

Отзыв

официального оппонента кандидата биологических наук, Романова Сергея Анатольевича, исполняющего обязанности директора ФГБУН ЮУРИБФ ФМБА России на диссертационную работу Цовьянова Александра Георгиевича «Радиационно-гигиенические и радиобиологические аспекты безопасности при производстве смешанного нитридного уран-плутониевого топлива», представленную на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1 – «Радиобиология».

Актуальность исследования.

Диссертация А.Г. Цовьянова является результатом научно-исследовательской работы посвященной изучению радиационно-гигиенических условий сложившихся в экспериментальном производстве смешанного нитридного уран-плутониевого ядерного топлива для энергетических реакторов на быстрых нейтронах с высоким коэффициентом воспроизводства, выявлению и научному обоснованию радиационно-гигиенической и радиобиологической значимости при оценке воздействия радиационных факторов на персонал. Технологический прогресс в развитии атомной энергетики во многом определяется развитием топливной базы, появлением новых составов ядерного топлива, значительным улучшением его теплофизических, ядерных и эксплуатационных характеристик. Технологический прогресс в рамках проектного направления «Прорыв» определил появление принципиально новых производственных циклов, новых материалов и соответственно сформировал новые производственные условия труда, новую совокупность вредных производственных факторов. Поэтому настоящая диссертационная работа отражает достижения соискателя, в многоплановой научно-прикладной работе, необходимой для решения проблем радиационной защиты применительно к создаваемым технологическим процессам.

Разработка и внедрение новых ядерных технологий и топливных материалов должны сопровождаться исследованиями по выявлению и оценке особенностей радиационно-гигиенических и радиобиологических факторов. К таким исследованиям относятся задачи оценки радиационной обстановки на рабочих местах от разнообразных источников внешнего и внутреннего облучения, оценки путей и вида воздействия на персонал, оценка дозовых нагрузок и расчетная оценка ожидаемого возникновения стохастических эффектов в виде радиационно-индуцированных онкологических заболеваний. Разрешение перечисленных проблем, в свою очередь, необходимо для научно-обоснованного развития нормативно-методической базы по обеспечению радиационной безопасности персонала, занятого на производстве смешанного нитридного уран-плутониевого топлива.

С оценкой одногласен
РГИБД А.Г. Цовьянов
21.06.2022

ВХОД №	2502
ДАТА	21.06.2022
КОЛ-ВО ЛИСТОВ:	8
ФГБУ ГНЦ ФМБА им. А.И. Бурназяна ФМБА России	

Данное обстоятельство обуславливает актуальность данной диссертационной работы и ее высокую востребованность на предприятиях атомной промышленности.

Степень обоснованности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, их достоверность.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе, в значительной степени обусловлены применением мощного аппаратурно-методического комплекса. Разработка и организация такого многокомпонентного комплекса явилось обоснованным, достаточным и необходимым условием для получения достоверных исходных данных, необходимых для последующего анализа особенностей и значимости радиационно-гигиенических и радиобиологических факторов производственной среды в условиях работы со СНУП топливом. Немаловажным обстоятельством является и то, что измерения выполнялись аккредитованной лабораторией (аккредитация САРК RU.0001.443226 от 16.12.2016), а для обработки экспериментальных данных применены современные программы статистического и математического анализа (Statistica 7, Golden Software Surfer, Matcad), в рамках единой среды выполнения комплексного инженерного анализа и численного моделирования Star-CCM. При экспериментальных исследованиях применены поверенные средства измерений и аттестованные методики.

По теме диссертации опубликовано пять статей в журналах рекомендованных ВАК, из которых 4 публикации - в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на авторитетных отечественных научных форумах: на VIII Съезде по радиационным исследованиям (ОИЯИ, 2021 г.) и на Научно-практическом семинаре «Современное состояние, существующие проблемы и перспективы развития лабораторий дозиметрии внутреннего облучения в системе ФМБА России» (2021 г.). По результатам диссертационной работы были получены два патента на изобретения.

Таким образом, можно заключить, что основные научные результаты и выводы исследования являются обоснованными и достоверными, а работа выполнена на высоком научно-практическом и методическом уровне, с использованием современных исследовательских методик, приборов и оборудования.

