

Отзыв официального оппонента

доктора биологических наук, профессора Степаненко Валерия Федоровича, заведующего лабораторией медико-экологической дозиметрии и радиационной безопасности МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава 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.

Диссертационная работа Цовьянова Александра Георгиевича посвящена актуальной проблеме - выявлению, оценке особенностей и значимости радиационно-гигиенических и радиобиологических факторов производственной среды в условиях работы со смешанным нитридным уран-плутониевым (СНУП) топливом.

Цель и задачи исследований, включенных в диссертационную работу Цовьянова Александра Георгиевича, соответствуют Федеральной целевой программе «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010-2015 годов и на перспективу до 2020 года», в рамках которой были начаты работы по достижению нового качества отечественной ядерной энергетики, разработке, созданию и промышленной реализации замкнутого ядерного топливного цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах с высоким воспроизводством ядерного делящегося материала. Инициированное в рамках этой целевой программы Проектное направление «Прорыв», реализуемое на предприятиях Госкорпорации «Росатом», предусматривает разработку, а также испытание новой технологии производства смешанного нитридного уран-плутониевого топлива, разработку и реализацию новых технических решений по созданию реактора на быстрых нейтронах с модулем переработки отработавшего ядерного топлива.

Несомненно, что разработка и внедрение новых ядерных технологий и материалов должны сопровождаться исследованиями по выявлению и оценке особенностей радиационно-гигиенических и радиобиологических факторов, определяющих радиационную безопасность персонала. Это, в свою очередь, необходимо для обеспечения нормативно-методической базы по обеспечению радиационной безопасности персонала, занятого на производстве смешанного нитридного уран-плутониевого топлива.

В связи с этим, актуальность диссертационной работы не вызывает сомнений.

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 адекватного инструментального и методического базиса. Этот базис представляется достаточным и необходимым 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 и, в конечном ~~счете, для решения задач~~ ~~счете, для решения задач~~ исследования и достижения запланированной цели.

*С официальным одобрением
А.Г. Цовьянов 31.05.2022.*

ВХОД №	1520
ДАТА	31 МАЙ 2022
КОЛ-ВО ЛИСТОВ:	8
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России	

При исследованиях применены поверенные средства измерений и аттестованные методики.

Так, для анализа физико-химических характеристик радиоактивных аэрозолей использовано высокотехнологичное оборудование. Отбор проб и оценка дисперсного состава радиоактивных аэрозолей проводился с помощью импакторов АИП-2 (номер в Госреестре СИ № 28021-04), ФРГЧ, каскадного импактора Андерсена, индивидуальных импакторов ИРАМ, SKC Sioutas. Для исследования динамики счетной концентрации аэрозолей, температуры и влажности окружающей среды применялись шестиканальные оптические счетчики Handheld 3016 (номер в Госреестре СИ 48014-11) и счетчики СЕМ DT-9880. Для исследования морфологии и реакционных свойств аэрозолей СНУП топлива в воздушной среде использованы: растровый электронный микроскоп (ИЛ-2); электрошлифовочный микроскоп Quanta Inspect S с энергодисперсионным детектором EDAX для проведения микрорентгеноспектрального анализа; рентгеновский дифрактометр (XRD-7000); анализаторы химического состава «LEKO - ТС600» либо «LEKO - ТС400»; масс-спектрометр «TRITON+». Для экспресс-анализа содержания кислорода и азота применен анализатор кислорода и азота LECO TC-400.

Впечатляет тщательность проведенных автором исследований закономерностей формирования эффективных доз облучения персонала. Помимо определения базовых характеристик внешнего облучения персонала (мощности доз и энергетические характеристики полей фотонного и нейтронного излучений на рабочих местах), изучена неравномерность облучения персонала по телу, угловое распределение излучения на рабочих местах, оценен вклад слабо проникающего излучения, а также определены индивидуальные дозы облучения персонала. При этом исследование дозовых характеристик полей фотонного и нейтронного излучений проведено с помощью сертифицированных отечественных дозиметров нейтронного и гамма-излучения ДКС-АТ1123, ДКС96, дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М с блоками БДКР-01, БДКГ-04; БДПА-01, БДКН-03. Для измерения индивидуального эквивалента дозы Нр(10) внешнего облучения в смешанных гамма-нейтронных полях применялись альбедные термолюминесцентные дозиметры ДВГН-01 в составе комплекса АКИДК-301 и электронные прямопоказывающие дозиметры EPD-N2.

