

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента  
Потапова Алексея Михайловича на диссертационную работу  
Селявского Вадима Юрьевича на тему  
«Выделение и концентрирование америция соосаждением на оксалате  
кальция», представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 2.6.8 – «Технология редких, рассеянных  
и радиоактивных элементов»

### **1. Актуальность темы диссертационного исследования**

Предприятия ядерно-топливного цикла в процессе своей деятельности генерируют значительные количества радионуклидов с различными уровнями активности, что требует комплексного подхода к их дальнейшей переработке. В Российской Федерации реализуется стратегия замкнутого ядерного топливного цикла, основанная на следующих ключевых положениях: селективное извлечение делящихся нуклидов, повторное использование ценных компонентов, минимизация объемов радиоактивных отходов.

Создание эффективных технологий разделения, выделения и очистки долгоживущих радионуклидов, особенно актиноидных элементов, представляет собой ключевую научно-техническую задачу в свете стратегического развития атомной энергетики, ориентированной на реализацию замкнутого ядерного топливного цикла, а также учитывая существенные радиологические риски, связанные с америцием как потенциальным источником облучения персонала и населения, представленное диссертационное исследование обладает высокой актуальностью и практической ценностью.

### **2. Общая характеристика содержания диссертации**

Диссертация изложена на 164 страницах, содержит 44 таблицы и 40 рисунков. Работа состоит из введения, трех глав, каждая из которых

завершается выводами, заключения, списка литературы (153 позиции). Цель работы сформулирована диссертантом как: разработка технологии выделения и концентрирования америция на оксалате кальция с последующим снижением активности америций-содержащих отходов категории ВАО в более низкую.

**Во введении** автором обосновывается актуальность диссертационной работы, степень разработанности темы, формулируются цель и задачи исследования, а также теоретическая и практическая значимость работы, сообщаются сведения о внедрении результатов и методах исследования. Перечисляются основные положения, выносимые на защиту, обосновывается степень достоверности и апробация результатов, описывается личный вклад автора в материалы, представленные в диссертации.

**В первой главе** представлен подробный обзор отечественной и зарубежной литературы о методах выделения и разделения радиоактивных элементов, применяемых в радиохимическом производстве, а именно экстракционные, сорбционные и осадительные способы из азотнокислых растворов. Рассмотрены формы нахождения америция в растворах и принципиальные схемы выделения концентрирования и извлечения америция.

Сделан вывод, что для эффективного концентрирования и выделения америция из растворов с низкой концентрацией по отношению к присутствующим в растворах примесям, целесообразно применять метод соосаждения с носителями. В качестве соосадителя был выбран оксалат кальция, несомненным преимуществом которого среди существующих является простота получения, обращения и стоимость реагента.

**Во второй главе** работы представлены сведения о реактивах, материалах, методологической и инструментальной базе диссертационного исследования. Рассмотрены характеристики и составы исходных азотнокислых растворов, (образовавшихся в результате переработки и очистки плутония), гидроксидных осадков, органических радиоактивных растворов, содержащих америций.

Установлены особенности определения  $pH$  в растворах с высоким содержанием солей, условия образования в них осадка оксалата кальция, особенности определения содержания ионов оксалата в растворе щавелевой и азотной кислот, влияние солесодержания и кислотности раствора на концентрацию в нем ионов кальция и оксалата, растворимость осадителя – оксалата кальция – и влияние примесей и кислотности на образование осадка оксалата кальция.

Определены физико-химические закономерности соосаждения америция на оксалате кальция, определена растворимость оксалата америция при различных концентрациях азотной кислоты. В результате проведенных исследований с реальными растворами при концентрации в нём америция от 98.8 до 504.1 мг/дм<sup>3</sup> определены оптимальные параметры, которые позволят максимально эффективно извлекать основной компонент без перерасхода реагентов и проводить его очистку от примесей.

Несколькими методами показано, что соосаждение америция из кислых нитратных растворов на осадке оксалата кальция протекает по адсорбционному механизму, что соответствует образованию мономолекулярного сорбционного слоя на поверхности сорбента.

