных экстрагентов в привязке к производствам по переработке апатитового концентрата (разработки ИХТРЭМС КНЦ РАН, НПК «Русредмет», «Скайград» и др.). Экономика с использованием новых экстрагентов априори будет более убыточной.

Не удивителен выбор эвдиалитового концентрата, который более привлекателен как объект из-за состава РЗЭ и присутствия других ценных редких элементов (Zr, Hf, Nb, Ta). Разработкой технологии комплексной переработки эвдиалита в течение не одного десятилетия занимались разные организации (ИХТРЭМС КНЦ РАН, РХГУ им. Д.И. Менделеева, Бронницкая геологическая экспедиция, ГИРЕДМЕТ и др.) Однако, ни в автореферате, ни в диссертации нет ни одной не только принципиальной технологической (блок- и пр.) схемы, которые

рекомендуются для проверки, но хотя бы сопоставительного анализа с известными вариантами.

2. В приложении приводятся названия и формулы экстрагентов, но нет никакой информации о том, что хотя бы какие-то фрагменты исследований были промоделированы и представляют перспективу для использования. Вряд ли можно выполненное моделирование четырехступенчатой непрерывной экстракции считать схемой переработки.

3. Если получены конкретные результаты по переработке ЖРО или других техногенных продуктов, где эти данные? Непонятно, чем интересны результаты работ для защиты по выбранной специальности, кроме декларирования, что изучаемые экстрагенты проявляют лучшие разделительные способности по отношению к РЗЭ, чем традиционные фосфорсодержащие реагенты. Получение каких-либо чистых индивидуальных элементов не было задачей исследований.

4. В представлении рецензента докторская диссертация отличается от кандидатской конкретными обобщениями известных данных и результатов автора применительно к решению вопросов, которые закрывают какие-либо существующие актуальные проблемы. В данной работе этого нет.

Несмотря на полученные автором достаточно интересные результаты в области химии экстракции f-элементов олигодентатными фосфорорганическими соединениями, практическая значимость работы по специальности 2.6.8 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» только декларируется, поскольку в автореферате и диссертации отсутствуют конкретные данные, технологические схемы, результаты практической проверки предложений, заключения сторонних организаций о перспективах использования или хотя бы мнение автора об экономической целесообразности использования новых экстрагентов. Предложение автора об использовании результатов для переработки фосфогипса вписывается в общую известную схему переработки, но чем оно лучше имеющихся данных других исследователей, доведенных до стадии опытно-промышленных испытаний, не понятно.

5. По факту представленные в автореферате, а также и в самой диссертации, результаты мало связаны с разработкой физико-химических основ экстракции актиноидов и лантаноидов и применением полученных данных в технологии комплексного сырья.

Сделанные замечания, к сожалению, снижают общую ценность работы и не позволяют рецензенту утверждать, что работа удовлетворяет всем требованиям «Положения 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 ученой степени доктора наук.

Считаю, что представленная к защите работа больше соответствует профилю специальности по органической химии. Именно в этой области автором получены наиболее значимые научные результаты, включающие получение новых экстрагентов, составы и структуры извлекаемых соединений. По профилю специальности 2.6.8 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» требуются дополнительные данные, подтверждающие практическую значимость работы, без которых невозможно утверждать, что диссертант Сафиулина Алфия Минеровна, достойна присуждения искомой степени доктора химических наук по специальности 2.6.8 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

Заместитель директора по научной работе Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН», (ИХТРЭМС КНЦ РАН), член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор

*СГ*

*И.В.*

Николаев Анатолий Иванович  
16.09.2024.

Я, Николаев Анатолий Иванович, даю своё согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертационной работы Сафиулиной А.М., и их дальнейшую обработку.

*СГ* *И.В.*

Подпись заместителя директора по научной работе ИХТРЭМС КНЦ РАН, д.т.н., чл.-корр. РАН Николаева А.И. по месту работы заверяю:

Учёный секретарь  
ИХТРЭМС КНЦ РАН, к.т.н.



*Т.Н.*

Васильева Татьяна Николаевна  
16 сентября 2024 г.