Научная новизна результатов работы.

Цель и задачи исследования включают в себя выявление, оценку особенностей и значимости радиационно-гигиенических и радиобиологических факторов производственной среды в условиях работы со смешанным нитридным уран-плутониевым топливом.

В проведенных экспериментальных исследованиях и аналитическом обобщении автором получены результаты, имеющие научную новизну.

Впервые:

- показано что смешанное нитридное уран-плутониевое топливо представляет собой новый класс радиотоксичного вещества;
- впервые исследованы физико-химические свойства радиоактивных аэрозолей и проведена комплексная радиационно-гигиеническая оценка факторов производственной среды в условиях производства ТВЭЛ из СНУП с учетом комплексного воздействия как фотонно-нейтронного облучения, так и ингаляционного поступления аэрозолей;
- впервые оценен риск соматико-стохастических эффектов при работе со смешанным нитридным уран-плутониевым топливом и дана оценка условий радиационной безопасности персонала.

Практическая значимость работы.

Результаты работы нашли практическое применение при оптимизации радиационного контроля (РК) на всех этапах работы со СНУП топливом. Были утверждены соответствующие Методические Указания по организации РК воздушной среды производственных помещений и организации контроля доз внешнего облучения персонала, занятого в работах со смешанным нитридным уран-плутониевым топливом.

Выявление особенностей воздействия радиационных факторов при работах со СНУП топливом позволило сформулировать рекомендации по снижению доз облучения персонала. Полученные результаты могут быть использованы при разработке клинических рекомендаций по оценке состояния здоровья работника. Важную практическую функцию несет предложенная референтная модель аэрозольных частиц и схема первичного метаболизма радиоактивных аэрозолей при ингаляционном поступлении в организм работника, которая лежит в основе дальнейшего развития радиобиологических исследований.

Практическая значимость диссертационной работы подтверждается двумя полученными патентами на разработанные импакторы, которые были использованы в качестве одного из стандартизированного средства измерения сложного аппаратурно-методического комплекса, применённого для оценки свойств радиационных факторов при работе со СНУП топливом.

Содержание работы.

Диссертация изложена на 131 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов и списка литературы, содержащего 124

источника (из них 28 зарубежных). Работа проиллюстрирована 55 рисунками и 46 таблицами.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, представлены основные защищаемые положения, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе приведен обширный обзор литературных данных, автор анализирует современное состояние отечественных и международных исследований по проблеме. Автор приходит к выводу, что, несмотря на имеющийся большой объем информации, посвященной технологическим аспектам новых видов ядерного топлива и, в частности, производству СНУП топлива, специфические особенности проявления вредных производственных факторов, обусловленные физико-химическими свойствами исходных и конечных технологических продуктов, и соответствующие мероприятия по обеспечению радиационно-гигиенической безопасности при работе с нитридным топливом в научной литературе практически отсутствуют. Смешанное нитридное уран-плутониевое топливо при ингаляционном поступлении в организм, представляет собой новый класс радиотоксичного вещества, требующего всестороннего изучения его физико-химических и радиобиологических свойств.

Во второй главе автор приводит обширный спектр методов и приборов, используемых в исследованиях. Обращает внимание, комплексность и системность для анализа физико-химических характеристик радиоактивных аэрозолей, включая исследования морфологии и реакционных свойств аэрозолей СНУП топлива в воздушной среде, а также для исследования закономерностей формирования эффективных доз облучения персонала за счет фотонного и нейтронного излучений на рабочих местах. Для решения измерительных задач автор реализовал многоцелевой аппаратурно-методический комплекс на базе современных научно-исследовательских средств измерений в сочетании с приборами рутинного контроля. Так, для исследования морфологии и реакционных свойств аэрозолей СНУП топлива в воздушной среде использованы: электронный микроскоп Quanta Inspect S с энергодисперсионным детектором EDAX для проведения микрорентгеноспектрального анализа; растровый электронный микроскоп (ИЛ-2); рентгеновский дифрактометр (XRD-7000); анализаторы химического состава «LEKO - TC600» и «LEKO - TC400»; масс-спектрометр «TRITON+». Для экспресс-анализа содержания кислорода и азота применен анализатор кислорода и азота LECO TC-400. В то же время для оперативных измерений использованы переносные приборы радиационного контроля: дозиметра рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1123, дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М с блоками БДКР-01, БДКГ-04; БДПА-01,

