

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина», д.ф.-м.н.

Германенко А. В.

" 16 " 02.08.2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

о научно-практической значимости диссертационной работы Майзика Алексея Борисовича на тему «Исследование проблем обеспечения радиационной безопасности персонала, населения и защиты окружающей среды при выводе из эксплуатации аварийных зданий и сооружений», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.02 – Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ядерный топливно-энергетический комплекс)

Актуальность работы. Диссертационная работа Майзика А.Б. посвящена проблеме вывода из эксплуатации радиационно-опасных объектов. Со временем создания первых промышленных предприятий и научно-исследовательских учреждений ядерного комплекса, в первую очередь оружейного, прошло уже более 70 лет. Естественно, что построенные в годы становления атомной промышленности здания и сооружения полностью выработали свой ресурс и требуется осуществить их демонтаж. Основной проблемой при решении данной задачи является значительное радиоактивное загрязнение технологического и лабораторного оборудования, систем вентиляции и канализации, а также стен помещений и иных строительных конструкций. В связи с этим при выводе из эксплуатации радиационно-опасных объектов необходимо выполнить целый ряд условий:

1. Обеспечение радиационной безопасности персонала, выполняющего дезактивационные работы и работы по демонтажу оборудования и самого здания. При этом необходимо учитывать, что радиоактивное загрязнение может быть обусловлено не только гамма-излучающими радионуклидами, оперативный контроль которых осуществляется достаточно простыми инструментальными методами, но и изотопами плутония, а также долгоживущими «чистыми» бета-излучателями типа Sr-90.
2. Обеспечение радиационной безопасности населения, в особенности в случаях, когда вывод из эксплуатации радиационно-опасных объектов осуществляется в непосредственной близости от жилых или общественных зданий.

3. Обеспечение радиационной безопасности окружающей среды в соответствии с действующими экологическими нормами.
4. Эффективное разделение потоков радиоактивных отходов (РАО) таким образом, чтобы общий объем РАО, требующий захоронения, был минимальным, а остальные возникающие при выводе из эксплуатации отходы не требовали специального обращения с точки зрения радиационной безопасности.

В связи с этим тема диссертационного исследования Майзика А. Б. представляется, несомненно, актуальной.

Целью работы, как это следует из текста диссертации, является исследование актуальных проблем обеспечения радиационной безопасности поверхностей помещений, инженерно-технических средств радиационной защиты и дезактивации для персонала и населения, охраны окружающей среды при выводе из эксплуатации радиационно-опасных объектов.

В диссертационной работе для достижения данной цели был решен ряд самостоятельных задач, нацеленных на единый конечный результат. Для получения максимально подробной информации о радиационной обстановке на рабочем месте, состоянии радиоактивного загрязнения поверхностей, паспортизации РАО были разработаны оригинальные методы контроля, в том числе позволяющие проводить оперативный контроль *in situ*, непосредственно на объектах дезактивации. В дальнейшем в ходе выполнения работы понадобилось разработать эффективные методы дезактивации поверхностей, загрязненных радионуклидами, с различными характеристиками (от легко дезактивируемого металла или специпластиката до бетона). Поскольку для уменьшения общего объема РАО было необходимо механически снимать относительно тонкий слой загрязненного радионуклидами материала возникла необходимость обеспечения минимизации выбросов радиоактивных веществ в атмосферу дезактивируемого помещения и за его пределы.

В ходе выполнения работы потребовалось разработать подходы к обоснованию комплекса мероприятий по обеспечению радиационной безопасности персонала и охраны окружающей среды и рекомендации по обоснованию критериев приемлемости радиационно-безопасного состояния помещений, оборудования, материалов и территорий после окончания работ.

Все данные задачи, направленные на решение общей задачи, были успешно решены.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке оригинальных методов полевой α -, β - и γ -радиометрии и спектрометрии, позволяющих сделать детальную оценку радиационной обстановки непосредственно в помещении, в котором проводится дезактивация. Разработан подход к оценке нуклидного состава РАО с использованием метода радионуклидных векторов. Это позволило обеспечить надежный контроль не только β - и γ -излучающих радионуклидов, но с достаточной точностью определить содержание

трансурановых элементов – изотопов плутония и ^{241}Am . На основании расчетных и экспериментальных данных дано обоснование минимально детектируемой активности α -радионуклидов в слоях материалов различных толщины и загрязненности поверхности (дерево, штукатурка, кирпич, железо). Разработан до уровня практической реализации метод дезактивации с помощью промышленного пылесоса поверхностей различных материалов, загрязненных α - и β -активными нуклидами и доказана его высокая эффективность. Для оптимизации объема дезактивационных работ дано научное обоснование контрольных уровней радиационных параметров состояния помещений, оборудования и остаточной активности грунтов и строительных материалов.

