

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени доктора

физико-математических наук Желтоножской Марины Викторовны

на тему: «Новые методические подходы к определению активности радионуклидов, распадающихся без испускания гамма-излучения, для решения задач радиационного мониторинга»

по специальности 1.5.1 Радиобиология (физико-математические науки)

Радиационный мониторинг представляет собой систему наблюдений за действующими и потенциальными источниками радиоактивного загрязнения, поступлением радионуклидов в окружающую среду и их поведением в естественных и антропогенных экосистемах, формированием дозовой нагрузки на биоту и человека. Поводами для проведения радиационного мониторинга являются как различные ядерные инциденты, так и штатная работа предприятий ядерно-топливного цикла и АЭС. Поэтому **актуальность** данного исследования на мой взгляд очевидна, учитывая востребованность ядерной энергетики, как наиболее надежного источника электроэнергии в настоящее время. Совершенствование методов и мероприятий, входящих в программу наблюдений, - перманентная задача радиобиологии, и в частности ее важной составляющей научной дисциплины - радиоэкологии.

Работа характеризуется **новизной** и оригинальностью подхода при рассмотрении некоторых принципиальных направлений контроля радиоактивного загрязнения окружающей среды. Исследования, проведенные в рамках данной работы, были направлены на развитие системы радиационного мониторинга и апробацию новых методов на практике. Следует учесть, что β -излучение, в ряде случаев обеспечивает основную дозовую нагрузку на биоту. В первую очередь, это относится к ее представителям, обитающим непосредственно в почве или на ее

поверхности. А α -частицы чрезвычайно опасны при попадании в организм, в пищевой тракт или органы дыхания. Определение содержания α - и β -излучающих радионуклидов в объектах окружающей среды в масштабах, необходимых для решения насущных вопросов радиационного мониторинга, действительно представляет собой технически сложную задачу, как это указывается в работе.

Остановимся на некоторых наиболее интересных, с нашей точки зрения, моментах в представленной работе. Разнообразие и специфика компонентов экосистем, подвергающихся радиоактивному загрязнению, неоднородность выпадений, ландшафтные особенности территорий требуют многократного отбора проб и анализа, чтобы обеспечить полноту и достоверность информации. Поэтому методы, исключаяющие процедуры радиохимического разделения и ускоряющие процесс определения активности объектов, могут существенно повысить эффективность проведения радиационного мониторинга.

Разработанный метод определения активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в организме мелких животных *in vivo* позволяет наблюдать динамику радиоактивного загрязнения этих представителей биоты во времени и получить исходную информацию необходимую для построения более надежных прогностических математических моделей.

Комплекс новых фотоактивационных методов определения содержания долгоживущих радионуклидов, распадающихся без испускания γ -квантов, в облученных конструкционных материалах АЭС также будет востребован при проведении радиационного мониторинга, поскольку эти материалы являются потенциальными постоянными источниками радиоактивного загрязнения окружающей среды при их разрушении.

Отдельного внимания заслуживает проблема присутствия в почве топливных частиц. В этом направлении в работе проводился сравнительный анализ состава и размера топливных частиц, отобранных в почвах загрязненных территорий, и изучалась роль почвенной микробиоты в

процессах деструкции топливных частиц. Известно, что радиоактивные частицы попадают в организм животных как с кормом, так и при слизывании их с поверхностного покрова, причем в отдельные периоды после выпадений — это основная форма поступления радионуклидов. При прохождении по кишечному тракту радиоактивных частиц происходит его интенсивное облучение, что может вызвать тяжелое поражение организма животного. Знание о факторах и скорости разрушения частиц позволяет прогнозировать изменение дозовой нагрузки на биоту.

Уточнение в ходе исследований параметров вертикальной миграции радионуклидов чернобыльского выброса по профилю почв способствует повышению надежности прогнозов развития радиозэкологической ситуации на территориях, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС.

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертационной работы были представлены на 19 международных и российских конференциях.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Соответствие паспорту специальности. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.5.1. Радиобиология, физико-математические науки, п. 13: «Радиационная экология: изучение закономерностей поведения радиоактивных веществ в окружающей среде и действия ионизирующего излучения на растения и животных, разработка защитных мероприятий. Последствия ядерных аварий и катастроф, чрезвычайных ситуаций. Принципы и методы радиационного мониторинга. Методы реабилитации и ведения хозяйства на загрязненных радионуклидами территориях. Миграция радионуклидов. Действие ионизирующего излучения на организмы, популяции и экосистемы. Радиозэкологические и радиобиологические последствия радиоактивного загрязнения, в том числе в результате радиационных аварий».

Публикации. Основные результаты диссертации отражены в 40 публикациях, в том числе в 21 статье в научных журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus.

Структура и объем диссертации. Материалы диссертации изложены на 304 страницах. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы. Диссертация содержит 36 таблиц и 68 рисунков. Автореферат информативен и хорошо отражает содержание диссертации.

Введение посвящено обоснованию актуальности исследований работы и содержит: актуальность тематики; цели и задачи; положения, выносимые на защиту; описание объектов и методов исследований, научной новизны, практической значимости, апробации разработанных методов и сведения о личном вкладе соискателя.