Проведены исследования по вскрытию и растворению гидроксидных осадков, содержащих америций, исследована возможность биоокисления жидких органических радиоактивных отходов, результатом чего разработана технологическая схема, предусматривающая выделение и концентрирование америция соосаждением на оксалате кальция.

**В третьей главе** описаны методика, условия проведения и результаты опытно-промышленных испытаний разработанной технологии выделения америция с использованием оксалата кальция из растворов со сложным химическим составом.

Определено, что для эффективного выделения америция и снижения активности раствора методом соосаждения с оксалатом кальция требуется двуступенчатое осаждение. На первой стадии осажается более 95,0% америция, а окончательная очистка раствора происходит на второй стадии

перед кондиционированием. На разработанный способ выделения америция оформлена заявка на изобретение и получен патент.

В заключении подведены итоги исследования, изложены основные теоретические и практические выводы. Материал достаточно иллюстрирован рисунками и таблицами, работа оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертационным работам, автореферат также отражает содержание диссертации.

**3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и результатов** состоит в следующем:

- достоверность результатов обусловлена применением теоретически обоснованных и хорошо апробированных методов исследования. Использованием надёжных аналитических методик. Согласованностью полученных результатов с наиболее надёжными литературными данными;

- установлено, что выделение и концентрирование америция можно проводить соосаждением на носителе – оксалате кальция. Причем на растворимость америций-содержащих осадков оказывают влияние содержание нитрата натрия, концентрации ионов оксалата, кальция, других элементов, кислотность и другие факторы. Выведено уравнение, позволяющее определить оптимальные условия образования и формирования осадка оксалата кальция с размерами частиц 2-3 мкм;

- показано, что многократное соосаждение америция на оксалате кальция позволяет избирательно извлекать америций из растворов, имеющих сложный химический состав, в широком диапазоне его концентрации (от  $3,3 \cdot 10^{-1}$  до  $7,6 \cdot 10^{-3}$  г/дм<sup>3</sup>), а также снижать активность конечных растворов, в которых остаточная концентрация америция доходит до  $0,4 \cdot 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>;

- выявлены физико-химические закономерности соосаждения америция на оксалате кальция и показано, что система  $\text{Am}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 - \text{CaC}_2\text{O}_4$  дополняет группу систем, для которых в процессе их соосаждения характерна преобладающая роль адсорбции микрокомпонента ( $\text{Am}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ ) на носителе – макрокомпоненте ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ );

- определена растворимость оксалата америция при различных концентрациях азотной (от 0 до 1.0 моль/дм<sup>3</sup>) и щавелевой (от 0 до 0,3 моль/дм<sup>3</sup>) кислот при температуре до 25 °С.

**4. Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов** заключается в следующем;

- разработан и апробирован способ селективного выделения и концентрирования америция из растворов, имеющих сложный химический состав, который при этом позволяет снижать активность растворов. Технология прошла опытно-промышленную проверку (патент РФ № 2477758 «Способ извлечения америция»);

- разработана технология выделения и кондиционирования америция методом соосаждения его на носителе – оксалате кальция из гидроксидных отходов (патент РФ № 2508413 «Извлечение америция из отходов»);

- физико-химические закономерности выделения, концентрирования и очистки америция, разработанные в работе, могут быть использованы при разработке концепции, направленной на решение проблемы обращения с РАО на предприятиях Госкорпорации «Росатом».

**5. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность и обоснованность полученных в диссертационной работе результатов Селявского В.Ю. базируется на комплексном применении современных экспериментальных и аналитических методов, обеспечивших получение научно обоснованных и репрезентативных результатов.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы подтверждается также их опубликованием в рецензируемых тематических научных журналах и апробацией на российских и международных конференциях, поэтому достоверность результатов, полученных диссертантом, не вызывает сомнений. Все выводы и рекомендации, сделанные автором работы, достаточно обоснованы.

