

ОТЗЫВ ОППОНЕНТА

Сазыкиной Татьяны Григорьевны (главный научный сотрудник ФГБУ «НПО «Тайфун», доктор физико-математических наук) на диссертационную работу Айдархановой Альмиры Курмановны на тему: «Исследование уровней и характера распределения радионуклидного загрязнения в поверхностных водных объектах (водоемах) территории Семипалатинского испытательного полигона», представленную в диссертационный совет 24.1.013.01 НИЦ «Курчатowski институт» - ВНИИРАЭ на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1 – Радиобиология

Актуальность диссертационной работы Айдархановой Альмиры Курмановны определяется необходимостью обеспечения охраны водной среды от радиоактивного загрязнения. Исследования проводились на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП), территория которого до настоящего времени представляет особый интерес в связи с разнообразием проводившихся здесь ядерных испытаний и, как следствие, специфическим характером радиоактивного загрязнения, в том числе и поверхностных водных объектов. В этих условиях исследования уровней радионуклидного загрязнения водоемов приобретают первостепенное значение с точки зрения потенциального использования их человеком как объектов водопользования.

Первоначально повышенное внимание на территории СИП уделялось водотокам, как потенциальным путям выноса техногенных радионуклидов за его границы. Информация о радиоактивном загрязнении замкнутых и полужамкнутых водоемов, необходимая для получения полноценной картины радиэкологического состояния водной среды СИП, отсутствовала. Целью диссертационной работы стало определение уровней радионуклидного загрязнения компонентов водоемов территории СИП и получение информации о параметрах перераспределения техногенных радионуклидов в системе «донные отложения/почва - вода - растения» для водных объектов территории СИП. Большое достоинство диссертационной работы – получение уникального массива данных по современным уровням и распределению изотопов плутония и америция в водных объектах СИП. Информация по этим радионуклидам в окружающей среде до сих пор мало освещается в литературе и тема является слабоизученной.

Особенности перераспределения радионуклидов в основных компонентах экосистем водоемов техногенного и природного происхождения определили *задачу* диссертационного исследования: разработать новый методологический подход для классификации водоемов территории СИП на группы объектов техногенного и природного происхождения с разным характером первоначального загрязнения радионуклидами. Для водоемов каждой группы были поставлены задачи измерения уровней содержания техногенных радионуклидов в воде, донных отложениях и растениях;

количественные оценки параметров распределения радионуклидов между донными отложениями, водой и растительностью; оценки дозовых нагрузок на растения водоемов территории СИП.

Степень обоснованности научных положений и выводов, выносимых на защиту, определяется выполнением многолетних исследований, которые включали разработку методического подхода и экспериментальные исследования (полевые экспедиции, лабораторные исследования). Базовым объектом исследований стали водоемы техногенного и природного происхождения, расположенные на территории СИП. Исследования включали определение уровней содержания и параметров перераспределения техногенных радионуклидов (^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$) в системе «донные отложения/почва - вода - растения» для водных объектов территории СИП. Методически обоснованным являлся комплексный отбор абиотических и биотических компонент из водных объектов для радионуклидного анализа и систематические измерения на единой измерительно-методической основе проб из техногенных и природных водных объектов. Достоверность полученных результатов основывается на достаточном объеме материала и применении современной измерительной базы аккредитованных лабораторий. За время исследований всего отобрано и проанализировано 945 проб водных экосистем (300 проб донных отложений, 300 проб воды, 100 проб почвы и 245 проб растений).

Публикации и презентация результатов. По теме диссертации опубликовано 58 работ, в т.ч. 5 статей, в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК и/или индексируемых в международных базах Web of Science, Scopus, 4 статьи в научных изданиях, входящих в перечень Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Республики Казахстан. Основные положения диссертации были обсуждены более чем на 20 международных и региональных конференциях, семинарах и конгрессах.

Содержание и результаты исследования. Диссертационная работа изложена на 185 страницах машинописного текста и содержит введение, 5 глав, заключение, выводы; список литературы, включающий 332 наименования, в том числе 168 на иностранном языке. Диссертация содержит 30 таблиц в основном тексте и 44 таблицы в приложениях, 25 рисунков.

Во «**Введении**» изложена актуальность работы и степень разработанности темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, положения, выносимые на защиту, обоснованы научная новизна, теоретическая и практическая значимость, отмечен личный вклад соискателя и сведения об апробации результатов.

