

**Отзыв официального оппонента**  
**на диссертацию Рожковой Александры Константиновны на тему:**  
**«Радиоемкость экосистем водоемов 4 и 17 Производственного**  
**Объединения «Маяк» по отношению к актинидам» на соискание**  
**ученой степени кандидата химических наук по специальности**  
**1.4.13 – «Радиохимия»**

**Актуальность темы диссертационной работы**

Одной из задач обращения с особыми радиоактивными отходами (РАО) является обеспечение радиационной безопасности функционирования объектов размещения особых РАО с последующей реабилитацией или консервацией объекта. Для оценки радиационной обстановки в местах расположения технологических водоёмов, в которые осуществлялся сброс радиоактивных отходов или радиоактивно-загрязнённых вод предприятий ядерного топливного цикла (ЯТЦ) особое значение имеет понимание поведения и определение путей и закономерностей миграции радионуклидов в объектах окружающей среды. Менее исследованными в этом отношении являются актиниды, в связи с многообразием их физико-химических форм и методической сложностью определения в объектах окружающей среды. К объектам размещения особых РАО относятся технологические водоёмы ПО «Маяк» - водоём В-17 Старое болото и водоём В-4 Теченского каскада водоёмов. В условиях консервации озера Карачай водоём В-17 Старое болото рассматривается как потенциальный приёмник среднеактивных отходов, и оценка его радиационной ёмкости представляет научный и практический интерес.

Указанные проблемы определили постановку **цели настоящей работы** – определение актинидного состава компонентов водоемов В-4 и В-17 и радиоемкости этих экосистем с учетом миграции актинидов. Для достижения поставленной цели были разработаны методики выделения актинидов ( $^{234,238}\text{U}$ ,  $^{238, 239, 240}\text{Pu}$ ,  $^{241, 243}\text{Am}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ) из проб

биотических и абиотических компонентов экосистемы пресноводного водоема, определены формы нахождения и проведена оценка возможной миграции актинидов в исследуемых водоемах, определены значения отношения концентраций (ОК) и коэффициента распределения ( $K_d$ ) для актинидов двух водоемов, рассчитаны значения мощности поглощенной дозы для биотических компонентов водоемов В-17 и В-4, рассчитан фактор радиоемкости с учетом накопления радионуклидов в донных отложениях и их миграции в подземные воды.

**Научная новизна** работы не вызывает сомнений и состоит в том, что разработана методика выделения актинидов из матрицы любого состава пресноводного водоема при высоком содержании продуктов деления ( $10^5$  Бк/г), разработаны методики химической пробоподготовки, разделения и выделения индивидуальных радионуклидов, с их использованием впервые установлен актинидный состав ( $^{234,238}\text{U}$ ,  $^{238, 239, 240}\text{Pu}$ ,  $^{241, 243}\text{Am}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ) компонентов водоемов В-4 и В-17, усовершенствована модель радиоемкости с учётом особенностей водоемов и физико-химических форм актинидов.

**Практическая значимость** диссертационной работы состоит в создании и внедрении в экспериментальном отделе ФГБУН УНПЦ РМ ФМБА России методики выделения актинидов из матрицы любого состава пресноводного водоема, полученные в работе значения отношения концентраций и коэффициентов распределения актинидов для компонентов экосистемы двух водоемов позволят усовершенствовать существующие расчетные модели прогнозирования загрязнения в случае проектных и запроектных аварий на предприятиях ЯТЦ, данные по формам актинидов в воде и донных осадках В-17 будут использованы при построении модели миграции актинидов за пределы водоема, усовершенствованная модель радиоемкости позволит сравнивать различные радиоактивно загрязненные пресноводные водоемы.

**Структура работы:** работа изложена на 123 страницах, содержит 35 рисунков и 17 таблиц, в списке цитируемой литературы 215 наименований. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, результатов и их обсуждения, выводов, списка цитируемой литературы и приложения.

**Первая глава (Обзор литературы)** состоит из пяти разделов. В литературном обзоре описана химия актинидов, представлен обзор методов детектирования актинидов, описаны методы работы с различными матрицами природных образцов и методы детектирования: альфа-, ЖС- и масс-спектрометрии, автордиография. В третьем разделе литературного обзора систематизированы имеющиеся в открытой литературе данные об экосистемах водоемов ПО «Маяк». Рассмотрены основные параметры водоемов В-17 и В-4 – химический состав воды, историческая справка, биологическое разнообразие, а также проведенные эксперименты по десорбции радионуклидов и установлению форм нахождения актинидов в донных осадках. Проведено сравнение исследуемых водоемов с законсервированным водоемом В-9. В четвертом разделе описаны физико-химические и формы нахождения актинидов в различных компонентах экосистем, в том числе имеющиеся в литературе данные исследования на территориях ПО «Маяк» и к нему прилегающих. В пятом разделе литературного обзора описываются возможные параметры радиоэкологической оценки водоемов и экосистем – равновесное отношение концентраций, коэффициент распределения, также показаны недостатки существующей теории радиоемкости.