БДКИ-03, для исследования энергетических распределений фотонного излучения, падающего на различные участки тела персонала (лицо, грудь, кисти рук) использовался портативный сцинтилляционный гамма-спектрометр InSpector 1000. Исследования энергетических распределений нейтронного излучения осуществлялись дозиметром-спектрометром на основе дозиметра ДКС-96 с блоком детектирования БДМН-96С с дополнительными полизиленовыми шаровыми замедлителями диаметром 70, 120, 200, 300 мм. Для измерения индивидуального эквивалента дозы Нр(10) внешнего облучения в смешанных гамма-нейтронных полях применялись альбедные термolumинесцентные дозиметры ДВГН-01 в составе комплекса АКИДК-301 и электронные прямоопоказывающие дозиметры EPD-N2 в сочетании с гетерогенными антропоморфными фантомами тела человека модели ERT-200 и ATOM 701D, и 15 литровыми гомогенными водными фантомами. Исследование радионуклидного состава и измерение активности радионуклидов проводились на полупроводниковом гамма-спектрометре Canberra InSpector-2000 с ППД BE3830 и на альфа-спектрометрах Alpha Duo ORTEC и МКС-01А Мультирад с предварительной радиохимической пробоподготовкой. Широкий и разнообразный спектр средств отбора проб и оценки дисперсного состава радиоактивных аэрозолей представленный импакторам АИП-2, ФРТЧ, каскадного импактора Андерсона, индивидуальных импакторов ИРАМ-2-4И, SKC Sioutas. Надо отметить, что соискатель является разработчиком всех отечественных импакторов, что подтверждается полученными патентами и Знаком качества выанным на импактор АИП-2.

В третьей главе представлены результаты радиационно-гиgienической оценки факторов производственной среды, влияющих на внешнее облучение персонала. При этом автор показал вклад фотонного, нейтронного и слабопроникающего излучений, выявил существенную неравномерность облучения по телу, предложил классификацию отдельных производственных операций по степени опасности. Важным практическим результатом этой части работы является то, что полученные данные позволили предложить классификацию технологических операций при производстве СНУП топлива в зависимости от степени их потенциальной радиационной опасности и рекомендовать локальное усиление физической защиты перчаточного бокса. Классификация проста и информативна для применения службами радиационного контроля предприятия.

Четвертая глава посвящена исследованиям физико-химических характеристик радиоактивных аэрозолей воздуха рабочей зоны, определяющих ожидаемую эффективную дозу облучения персонала, работающего на участке производства СНУП топлива. Проведены эксперименты по исследованию процесса «старения» аэрозолей, то есть трансформации физико-химических свойств аэрозольных частиц после выхода их из

перчаточного бокса в воздушную среду производственной зоны. Установлено, что аэрозольные частицы имеют крайне разнообразную морфологию, элементный и пуклидный состав, представлены разными химическими формами. Автором данное многообразие частиц после статистической обработки было сведено к референтной модели рассматривающей два различных класса – торакальную и экстракоракальную фракцию, обладающих крайне важными с позиции радиобиологической значимости различиями. Торакальная фракция (менее 11 мкм) представляется наличием моночастиц, агломератов и конгломератов неправильной округлой формы из оксидных соединений урана и плутония. Экстракоракальная фракция (более 11 мкм) представляется крупными частицами и конгломератами содержащих СНУП вещество, покрытое оксидным слоем. Эти различия объясняются тем, что торакальная фракция аэрозолей СНУП топлива при выходе в воздушную атмосферу практически мгновенно окисляется до оксидных форм, а экстракоракальная фракция покрывается тонкой оксидной пленкой, предотвращающей дальнейшее окисление внутреннего объема частицы. Этот процесс физико-химической трансформации аэрозольных частиц автор назвал «старение». Таким образом более крупные чем торакальная фракция аэрозольные частицы СНУП топлива несут в себе крайне реакционное вещество, которое при ингаляционном поступлении попадет в ЖКТ. Таким образом экспериментально определив указанные свойства радиоактивных аэрозолей СНУП топлива и обобщения полученных результатов исследований физико-химических и морфологических свойств аэрозолей соискатель сформировал референтную модель радиоактивного аэрозоля и схему модели первичного метаболизма в организме аэрозольных частиц СНУП топлива. При построении модели автор использовал известный механизм переноса экстракоракальной фракции в желудочно-кишечный тракт за счет мукозилиарной транспортировки. Согласно предложенной модели, в желудке оксидная оболочка частиц разрушается под воздействием желудочной кислоты, а химически реакционная сердцевина частиц СНУП топлива растворяется и переходит в жидкости тела.