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием хорошо зарекомендовавших себя методов проведения радиационного контроля, использованием средств измерений и лабораторных методик, имеющих метрологическую аттестацию и включенных в Государственный реестр средств измерений. Надежность оценки радиационной обстановки, уровней радиоактивного загрязнения и удельной активности РАО обеспечена многократными измерениями с подтверждением данных оперативного контроля лабораторными исследованиями. Использование метода радионуклидных векторов с использованием измерений активности ^{241}Am для оценки содержания трудно определяемых изотопов плутония подтверждено теоретическими обоснованиями и данными прямых лабораторных измерений. Аналогичный подход был использован и для определения радионуклидных векторов, необходимых для экспрессного определения уровней радиоактивного загрязнения (удельной активности) изотопов плутония и общего количества трансурановых элементов на основе измерений суммарной активности и плотностей потоков альфа-излучения и бета-излучения. Расчеты эффективности регистрации в полевых условиях α -, β - и γ -излучения детекторами различной конфигурации выполнены с учетом всех поправок (геометрический фактор, самопоглощение в источнике, эффективность детектора и др.). Результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых журналах и доложены на научных конференциях.

Теоретическое и практическое значение работы. Теоретическое значение работы в первую очередь обусловлено детальной проработкой применения различных инструментальных методов для оценки общей радиационной обстановки, уровней поверхностного загрязнения сложным радионуклидным составом, оценками эффективности регистрации средств измерений и оценками минимально детектируемых активностей для загрязненных объектов различной природы. Разработанные подходы, включающие в себя комплексное сочетание средств полевой γ -спектрометрии с методами α - и β -радиометрии и метода радионуклидных векторов позволяют обеспечивать проведение подобных работ по выводу из эксплуатации радиационно-опасных объектов на новом научном уровне.

Практическая значимость диссертационной работы Майзика А. Б. обусловлена тем, что в ходе ее выполнения были разработаны технические и организационные подходы к работам по выводу из эксплуатации радиационно-опасных объектов, что подтверждается успешным выполнением работ по выводу из эксплуатации корпуса Б АО «ВНИИНМ». В результате выполнения диссертационной работы был подготовлен ряд Методических рекомендаций, Сборник инструкций по радиационному обследованию зданий и План организации работ по проведению радиационного обследования в аварийных помещениях и помещениях 1 класса. Данные документы могут найти свое практическое применение и при выводе из эксплуатации иных радиационно-опасных объектов.

Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора, посвященного анализу результатов выполнения ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года»: вывод из эксплуатации и реабилитация территорий ЯРОО, рассмотрению международного подхода к решению проблем реабилитации радиоактивно-загрязненных территорий и национальных критериев реабилитации радиационно-загрязненных территорий в различных странах. Вторая глава посвящена описанию методов исследования и оценке объема выполняемых работ. В третьей главе представлено обоснование максимально безопасной технологии вывода из эксплуатации и научных подходов к оценке объемов РАО. Также в ней дана радиационная оценка состояния объекта и зонирование помещений по уровням радиоактивного загрязнения, дано обоснование референтных критериев радиационно безопасного состояния объекта и рекомендуемых уровней остаточного радиоактивного загрязнения. В четвертой главе рассмотрено обоснование применяемых методов дезактивации и обеспечения экологической безопасности работ. В пятой главе представлено практическое внедрение результатов диссертационной работы. Завершается работа выводами и списком литературы. Материалы работы изложены на 193 страницах и содержат 39 таблиц, 21 рисунок и 3 приложения. Список использованных источников содержит 119 наименований, из них 27 на иностранном языке. По теме диссертации опубликовано печатных 9 работ, из них в международных базах данных – 4 работы, в журналах, входящих в перечень ВАК – 2 работы, по итогам участия в конференциях – 3 работы.

Принципиальных замечаний по тексту диссертационной работы Майзика А. Б. не имеется. Вместе с тем при ознакомлении с текстом диссертационной работы возник ряд вопросов и замечаний частного характера.

1. Остался не до конца ясным вопрос почему при расчетах эффективности регистрации детектора α -излучения (стр. 63) использовался такой параметр как «средняя тормозная способность вещества» с учетом того, что по мере движения частицы от источника через слой воздуха к детектору ее энергия и, соответственно, тормозная способность будут существенно изменяться. Кроме

того, трудно согласиться с утверждением: «*в качестве среднего пробега альфа-частиц с энергией Е для какого-либо вещества принимается толщина слоя поглотителя из этого вещества, при которой для нормального (!) падения альфа-частиц отношение скорости счета альфа-частиц, прошедших слой поглотителя к скорости счета альфа-частиц без поглотителя, уменьшается в 2 раза*». Возможно, что использование такого понятия, как «остаточный пробег в веществе» позволил бы более точно оценить энергию α -частиц, прошедших через слой поглотителя.

