

В диссертационный совет Д 201.007.03
Акционерного общества
«Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»

ОТЗЫВ

официального оппонента

Калмыкова Степана Николаевича на диссертационную работу

КАМАЧЕВА ВЛАДИСЛАВА АНАТОЛЬЕВИЧА

**«Извлечение соединений актинидов растворами экстрагентов в озон-
дружественных фреонах»**

на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 02.00.14 - «радиохимия».

Разработка современных методов переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и фракционирования радиоактивных отходов (РАО) является важнейшей научно-технической задачей, от решения которой в значительной степени зависит будущее ядерной энергетики. В мире было предложено значительное число технологических схем, из которых на практике внедрены только гидрометаллургические. Основным их недостатками является образование значительных объемов жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Альтернативы существующих гидрометаллургических способов переработки ОЯТ лежат в области использования неводных технологий, в том числе экстракцию в среде сверхкритических флюидов. Именно вопросам применения фреонов в сверхкритическом состоянии для переработки ОЯТ и посвящена данная работа, что определяет ее **актуальность**. Автором проведено углубленное исследование технической применимости сверхкритических систем с экстрагентами во фреоне HFC-134a для перспективных процессов переработки ОЯТ и выявление их возможных аппаратурно-технологических преимуществ.

Если для экстрагирования органических веществ методы сверхкритической флюидной экстракции (СКФЭ) применяются давно как в промышленном масштабе, так и для задач аналитической химии, то для извлечения ионов металлов использование данного метода значительно

ограничено. В основном это связано с тем, что наиболее часто применяемый с СКФЭ диоксид углерода не обладает достаточной полярностью для эффективного извлечения катионов металлов, что определяет необходимость использования модификаторов, например метанола, а металл экстрагировать в виде комплексного соединения, чаще всего летучего (например в составе комплекса с фторированными бета-дикетонами). В данной работе для реализации схемы СКФЭ переработки ОЯТ предложено и обосновано использование фреонов, которые по ряду параметров обладают преимуществами по сравнению со сверхкритическим CO₂. Это определяет высокую **научную новизну** и **практическую значимость** работы. Важно, что предложенные подходы с использованием фреона отвечают требованиям «зеленой» химии – фреон HFC-134a является озон-дружественным.

Следует отметить, что диссертационная работа с точки зрения использованных методов и подходов, а также обработки результатов экспериментов, выполнена на самом высоком научном уровне. Все положения, выносимые автором на защиту, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации полностью **обоснованы**, **достоверность результатов** не вызывает сомнений.

Диссертация написана современным научным языком. Отдельные ее разделы, например, литературный обзор, могут представлять широкий интерес и оппонент рекомендует в дальнейшем рассмотреть вопрос публикации обзорной статьи на основе материала, представленного в литературном обзоре.

Структура диссертации соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям. Она состоит из введения, трех глав, выводов и списка литературы. Общий объем работы – 107 страниц, включая 34 рисунка, 20 таблиц и библиографию из 106 наименований.

Во введении сформулированы актуальность, научная новизна работы, ее цель и задачи, а также положения, выносимые на защиту.

В литературном обзоре приводятся сведения о технологиях переработки ОЯТ, о принципах СКФЭ, приводятся примеры использования СКФЭ для выделения и разделения различных веществ, в том числе катионов металлов. Приводится сравнительная характеристика различных сред, которые могут быть использованы во сверхкритическом состоянии для выделения и разделения различных веществ, а также подробно описаны характеристики фреонов, в том числе используемого в работе HFC-134a.

Вторая глава описывает экспериментальную часть - методики проведения экспериментов и обработки результатов.

Основные результаты работы приведены в третьей главе, описывающей результаты флюидной экстракции актинидов и РЗЭ из исследуемых объектов с использованием аддуктов «ТБФ – HNO_3 » и «ДБЭ – HNO_3 » во фреонах. Данная глава состоит из ряда разделов, посвященных растворению диоксида урана в растворах аддуктов, растворению модельного ОЯТ ВВЭР-1000 с последующим извлечением целевых элементов растворами аддуктов экстрагента с азотной кислотой в среде фреона и проверке выбранных систем на реальных ОЯТ.

Недостатки работы. Существенных недостатков в работе нет. При этом оппонент хотел бы высказать ряд замечаний, которые скорее носят рекомендательный характер и не уменьшают положительного отношения к работе. Во-первых, было бы, по всей видимости, целесообразно провести исследование влияния модификатора сверхкритического флюида, например, метанола, на эффективность извлечения целевых компонентов. Модификаторы позволяют значительно изменить полярность среды и увеличить эффективность экстрагирования. Кроме того, было бы целесообразно в литературном обзоре привести сравнение сверхкритических флюидов именно с позиций полярности, а не только величин сверхкритической температуры и давления. Во-вторых, в тексте есть ряд неточностей, опечаток и небрежностей. Например (стр. 43), автор утверждает, что альфа-излучатели регистрировались с использованием вакуумной установки. На самом деле речь идет об альфа-спектрометрической установке, детектор и измеряемый образец в которой вакуумируются для улучшения качества спектра. В-третьих, к тексту имеется вопрос – каким образом предполагается при внедрении данной технологии в промышленность, контролировать полноту процесса и в целом проводить аналитический контроль по ходу проведения СКФЭ?

Результаты работы опубликованы в 3 научных статьях в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, 10 тезисах докладов и получено 2 патента. Работа прошла апробацию на ряде международных и всероссийских конференциях.

Автореферат соответствует полному тексту диссертации.

Диссертационная работа Камачева Владислава Анатольевича «Извлечение соединений актинидов растворами экстрагентов в озондружественных фреонах» выполнена на высоком и современном научном уровне, она является законченным научным исследованием и по актуальности, научной новизне, научно-практической значимости и достоверности результатов соответствует требованиям ВАК по

"Положению о присуждении учёных степеней", утверждённому постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук. Камачев В.А. заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата технических наук по специальности 02.00.14 - «радиохимия».

Заведующий кафедрой радиохимии
химического факультета
Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский государственный
университет имени М.В.Ломоносова»,
член-корреспондент РАН, доцент, д.х.н.

Степан Николаевич Калмыков

Почтовый адрес: 119991, г. Москва, Ленинские горы, 1 стр.3
тел: 8(495)9393220
stepan@radio.chem.msu.ru

Декан химического факультета
Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский государственный
университет имени М.В.Ломоносова»,
академик



Валерий Васильевич Лунин