**Вторая глава (экспериментальная часть)** работы содержит подробное описание объектов исследования, методик пробоподготовки, разделения и выделения актинидов из природных проб различного состава. Для донных осадков водоемов проведено последовательное выщелачивание изотопов Am, Pu, и U. Представлены дополнительные методы исследования, такие

как цифровая и альфа-трековая автордиография, оптическая и электронная микроскопия.

**В третьей главе (результаты и обсуждение)** описана методика выделения актинидов из проб различного состава, установленное распределение актинидов в абиотических компонентах водоемов, определено содержание актинидов в биотической составляющей экосистемы водоемов, рассчитана мощность дозы и проведена радиоэкологическая оценка воздействия актинидов на объекты окружающей среды, определена радиоемкость экосистем водоемов В-4 и В-17 по отношению к актинидам.

**Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации** подтверждается значительным объемом экспериментальных исследований, использованием современных методов анализа, грамотной обработкой и анализом результатов, внедрением разработанной методики.

Диссертация хорошо структурирована, компактна, написана грамотно, легко читается. Ее выводы, основные положения и рекомендации достаточно хорошо обоснованы. Поставленная цель и связанные с ней задачи соискателем достигнуты.

Основные результаты работы опубликованы в 4 статьях в международных рецензируемых научных журналах, 1 статье в российском рецензируемом научном издании, 2 статьях в сборниках и 20 тезисах докладов на российских и международных научных конференциях, а также представлены в виде устных и стендовых докладов на международных и российских конференциях.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

**По работе можно сделать следующие замечания:**

1. В работе показано, что при анализе более 120 проб различного состава (биотические и абиотические компоненты водоема) средние выходы радионуклидов по методике составили:  $22 \pm 5$  % для изотопов U;

22±5 % для Am и 23±3 % для Pu. С чем связано очень сильное уменьшение химического выхода урана и плутония при их определении по разработанной методике из природных образцов по сравнению с модельными растворами? Установлены ли факторы оказывающие наибольшее влияние на выход каждого актиноида?

2. В работе не описан отбор проб донных отложений водоёмов 4 и 17 ПО «Маяк», в частности отобранные массы проб. Для определения актиноидов в работе использованы навески донных осадков массой десятые доли грамма (0,05 г). Какой была глубина отбора проб донных отложений и какие массы проб донных отложений были отобраны для анализа? Являлась ли используемая в последующем навеска 0,05 г представительной пробой донных отложений водоёма?

3. Стр. 72. Пространственное распределение урана и плутония с америцием в водоёме В-17 различается. Они накапливаются в противоположных сторонах от выпуска жидких радиоактивных отходов в водоём. С чем Вы связываете такие различия в распределении?

4. Стр. 94. В работе указано, что «Для радиозэкологической оценки биотической составляющей водоемов используется равновесный коэффициент отношения концентраций, он является аналогом коэффициента распределения, так как для его расчета необходимо знание удельной активности в организме и удельной активности в воде». В чём тогда отличие коэффициента отношения концентраций и коэффициента накопления радионуклидов водными организмами из воды, применяемым для оценки распределения радионуклидов в водоёме?

5. Радиоемкость – количество радиоактивных веществ, которое может поглотить водоем. На стр. 103 рисунок 35 приведены референсные значения радиоемкости для урана, плутония, америция и кюрия, являющиеся максимально допустимым значением радиоемкости. В работе указано, что референсные значения были рассчитаны с использованием  $K_d$ , определённого с учётом УВ для воды (для каждого

актинида) и предельно допустимого содержания актинида для строительных материалов, нормируемых в НРБ-99/2009. Какие значения содержания актинида в строительных материалах были использованы для расчёта? В НРБ-99/2009 в строительных материалах нормируется только эффективная удельная активность природных радионуклидов, а УВ нормируется для питьевой воды. Корректно ли использование таких нормативов для расчёта референсных значений? Почему не использовали для плутония, америция и кюрия норматив по индивидуальным техногенным актинидам на неограниченное использование твёрдых материалов (ОСПОРБ-99/2010 приложение 3)? Этот норматив в 3 раза ниже для изотопов плутония и америция по сравнению с допустимой эффективной удельной активностью в строительных материалах по урану, а для кюрия-244 почти в 3 раза выше по сравнению с ураном. Если использовать этот норматив, то на сколько изменятся референсные значения радиоёмкости.

Приведенные замечания не носят принципиальный характер, не влияют на обоснованность представленных результатов и их интерпретацию и не снижают положительного впечатления от работы, а могут рассматриваться как рекомендации к дальнейшей работе. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.4.13 – «Радиохимия», а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Рожкова Александра Константиновна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.13 – «Радиохимия».

Официальный оппонент:

кандидат химических наук,

Заведующий кафедрой радиохимии и прикладной экологии

физико-технологического института

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого

Президента России Б.Н. Ельцина»

ВОРОНИНА Анна Владимировна

16.01.2023

Контактные данные:

тел.: 7(343)3754892, e-mail: a.v.voronina @urfu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:

05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

Адрес места работы:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д.19,

УрФУ, кафедра радиохимии и прикладной экологии

Тел.: 7(343)3759778; e-mail: rector@urfu.ru

Подпись сотрудника

УрФУ А.В. Ворониной удостоверяю:

ученый секретарь

Ученого совета УрФУ, к.т.н.



В.А. Морозова