На всех этапах работы исследования, выполнялись аккредитованной лабораторией (аккредитация САРК RU.0001.443226 от 16.12.2016). Для обработки экспериментальных данных применены современные пакеты статистического анализа (Statistica 7, Golden Software Surfer, Matcad, Star-CCM).

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 теме диссертации опубликовано пять статей в журналах рекомендуемых ВАК, из которых 4 публикации - в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus. Автором получено два патента на изобретения.

Можно заключить, что основные научные результаты и выводы исследования являются обоснованными и достоверными, работа выполнена на высоком научно-

практическом и методическом уровне, с использованием современных исследовательских методик 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 итоге проведенных исследований автором получены результаты, имеющие несомненную научную новизну. Показано, что смешанное нитридное уран-плутониевое топливо при ингаляционном поступлении аэрозольной формы СНУП топлива в организм, представляет собой новый класс радиотоксичного вещества; впервые проведена оценка риска соматико-стохастических эффектов при работе со смешанным нитридным уран-плутониевым топливом; оценка условий радиационной безопасности персонала в условиях производства ТВЭЛ из СНУП дана с учетом комплексного воздействия как фотонно-нейтронного облучения, так и ингаляционного поступления аэрозольной формы СНУП топлива.

Практическая значимость работы

Результаты работы получили практическое применение при реализации 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 также и при разработке клинических рекомендаций по оценке состояния здоровья.

Следует отметить, что практическая значимость диссертационной работы подтверждается двумя полученными патентами на разработанные импакторы, которые были использованы в качестве существенного компонента инструментального комплекса, примененного для установления особенностей радиационных факторов при работе со СНУП топливом.

Оценка содержания и оформления 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 сформулированы актуальность работы, цель, задачи, научная новизна, практическая значимость исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту.

Цель исследования, заключающаяся в выявлении и научном обосновании радиационно-гигиенической и радиобиологической значимости воздействия радиационных факторов на персонал, работающий со смешанным нитридным уран-плутониевым топливом, соответствует Проектному направлению «Прорыв», реализуемому на предприятиях Госкорпорации «Росатом» и предусматривающему разработку, а также испытание новой технологии производства СНУП топлива.

Формулировки задач работы адекватны поставленной цели. Содержание задач свидетельствует, что их выполнение необходимо и достаточно для достижения поставленной цели исследования.

В обзоре данных литературы автор последовательно и логично анализирует современное состояние отечественных и международных исследований по проблеме. Рассмотрены научные достижения и современные тенденции в области радиационной защиты персонала при работах с ядерным и СНУП топливом. В результате отмечено, что несмотря на имеющийся большой объем информации, посвященной технологическим аспектам новых видов ядерного топлива и, в частности, производству СНУП топлива, особенности обеспечения радиационно-гигиенической безопасности при работе с нитридным топливом в недостаточной степени представлены в научной литературе. Проведенный обзор научной литературы характеризует автора как критически воспринимающего современное состояние знаний в исследуемой области, как специалиста, способного обобщить и проанализировать имеющийся обширный массив знаний по проблеме и на этой основе обосновать и сформулировать цель и задачи собственного исследования.

Во второй главе приведены данные о материалах и методах исследования. Обращает внимание обширный спектр методов и приборов, примененных в работе. В главе представлен комплекс оборудования и методик 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. Представленная информация показывает, что использованный аппаратурно-методический комплекс вполне достаточен для решения поставленных в диссертационной работе задач.

В третьей главе представлены результаты радиационно-гигиенической оценки факторов производственной среды, влияющих на безопасность персонала. 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. К безопасным технологическим процессам, предложено отнести такие операции как взвешивание, отбраковка, выгрузка; относительно опасные – хранение, складирование, дозирование; очень опасные – смешение компонентов; чрезвычайно опасные – прессование шашек и таблеток.

По результатам исследования интенсивности плотноионизирующего нейтронного излучения, сопровождающего технологический процесс, было проведено следующее разделение производственных процедур по степени их радиационной опасности: выгрузка и взвешивание – безопасные; дозирование, складирование, отбраковка – относительно безопасные; хранение – относительно опасные, перемешивание продукции, смешивание – опасные, дробление шашек и таблеток – очень опасные.

Результаты изучения неравномерности облучения персонала по телу позволили сделать важное в практическом отношении заключение, что на рабочих местах в операторской зоне мощность эквивалентной дозы на уровне таза более чем в три раза превышает МЛЭД в точке расположения индивидуального дозиметра на груди (на высоте около 1,4 метра). Это может привести к неконтролируемым превышениям основного

предела годовой эффективной дозы для персонала, если индивидуальный дозиметрический контроль осуществляется только по показаниям дозиметра, размещенного на груди.