В **Главе 1** приведено обобщение опубликованных данных по уровням загрязнения водных объектов в местах функционирования предприятий ЯТЦ и в результате радиационных аварий, представлены работы по изучению основных закономерностей распределения радионуклидного загрязнения в системе «донные отложения – вода – растения». Отдельно рассмотрен вопрос по оценке дозовых нагрузок на биоту, как неотъемлемой части системы защиты окружающей среды от влияния радиационного фактора. Отмечена недостаточная изученность вопроса распределения в пресноводных экосистемах и накопления высшими водными растениями радионуклидов трансуранового ряда – $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am . Показана необходимость исследования особенностей распределения техногенных радионуклидов в водных объектах на территории СИП.

Глава 2 включает радиоэкологическую характеристику исследуемой территории, описание методологии, объектов и методов исследования. Представлен новый методологический подход группировки водоемов по типам на основе механизмов формирования радиоактивного загрязнения и расположения водоемов. Выделено 2 основных механизма загрязнения водоемов территории СИП. Первый – для водоемов техногенного происхождения – когда в первую очередь загрязнен грунт в результате проведения ядерных испытаний, а загрязнения вод происходит за счет вымывания радионуклидов из него. Второй – для водоемов природного происхождения, когда в результате глобальных и/или локальных выпадений техногенные радионуклиды первоначально поступают в воду, а затем происходит их аккумуляция в донных отложениях и последующее перераспределение между основными компонентами водной экосистемы. В главе 2 описаны методы отбора проб, пробоподготовки и методик измерений $^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr . Выполнена большая и сложная работа, поскольку измеряемые радионуклиды включали гамма-, бета и альфа-излучение, что требовало применения различных методов и приборов для измерений. Результаты измерений активности проб даны в Приложениях к диссертации, таким образом, предоставлена возможность сопоставления данных с результатами других авторов и непосредственный анализ материалов.

В рамках диссертации разработаны методические рекомендации для определения низких концентраций ^{241}Am в воде, а для корректной оценки радионуклидного загрязнения определены локальные «фоновые» концентрации радионуклидов в воде для территории Восточно-Казахстанского региона, на которой расположен СИП, что позволяет сделать вывод о хорошем методическом обеспечении и достоверности полученных данных.

В **главе 3** показан характер радионуклидного загрязнения водоемов техногенного

происхождения, образованных в результате наземных испытаний (тип I), экскавационных взрывов (тип II) и нештатных ситуаций при проведении подземных испытаний (тип III). Определены параметры перехода для системы «донные отложения / почва – вода – растения» для данных водоемов. Установлено, что уровни и характер радионуклидного загрязнения водоемов техногенного происхождения территории СИП зависят от вида проведенного ядерного испытания, в результате которого образовались данные водоемы. В среднем уровень радионуклидного загрязнения водоемов техногенного происхождения снижается в ряду: «воронки, образованные в результате наземных ядерных испытаний (тип IA)» > «воронки, образованные в результате экскавационных взрывов (тип II)» > «воронки, образованные в результате нештатных ситуаций (тип III)» > «воронки, образованные в результате гидроядерных испытаний (тип IB)». Большую ценность имеют представленные в главах 3 и 4 результаты определения коэффициентов распределения радионуклидов $^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr между донными отложениями, водой и растительностью. Показано, что для укорененных растений основной источник загрязнения радионуклидами – донные отложения, либо прибрежная почва; в воде содержание радионуклидов плутония и америция намного меньше чем в почве. Ряд убывания коэффициента распределения K_p для водоемов техногенного происхождения имеет следующий вид: $K_p^{241}\text{Am} (n \times 10^7) > K_p^{239+240}\text{Pu} (n \times 10^6 - n \times 10^4) > K_p^{137}\text{Cs} (n \times 10^4) > K_p^{90}\text{Sr} (n \times 10^1)$. Также представлены ряды убывания коэффициента накопления K_H для системы «вода – растения» и коэффициента накопления K_{Hs-b} техногенных радионуклидов растениями из донных отложений / почвы для водных, воздушно-водных и прибрежных растений. Уровни загрязнения объектов плутонием в отдельных водных объектах достаточно велики, следовало бы охарактеризовать их по критерию возможности хозяйственного использования, либо необходимости очистки.