В главе 1 представлен обзор современного состояния системы радиационного мониторинга с точки зрения диссертанта. Показано, что радиационная обстановка вокруг объектов атомной энергетики, ядерного топливного цикла, промышленных и медицинских источников, полигонов испытаний ядерного оружия а также сохраняющиеся очаги радиоактивного загрязнения в результате крупных радиационных аварий требуют постоянного контроля со стороны соответствующих государственных и общественных организаций. Также уделено внимание проблеме снятия реакторов с эксплуатации, контролю радиоактивных отходов АЭС и его месту в системе радиационного мониторинга.

Глава 2 посвящена разработанному новому методическому подходу определения активности изотопов плутония $^{238-240}\text{Pu}$ в образцах по характеристическому рентгеновскому излучению. Рассматривается радиобиологическая опасность изотопов плутония, ядерно-физические характеристики, источники его поступления в окружающую среду и пути их миграции. Показаны преимущества предлагаемого метода по сравнению с

наиболее распространенными в настоящее время методами количественного определения содержания изотопов плутония в разнообразных объектах.

В главе 3 обсуждаются разработанные автором подходы и методы определения активности ^{90}Sr в образцах неразрушающими способами опять-таки в сравнении с наиболее распространенными в настоящее время методами количественного определения активности ^{90}Sr .

Глава 4 посвящена новым фотоактивационным методам определения активности долгоживущих радиоизотопов, распадающихся без испускания γ -излучения, в конструкционных материалах и РАО АЭС. В начале главы обсуждаются проблемы определения содержания распадающихся без γ -излучения долгоживущих радионуклидов, содержащихся в облученных конструкционных материалах и РАО атомных электростанций.

Глава 5 посвящена изложению и обсуждению результатов апробации разработанных соискателем методов и методических подходов радиационного мониторинга. В начале главы обсуждается оценка радиационной обстановки и результаты проведенных ранее исследований процессов миграции техногенных радионуклидов в почвах территорий, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Далее излагаются собственные результаты изучения вертикального распределения радионуклидов в почвах загрязненных территорий и донных отложениях пруда-охладителя ЧАЭС, исследований радионуклидного состава облученных конструкционных материалов 4-го энергоблока ЧАЭС, сравнительного анализа состава и размера топливных частиц, отобранных в почвах загрязненных территорий, изучения участия почвенной микробиоты в процессах деструкции топливных частиц, исследования *in vivo* особенностей накопления радионуклидов в некоторых видах биоты загрязненных территорий, оценка дозовых нагрузок живых организмов на основании, полученных соискателем путем расчета, величин параметров вертикальной миграции радионуклидов в профилях почв и прогноз дальнейшего развития

радиоэкологической ситуации на территориях, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС.

В **Заключении** дается анализ основных наиболее важных результатов, полученных при выполнении диссертационного исследования и сформулированы **Выводы**.

Достоверность результатов и обоснованность выдвигаемых положений подтверждается успешной апробацией разработанных подходов и методов радиационного мониторинга и не вызывают у меня сомнений.

Практическая значимость работы заключается в разработке методов и подходов, которые могут существенно повысить эффективность радиационного мониторинга.

Замечания к работе:

1. Когда в работе говорится о весовых единицах, то, учитывая разнообразие объектов исследования, необходимо указывать каждый раз что это – кг или г абсолютно сухой, воздушно-сухой или свежей массы.

2. Стр. 202. Автор пишет о судьбе Рыжего леса: «мощность экспозиционной дозы γ -излучения в первые месяцы после выброса составляла десятые доли Зв/час, в результате чего большая часть сосновых насаждений погибла.» Это не совсем так, известно, что общая энергия β -частиц, испускаемых свежей смесью продуктов деления, примерно равна общей энергии γ -излучения, а для более старой смеси она в несколько раз превосходит энергию последнего (Тихомиров Ф.А., 1971). Хвоя и кора ветвей и ствола хорошо задерживают радиоактивные выпадения, это делает их очень уязвимыми для энергетического воздействия β -частиц.

3. При изучении и моделировании миграции радионуклидов в почвах использовался чисто механистический подход, когда явление рассматривается по слоям фиксированной толщины. Следовало учесть, что почвы имеют четко выраженное деление по генетическим горизонтам, резко

отличающимся по своим физико-химическим свойствам. Самый верхний горизонт почвы в лесных экосистемах – лесная подстилка, толщина которой сильно варьирует. Из работы неясно, как проводился отбор почв – убиралась ли предварительно подстилка.

4. Стр. 214. Скорость конвективного переноса является основной составляющей в процессах миграции веществ в почве. В Таблице 5.5 для нескольких участков коэффициент диффузии существенно выше скорости конвективного переноса.

5. Стр. 249. Не совсем понятно, какой коэффициент все же использовала соискатель – коэффициент перехода (тогда должна быть размерность) или (что более вероятно) коэффициент накопления (безразмерный).

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Автором выполнена информационно-насыщенная работа, очень интересная как с радиобиологической, так и с математической точки зрения. Результаты работы имеют как фундаментальное, так и прикладное значение, а также могут использоваться в образовательном процессе. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.5.1. Радиобиология (по физико-математическим наукам), 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 требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

На основании вышеуказанного считаю, что соискатель Желтоножская Марина Викторовна заслуживает присуждения ей ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.5.1 Радиобиология (физико-математические науки).

Официальный оппонент:

ведущий научный сотрудник кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета Почвоведения, доктор биологических наук

Мамихин С. В.

« 20 » 05 2025 г.