**6. Личный вклад автора** состоял в постановке задач и планировании исследований, методологическом обосновании путей реализации, их экспериментальном решении, выполнении основных экспериментов, анализе,

интерпретации и обобщении полученных результатов, опытной проверке полученных результатов в производственных условиях и подготовке материалов к публикации.

### **7. Полнота опубликования основных результатов диссертационной работы**

По теме диссертации опубликовано 23 работы, в том числе 9 статей в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованный ВАК, 8 статей - в изданиях, включенных в международные базы цитирования (Scopus, Web of Science), 12 публикаций - в трудах Международных, Отраслевых и Всероссийских конференций, получено 2 патента Российской Федерации.

Результаты работы докладывались и обсуждались на международных и российских конференциях.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

### **8. Замечания и вопросы по диссертации**

Замечания:

1. В тексте много сокращений, но таблица расшифровки отсутствует.
2. В работе приведены данные по растворимости веществ способных осаждать радионуклиды, но отсутствуют данные по сопоставлению степени извлечения радионуклидов с применяемыми в производстве соосаждителями и выбранным оксалатом кальция (стр. 50).

Вопросы

1. Стр. 36. *“..оксалат кальция позволяет количественно очищать раствор от радионуклидов, захватывая их в осадок и оставляя сопутствующие примеси в растворе..”* Уточнить, какие ионы остаются в растворе. В предыдущем тексте тоже всякий раз акцентируется, что извлекается, но не говорится, что в растворе остаётся. Поэтому эффективность разделения остаётся неясной.  
То же на стр. 48. Что за сопутствующие примеси остаются в растворе ?
2. Стр. 61. Поясните механизм роста растворимости оксалата кальция с увеличением концентрации  $\text{HNO}_3$ .

3. В диссертации нигде не упоминается кюрий. Можно ли ожидать его отделения от америция предлагаемым методом? Или, наоборот, Am и Cm будут выделяться вместе?
4. Стр. 130. *“Следовательно, снижение  $\alpha$ -активности и содержания радионуклидов в радиоактивном масле снизилось на 37,0-43,0 % по отношению к исходным показателям”*. Каковы перспективы достичь безопасного уровня содержания радионуклидов?
5. Стр. 127. *“Кроме того, активный рост УОМ на радиоактивном масле свидетельствует о том, что используемая ассоциация микроорганизмов имела достаточно высокую устойчивость к ионизирующему излучению”*. Устойчивость до каких дозовых нагрузок? Вероятно, с какого-то уровня излучения жизнедеятельность микроорганизмов будет подавляться? Были ли сделаны оценки этого уровня?
6. Поясните какое количество циклов концентрирования может быть эффективно использовано для реализации разработанной технологии (стр. 148)?

Каков критерий концентрирования америция на втором цикле очистки америций содержащих растворов (стр. 136)?

Вопросы и замечания носят дискуссионный характер и не снижают научной ценности диссертационной работы, её практической и теоретической значимости.

#### **9. Заключение о соответствии диссертации и автореферата критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертация изложена хорошими научным языком и содержит необходимое количество хорошо оформленных информативных иллюстраций.

Рецензируемая работа Селявского Вадима Юрьевича «Выделение и концентрирование америция соосаждением на оксалате кальция», по объему, уровню проведенных исследований, актуальности, научной и практической значимости является законченным научным трудом и соответствует специальности 2.6.8 - Технология редких, рассеянных и радиоактивных

элементов по направлению технические науки и требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор - Селявский Вадим Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8 - Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов (технические науки).

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент,  
ФГБУ «Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург,  
ведущий научный сотрудник лаборатории коррозии  
Потапов Алексей Михайлович

Подпись \_\_\_\_\_

Дата \_05\_ сентября \_2025\_ г.

Подпись Потапова А.М.  
заверяю



М.П.

Учёный секретарь ИВТЭ  
к.х.н. А.О. Кодинцева

Контактная информация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук»,

620066, г. Екатеринбург, ул. Академическая, д.20.

Тел.: +7 (343) 374-50-89

Адрес электронной почты: A.Potapov\_50@mail.ru