Пятая глава посвящена оценке радиационных рисков при выполнении работ на производстве смешанного шитридного уран - плутониевого топлива. Показан крайне низкий радиационный риск для персонала, вместе с тем указано на нежелательность привлечения молодого женского персонала. Автор отмечает необходимость специального медицинского наблюдения, учитывая экспериментальный характер производства и необходимость получения и накопления радиобиологических данных по воздействию искорюрированного СНУП на организм человека.

Замечания.

В качестве замечаний по диссертационной работе можно отметить:

1. Автор недостаточно обосновал, что смешанный нитрид урана-плутония представляет собой не механическую смесь разных элементов, а образует новое химическое вещество.

2. Не оценена неопределенность применимости результатов исследований, проведенных в экспериментальном производстве на строящийся производственный технологический цикл в рамках модуля фабрикации-рефабрикации топлива комплекса ОДЭК.

3. Предложенная схема первичного метаболизма аэрозольных частиц при ингаляции не рассматривает распределения частиц по конечным депо фиксации элементов и отчасти носит гипотетический характер. Перспективность предложенного механизма требует и экспериментальных подтверждений.

4. В работе недостаточно описаны исследования по оценке растворимости аэрозолей. Какие применялись методики?

5. Как соотносятся измеренные значения активного медианного аэродинамического диаметра (АМД) с величиной, рекомендованной в НРБ и как это влияет на результаты индивидуального дозиметрического контроля.

Сделанные замечания не имеют принципиальный характер и не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы А.Г. Цовьянова.

Диссертационная работа А.Г. Цовьянова «Радиационно-гигиенические и радиобиологические аспекты безопасности при производстве смешанного нитридного уран-плутониевого топлива», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1 – «радиобиология», является законченной научно-квалификационной работой. Сделанные и обоснованные автором выводы и научные положения можно оценить как новое решение актуальной задачи, имеющей существенное значение для радиобиологии.

По актуальности решаемых задач, объему и методической сложности исследований, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа А.Г. Цовьянова «Радиационно-гигиенические и радиобиологические аспекты безопасности при производстве смешанного нитридного уран-плутониевого топлива» соответствует критериям п.п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.08.2013 г. № 842 (в редакции постановления Правительства РФ № 335 от 21 апреля 2016 года «О внесении изменений в Положение о присуждении учёных степеней» и постановлений Правительства РФ № 1093 от 10 ноября 2017 г. и № 1168 от 01.10.2018 г.), предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Цовьянов Александр Георгиевич заслуживает

присуждения искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1 - «радиобиология».

Официальный оппонент:
кандидат биологических наук,
специальность 03.01.01 - Радиобиология,
исполняющий обязанности директора
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
«Южно-Уральский институт биофизики»
Федерального медико-биологического
агентства

Романов Сергей Анатольевич



Адрес организации: 456783, Челябинская обл., г. Озерск, Озерское шоссе, д. 19.
E-mail: subi@subi.su. Телефон +7 (35130) 7-58-52, Факс +7 (35130) 7-25-50

«30 » 05 2022 г.

Подпись кандидата биологических наук Романова С.А. заверяю

Ученый секретарь ФГБУН ЮУрИБФ ФМБА России

«30 » 05 2022 г.

Кочева А.Б.