Четвертая глава представляет результаты исследования физико-химических характеристик радиоактивных аэрозолей воздуха рабочей зоны, определяющих эффективную дозу облучения персонала, работающего на участке производства СНУП топлива.

Отдельно следует отметить, что обобщение полученных результатов исследований физико-химических свойств аэрозолей СНУП топлива позволило соискателю сформулировать схему референтной модели транспорта в организме аэрозольной формы частиц СНУП топлива. При построении модели предположено, что торакальная часть аэрозольных радиоактивных частиц проникает в альвеолярный раздел легких, при этом исходные конгломераты могут рассыпаться на отдельные более мелкие частицы вплоть до наночастиц, в то время как вторичная фракция переносится в желудочно-кишечный тракт за счет мукоцилиарной транспортировки, где, предположительно, оксидная оболочка частиц разрушается под воздействием желудочной кислоты, а химически реакционная сердцевина частиц СНУП топлива растворяется с последующим усвоением организмом.

В пятой главе приведены результаты оценки радиационных рисков при выполнении работ на производстве смешанного нитридного уран - плутониевого топлива, включающая следующие этапы: идентификация канцерогенной опасности в зависимости от этапов технологического процесса; установление зависимости доза-эффект; оценка канцерогенного воздействия по сравнению с установленным уровнем приемлемости.

В заключительной части пятой главы утверждается, что существующая система медицинского наблюдения, ориентированная на выявление отдаленных радиационных последствий, не в полной мере соответствует условиям работы экспериментального производства по изготовлению ЭТВС со СНУП топливом, и что требуется специальная система наблюдений, ориентированная на контроль возможных ранних изменений в состоянии здоровья персонала вследствие воздействия радиационных факторов при такого рода производстве. Вместе с тем следует отметить, что автор весьма осторожен в этом утверждении и справедливо отмечает, что обоснование необходимости введения системы раннего выявления изменений в здоровье персонала, работающего в условиях производства смешанного нитридного уран-плутониевого топлива, является весьма сложной задачей, требующей дальнейших углубленных исследований, и что возможным основанием для разработки практических рекомендаций по выявлению ранних изменений здоровья работающего персонала могут быть результаты тщательного анализа имеющихся радиобиологических данных, полученных на людях, работавших в условиях хронического радиационного воздействия при производстве СНУП топлива.

Замечания

В качестве замечаний по диссертационной работе можно отметить:

1. Выносимый на защиту механизм первичного метаболизма аэрозольных частиц при ингаляции и распределения частиц по депо фиксации, входящий, по сути, в схему референтной модели транспорта в организме аэрозольной формы частиц СНУП топлива, отчасти посит гипотетический характер. Несмотря на перспективность предложенного гипотетического механизма, он требует будущих

- экспериментальных подтверждений. Экспериментального подтверждения требует также тезис о том, что при поступлении в альвеолярный отдел «конгломераты могут рассыпаться на отдельные более мелкие частицы вплоть до наночастиц».
2. Из текста диссертации неясно, обеспечивалась ли представительность отбираемых проб аэрозолей по времени – т.е. присутствовала ли временная привязка к выполняемым технологическим операциям в момент отбора аэрозольных проб.
 3. Несмотря на предложенную референтную модель и механизм первичного метаболизма аэрозолей СНУП-топлива, из текста диссертации не вполне ясно – какой процент от суммарной объемной активности аэрозольных частиц в воздухе рабочей зоны будет приходиться непосредственно на нитридные соединения.
 4. К сожалению, в работе имеется немало стилистических погрешностей и опечаток, отсутствует список сокращений.
Сделанные замечания не имеют принципиальный характер и не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы А.Г. Цовьянова.

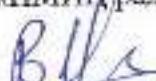
Заключение

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 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» полностью отвечает 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:

Заведующий лабораторией медико-экологической дозиметрии и радиационной безопасности МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, доктор биологических наук, профессор

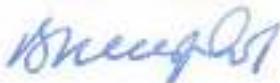
 В.Ф. Степаненко
31.05.2022

249036, Калужская область, г. Обнинск, ул. Королева, 4. Телефон: +7 910 54 72062.
E-mail: mrrc@mrcc.obninsk.ru; valerif@yandex.com

Подпись В.Ф. Степаненко «заверю», Ученый секретарь, заведующий НОО
МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России,

Доктор медицинских наук, профессор



 В.А. Петров