

Отзыв научного консультанта
о диссертационной работе Желтоножской Марины Викторовны
«Новые методические подходы к определению активности радионуклидов,
распадающихся без испускания гамма-излучения, для решения задач
радиационного мониторинга» на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология

Желтоножская Марина Викторовна в 1999 году окончила магистратуру геологического факультета СПбГУ по специальности «Геология», в 2008 году защитила кандидатскую диссертацию по теме «Исследование вертикальной миграции радионуклидов в ближней зоне ЧАЭС с использованием нерадиохимических методов» по специальности 21.06.01. Экологическая безопасность в диссертационном совете, созданном на базе Института проблем безопасности АЭС НАН Украины. С 1999 по 2004 г. работала ведущим инженером в Государственном специализированном предприятии - Центр переработки и захоронения техногенных отходов «Техноцентр» (г. Чернобыль, Украина), с 2004 по 2017 гг. работала в должностях младшего научного сотрудника, научного сотрудника и старшего научного сотрудника в Институте ядерных исследований НАН Украины (г. Киев, Украина), с 2017 по 2018 гг. работала ведущим инженером НИИЯФ им. Д.В. Скобельцына, а с 2019 год по настоящее время является старшим научным сотрудником кафедры физики ускорителей и радиационной медицины Физического факультета МГУ.

Желтоножская М.В. имеет более 230 печатных работ, из них 131 статьи и 11 книг, в том числе в высокорейтинговых журналах (Web of Science: 16, Scopus: 43, IстинаResearcherID (IRID): 60426820), за последние 5 лет опубликовано 46 статей и 4 книги. Она читает спецкурс для студентов 6 курса кафедры физики ускорителей и радиационной медицины «Радиационная безопасность» (36 часов, с 2017 г., ежегодно), спецкурс для студентов 4 курса кафедры физики ускорителей и радиационной медицины «Регистрация частиц и ионизирующих излучений» (72 часа, с 2018 г., ежегодно). Под ее руководством защищена 21 дипломная работа.

Диссертационная работа Желтоножской М.В. посвящена разработке новых методов радиационного мониторинга, в основе которых лежат неразрушающие методы регистрации радионуклидов, распадающихся без испускания гамма-излучения. В работе представлены разработки соискателя – неразрушающие методы регистрации ^{90}Sr , который является одним из ключевых радионуклидов в зонах радиационных аварий, полигонах испытания ядерного оружия, данные о его содержании важны при оценке дозовых нагрузок населения; новый методический подход к исследованию активности

трансурановых нуклидов, основанный на измерении характеристического спектра гамма-лучей, сопровождающих их распад. Разработанные методы и подходы позволяют качественно повысить как скорость получения информации, так и на порядок уменьшить трудозатраты на подобные исследования.

Отдельного внимания в работе Желтоножской М.В. заслуживает принципиально новый подход к определению активности долгоживущих радионуклидов в облученных конструкционных материалах и РАО АЭС с использованием ускорителей электронов. В диссертации представлены исследования большого количества облученных образцов, как изъятых из различных ядерных объектов и окружающей среды в зоне радиационной аварии, так и облученных на ускорителях электронов для разработки фотоактивационного подхода определения активности долгоживущих радионуклидов. При разработке новых фотоактивационных методов регистрации долгоживущих радионуклидов в облученных конструкционных материалах и РАО АЭС впервые были выполнены комплексные исследования ядерных реакций с вылетом заряженных частиц и показано доминирование нестатистических механизмов этих реакций, что позволяет их успешно использовать для реализации предложенного фотоактивационного подхода.

Актуальность исследований Желтоножской М.В. обусловлена важностью исследований радиоактивного загрязнения окружающей среды в результате аварий на ядерных объектах, так и необходимостью контроля облученных конструкционных материалов и ядерного топлива после вывода подобных объектов из эксплуатации.

Результаты работы имеют теоретическую и практическую значимость и состоят в следующем:

1. Разработаны спектрометрические методы измерения активности трансурановых нуклидов и ^{90}Sr , основанные на измерении характеристического излучения и спектра электронов, без проведения радиохимических манипуляций.

2. Разработан фотоактивационный метод регистрации радионуклидов, распадающихся без испускания гамма-квантов в облученных конструкционных материалах и РАО АЭС.

3. Уточнены параметры скорости миграции антропогенных радионуклидов в зоне Чернобыльской аварии, что позволит прогнозировать дальнейшую радиационную обстановку и оценивать дозовую нагрузку населения пострадавших территорий.

4. Определен ряд штаммов микромицетов, позволяющий ускорить процесс деструкции топливных материалов, содержащих изотопы плутония и америция.

5. Экспериментально показано, что сравнимый вклад в дозу облучения мышевидных грызунов, обитающих в зоне Чернобыльской аварии, вносит внешнее бета-излучение,

что является важным фактором, так как именно мышевидные грызуны являются одним из видов-биомаркеров для оценки влияния радиационной аварии на окружающую среду.

6. Представленные материалы используются в учебном процессе на физическом факультете МГУ в курсах радиационной безопасности, методов регистрации ионизирующих излучений, а также в образовательной программе повышения квалификации медицинских физиков.