В главе 4 представлена оценка характера радионуклидного загрязнения водоемов природного происхождения на территории испытательных площадок и в зоне их влияния (тип I), на «следах» радиоактивных выпадений (тип II) и на условно «фоновых» территориях (тип III), а также параметры перехода для системы «донные отложения / почва – вода – растения». Установлено, что K_p , в целом так же, как и для водоемов техногенного происхождения, уменьшается в ряду $K_p^{239+240}\text{Pu} (n \times 10^4 - n \times 10^3) > K_p^{137}\text{Cs} (n \times 10^3 - n \times 10^2) > K_p^{90}\text{Sr} (n \times 10^1)$ для всех типов природных озер. В большинстве природных озер содержание ^{137}Cs и $^{239+240}\text{Pu}$ в воде и растениях находится ниже предела обнаружения, получено небольшое количество значений K_H . В целом для системы «вода – растения» природных озер $K_H^{239+240}\text{Pu} > K_H^{90}\text{Sr}$. Для системы «донные отложения / почва – растения» природных озер K_{Hs-b} в целом снижается в ряду $K_{Hs-b}^{90}\text{Sr} > K_{Hs-b}^{137}\text{Cs} \geq K_{Hs-b}$

$^{241}\text{Am} > K_{Hs-b}^{239+240}\text{Pu}$, также как и для водоемов техногенного происхождения.

Глава 5 является ключевой и посвящена сравнительному анализу параметров распределения радионуклидов в компонентах выделенных групп загрязненных водоемов территории СИП, а также оценке дозовых нагрузок на растения водоемов. Выполнена количественная оценка разницы накопления радионуклидов для систем «донные отложения – вода», «вода – растения», «донные отложения/почва – растения». Определено, что коэффициент распределения $K_p^{239+240}\text{Pu}$ и $K_p^{137}\text{Cs}$ для водоемов техногенного происхождения на 2 порядка выше, чем для природных озер, но для ^{90}Sr – $K_p^{90}\text{Sr}$ находится на одном уровне как для водоемов техногенного происхождения, так и для природных озер. Для водоемов техногенного и природного происхождения для воздушно-водных растений $K_H^{239+240}\text{Pu} (n \times 10^2) > K_H^{90}\text{Sr} (n \times 10^1)$, при этом данные коэффициенты для природных озер в 1,3-2 раза выше, чем для водоемов техногенного происхождения. $K_{Hs-b}^{90}\text{Sr}$ для разных групп растений для водоемов техногенного происхождения в 1,5 раза выше, чем для природных озер, $K_{Hs-b}^{137}\text{Cs}$, ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ для природных озер на 1-2 порядка выше, чем для водоемов техногенного происхождения. В главе выполнена работа по расчету корреляций между активностями радионуклидов в замкнутых высокоминерализованных водных объектах и физико-химическими факторами воды и донных отложений. Приведены таблицы и графики корреляционных зависимостей. Выполнены оценки мощностей доз облучения водных растений, произрастающих в исследованных загрязненных водоемах территории СИП. Максимальная суммарная мощность дозы облучения составила 0,113 мГр/сут для растений, произрастающих на водоемах, образованных в результате экскавационных взрывов (тип II).

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени. Анализ диссертационной работы и опубликованных научных работ показывает, что диссертация написана автором лично. Диссертанткой обоснованы актуальность и положения, выносимые на защиту, сформулированы цели и задачи исследования, определены научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость работы. Диссертантка принимала участие на всех этапах планирования и проведения полевых и лабораторных работ, получения, систематизации и обработки информации. Диссертанткой разработан оригинальный методологический подход для оценки уровней и характера распределения радионуклидного загрязнения в поверхностных водных объектах (водоемах) территории СИП, проведены полевые (экспедиционные) и лабораторные работы, выполнено обобщение и анализ результатов, выявлены основные закономерности поведения радионуклидов и подготовлены публикации в рейтинговых журналах. Указанные положения свидетельствуют о том, что научная квалификация автора соответствует

квалификации кандидата биологических наук. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертации. По диссертации Айдархановой А.К. имеются отдельные замечания и пожелания, которые не снижают ценности работы:

1) одним из объектов исследования в диссертации являются природные озера на условно «фоновых» территориях, однако определение термина «условно «фоновых» территорий» отсутствует. Необходимо дать пояснение, какие территории в контексте данной работы отнесены именно к условно «фоновым».

2) При расчете средних уровней содержания отдельных радионуклидов в донных отложениях, воде, прибрежной почве и растениях использовались средние геометрические значения (GM) и их стандартные отклонения (GSD), а также средние арифметические значения (AM) и стандартные ошибки среднеарифметических значений (SD) (напр. таблицы 3.1-3.3). При этом средние арифметические значения AM были выше, чем средние геометрические GM. В диссертационной работе при расчетах коэффициентов накопления и распределения радионуклидов между компонентами водных объектов всюду использовались средние геометрические величины, а не арифметические средние, что повлияло на значения полученных коэффициентов распределения. Желательно было бы дать объяснение предпочтению, данному среднегеометрическим величинам.