Полученные Желтоножской М.В в диссертационной работе результаты являются пионерскими, относятся к специальности «Радиобиология» и состоят в следующем:

1. В результате проведенных исследований предложен новый методический подход к определению содержания $^{238-240}\text{Pu}$ и ^{90}Sr по характеристическому рентгеновскому излучению, сопровождающему распад этих изотопов. Точность предлагаемого способа определения содержания изотопов плутония $^{238-240}\text{Pu}$ при использовании полупроводниковых спектрометров с детекторами из сверхчистого германия с тонким входным окном составляет 10-15% для образцов топливных выпадений с активностью более 100 Бк. Такой подход открывает новые возможности для ускоренного поиска и изучения топливных выпадений, мониторинга окружающей среды при радиационных авариях на АЭС, местах хранения облученного ядерного топлива и проведения испытаний ядерного оружия.

2. Разработан метод прижизненного определения активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в организме, основанный на измерении β -спектров образцов, позволяющий определять активность ^{90}Sr и ^{137}Cs в различных образцах при соотношении $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ в диапазоне от 1 до 100. Погрешность этого метода находится в пределах 10-15% для однородных образцов почв, донных осадков и не превышает 20% для прижизненных измерений в мелких особях. С помощью разработанного метода возможно изучение накопления ^{90}Sr в живых организмах, что исключает необходимость умерщвления животных и облегчает проведение радиобиологических исследований не только на распространенных видах, но и на охраняющихся национальным или международным законодательством.

3. Предложена новая фотоактивационная методика определения активности ^{10}Be , ^{36}Cl , ^{41}Ca , $^{59,63}\text{Ni}$, ^{93}Mo , ^{93}Zr в конструкционных материалах реакторов и радиоактивных отходов АЭС, которая может значительно упростить процедуры выявления, контроля и паспортизации этих радионуклидов. В зависимости от массы и времени облучения исследуемых образцов и при условии использования полупроводниковых спектрометров с HPGe-детекторами чувствительность разработанных методов составляет $\sim 10^{-3}$ - 10^{-9} Бк/г. С учетом значительного объема радиоактивных отходов, образующихся на АЭС и

большой массы облученных конструкционных материалов такой подход может быть более эффективен по сравнению с традиционными методами.

4. Проведена апробация разработанных подходов и методов на территориях, загрязненных выпадениями в результате аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС и промплощадке ЧАЭС. С использованием разработанных методов и подходов:

- Исследована концентрация и распределение антропогенных радионуклидов в почвах отдельных территорий, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС.
- Исследованы изотопные отношения в облученных конструкционных материалах 4-го энергоблока ЧАЭС.
- Получены новые данные о поведении топливных горячих частиц в почвах территорий, загрязненных топливными выпадениями в результате аварии на ЧАЭС. Предложена новая систематика топливных частиц чернобыльского происхождения по соотношению $K_{\alpha}U$ - и γ -линии ^{155}Eu .
- На основе большого объема экспериментальных результатов уточнены параметры миграции радиоизотопов плутония и ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{154,155}\text{Eu}$, ^{241}Am в почвах, характеризующихся загрязнением топливной компонентой выпадений, и рассчитаны периоды полураспада верхних корнеобитаемых горизонтов почв от долгоживущих антропогенных радионуклидов.
- Исследованы донные отложения пруда-охладителя ЧАЭС и установлена глубина местонахождения выпадений, связанных с первым по времени взрывом на 4-м энергоблоке ЧАЭС.
- Установлено влияние облученных поколений некоторых видов почвенных микромицетов на ускорение деструкции горячих частиц различного состава. Рассчитаны коэффициенты перехода ^{137}Cs , ^{241}Am и изотопов Pu в разработанной модельной системе «горячая частица – микромицет». Полученные результаты впервые демонстрируют роль почвенных микромицетов в ускорении процессов миграции трансурановых нуклидов на территориях, пострадавших от аварии на ЧАЭС.
- Впервые получены данные о вкладе внешних электронов в суммарную дозу облучения мышевидных грызунов, обитающих на загрязненных топливными выпадениями территориях. Получены коэффициенты перехода одного из звеньев трофической цепи «почва-животное».

Результаты, полученные Желтоножкой М.В. в ходе выполнения диссертационной работы, опубликованы в 40 научных работах, из них 21 статья в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах цитирования Web of Science и Scopus. Желтоножская

М.В. неоднократно докладывала свои результаты на российских и международных конференциях, а также принимала участие в работах по грантам РФФИ и руководила грантом РНФ.

К настоящему времени Желтоножская М.В. обладает всеми качествами, компетенциями и высокой квалификацией специалиста в области радиозэкологии и радиобиологии; спектрометрии, радиометрии и дозиметрии; физики взаимодействия ионизирующего излучения с веществом и биологическими объектами; готова к ведению и выполнению исследований на высоком мировом уровне и руководству научной работой коллектива.

Диссертационная работа Желтоножской М.В. выполнена на высоком научном уровне, содержит результаты, имеющие научную и практическую ценность, представляет собой законченное исследование и отвечает требованиям, установленным Московским Государственным Университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.5.1. Радиобиология (физико-математические науки), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Автореферат соответствует содержанию диссертации и достаточно полно описывает результаты и выводы работы.

Считаю, что диссертационная работа Желтоножская М.В. может быть рекомендована к защите в диссертационном совете МГУ.014.6 по специальности 1.5.1. Радиобиология.

Научный консультант,
Заведующий кафедрой физики ускорителей
и радиационной медицины
д.ф.-м.н., профессор

А. П. Черняев

Подпись А.П. Черняева удостоверяю:

23.12.2024