3) В диссертации даны графики статистических распределений содержания радионуклидов в компонентах водных объектов. Желательно было бы оценить вероятностные распределения активностей на нормальность, однако, в диссертации отсутствуют упоминания о виде распределений активностей.

4) В диссертации приведены таблицы и графики корреляционных зависимостей между активностями радионуклидов в замкнутых высокоминерализованных водных объектах и физико-химическими факторами воды и донных отложений (таблицы 5.8-5.11 и графики 5.5-5.9). В качестве замечания следует отметить, что на графиках приведены только данные активность–фактор без линий корреляции и без указания уравнений корреляции и достоверности корреляции, что снижает наглядность приводимых данных.

5) Представление данных по химическому составу воды и донных отложений включает диапазоны значений, которые рекомендуется расширить другими элементами описательной статистики (среднее и его ошибка, медиана и др.). Это позволит более детально отразить вариации исследуемых параметров.

6) Оценки дозовых нагрузок на растения водных объектов СИП (глава 5 диссертации) ранее не проводились и представляют значительный интерес. В качестве замечания следует отметить, что коэффициент радиотоксичности плутония и америция

значительно выше, чем для стронция и цезия. Из диссертации неясно, учитывалась ли высокая радиотоксичность этих радионуклидов при расчетах мощностей доз на растения. Кроме того, была бы очень полезна оценка возможных доз на человека при водопользовании из загрязненных водоемов. Эта информация могла бы дополнить практическую значимость проведенного исследования.

Высказанные замечания и пожелания не касаются принципиальных результатов и выводов диссертационной работы.

Соответствие диссертации требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней. Полученные соискателем ученой степени результаты позволяют квалифицировать диссертационную работу Айдархановой Альмиры Курмановны как законченное научно-практическое исследование, в котором содержится решение важной научной задачи по определению уровней радионуклидного загрязнения компонентов водоемов территории СИП и получению информации о параметрах перераспределения техногенных радионуклидов в системе «донные отложения/почва - вода - растения» для данных водных экосистем с применением нового методологического подхода на основе видов проведенных испытаний, механизмов формирования радиоактивного загрязнения и расположения водоемов. Практическая значимость работы заключается в использовании полученных результатов для разработки конкретных практических рекомендаций, направленных на решение проблемы радиоактивного загрязнения водных объектов исследуемой территории, и для расчета доз облучения населения, временно проживающего на территории СИП.

Диссертационная работа характеризуется логичной последовательностью изложения научного материала с четко построенной логикой анализа результатов. В исследованиях использовался широкий спектр объектов и современные методы измерений и анализа. Заключение и выводы подтверждены экспериментальными исследованиями, соответствуют содержанию работы и положениям, вынесенным на защиту.

Диссертационная работа соответствует следующим направлениям исследований, в соответствии с пунктом 13 паспорта специальности 1.5.1 «Радиобиология»: Изучение закономерностей поведения радиоактивных веществ в окружающей среде. Миграция радионуклидов.

Соответствие диссертации критериям. Диссертация соответствует требованиям Положения «О присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842) (пп. 9-14). Текст диссертационной работы соответствует табличному и графическому материалу, который четко отражает

представленные данные, соответствует специальности и отрасли науки (биологические), по которой представлена к защите.

Заключение

Диссертационная работа «Исследование уровней и характера распределения радионуклидного загрязнения в поверхностных водных объектах (водоемах) территории Семипалатинского испытательного полигона» соответствует паспорту специальности 1.5.1 - Радиобиология (биологические науки), отвечает требованиям Положения «О присуждении ученых степеней», а автор Айдарханова Альмира Курмановна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук специальности 1.5.1 - Радиобиология.

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета. Институт проблем мониторинга окружающей среды, доктор физико-математических наук

 Т.Г. Сазыкина

249038 Российская Федерация
Калужская обл., г. Обнинск, ул. Победы, д. 4
Тел.: 8-484-3971989
Эл. почта: sazykina@rpatyphoon.ru

« 18 » 08 2025 г.

Подпись Сазыкиной Т.Г. подтверждаю,
начальник отдела кадров ФГБУ «НПО «Тайфун»





Т.В. Моисеева