2. В продолжение первого вопроса хотелось бы получить ответ на следующий вопрос. В третьей главе диссертационной работы проведен большой объем расчетов, связанных с оценкой регистрации α -излучения и минимально детектируемых активностей при различных условиях измерений. Из текста диссертации неясно, проводилась ли верификация данных расчетных оценок с использованием соответствующих образцовых источников имеющих метрологически аттестованные значения поверхностной или удельной активности?
3. На стр. 106 диссертационной работы имеются фразы: «*В процессе проведения работ методом дезактивации поверхностного загрязнения помещений выявили, что в воздухе появляются мелкодисперсные фракции пыли, с размером аэрозольных частиц менее 10 мкм, которые плохо улавливаются СИЗ, но они задерживаются в легких, являются опасными для здоровья персонала. Это частицы с фракцией 2,5 и 10 мкм, которые имеют индексы PM₁₀ и PM_{2,5}*». Во-первых, мы не можем согласиться с утверждением, что частицы PM₁₀ и PM_{2,5} плохо улавливаются СИЗ. Диаметр максимально проницаемых частиц для фильтров Петрянова составляет ~ 0,2 мкм, частицы большего и меньшего диаметров задерживаются с высокой степенью улавливания, близкой к 100 %. Кстати, частицы с АМАД ~ 0,2 мкм имеют минимальное отложение в респираторном тракте на уровне 25–30 %. Предложение о том, что «*обоснованным является переход от наблюдения общего содержаниязвешенных частиц к наблюдениям за содержанием PM₁₀ и PM_{2,5}*», возможно и является обоснованным при выполнении обычных работ по демонтажу зданий, но, по нашему мнению, при выводе из эксплуатации радиационно-опасных объектов прежде всего необходим контроль объемной активности радиоактивных аэрозолей в воздухе и, по возможности, определение из дисперсности и типа соединения при итгалиционном поступлении (ОСПОРБ 99/10 п. 3.13.3).
4. Данные измеренных интегральных значений α - и β -удельной активности в табл. 3.20 на стр. 118 сложно сопоставлять с расчетными оценками на основании γ -спектрометрии из-за отсутствия доверительных интервалов при том, что диапазон удельных активностей A_{α} и A_{β} , представленный на предыдущей

странице достаточно широк. При этом необходимо учитывать, что «теоретическое» отношение A_a/A_b также получено на основании экспериментальных измерений, которые неизбежно содержат неопределенности по типу А и В.

5. Расчеты доз облучения населения при гипотетическом обрушении здания и суммарном выходе активности 7,82 ГБк (табл. 3.22) вызывают вопросы, в особенности, учитывая, что 90 % выбрасываемой активности составляют α -излучающие радионуклиды. Фактически основная эффективная доза будет формироваться за счет ингаляционного поступления таких α -излучающих нуклидов, как ^{239}Pu , ^{241}Am , ^{238}U и ^{235}U . Внешнее облучение от приведенного состава выброса будет минимальным. При этом данные нуклиды практически не оказывают воздействие на щитовидную железу, в связи с чем непонятно зачем этот орган, как и «доза на все тело» были включены в данную таблицу. Было бы более логичным привести расчеты эффективных доз внутреннего облучения от выброса указанной смеси. При этом было бы желательно сделать оценку крупнодисперсной нереспирабельной фракции аэрозолей, которая достаточно быстро будет оседать под действием сил гравитации в непосредственной близости от места обрушения. Кроме того, по нашим оценкам, приведенная на рис. 18 оценка максимальной эквивалентной дозы (неясно на какой орган) около 2,5 Зв вблизи места выброса представляется чрезмерно завышенной.
6. По разделу «4.1.2. Расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха радиоактивными веществами» возникли следующие вопросы. Указывается, что «расчеты выполнены для семи радионуклидов», но в разделе перечень этих нуклидов не приведен. Следует ли понимать, что этот перечень соответствует перечню, приведенному в табл. 4.1? Если это так, то неясно, почему при сопоставимом уровне выбрасываемых активностей ^{90}Sr и ^{137}Cs вклад в эффективную дозу внешнего облучения β -излучением от загрязнения почвы выпавшими радионуклидами составляет 58,12%, а внешнего облучения γ -излучением от загрязнения почвы выпавшими радионуклидами всего 0,41%. В диссертационной работе указано, что «По данным расчета установлено, что наибольший вклад в эффективную дозу в точках максимума создают радионуклиды: стронций Sr-90 (39,58 %), уран U-235 (32,14 %) и америций Am-241 (18,92%). Остальные радионуклиды вносят примерно равный вклад, соответствующий 2,3%». Согласно справочным данным FGR-12 дозовые коэффициенты для $^{137}\text{Cs}+^{137m}\text{Ba}$ превышают коэффициенты для $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ в 5,2 раза. При этом заметный вклад от $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ обусловлен только облучением кожи. Известно, что в ряде программных пакетов для расчета доз облучения необходимо раздельно вводить выбрасываемые активности как материнского (^{137}Cs), так и дочернего (^{137m}Ba) радионуклида. Информация в диссертации об этом отсутствует, но не исключено, что такой недочет мог иметь место.

7. Замечание общего характера. Все защищаемые положения диссертационной работы имеют полное отражение в тексте диссертационной работы. Вместе с тем представлялось бы целесообразным после соответствующего раздела указать: «Результаты данного раздела подтверждают защищаемое положение №...». Это существенно бы облегчило восприятие работы рецензентами.

Данные замечания не умаляют высокий научный уровень и практическую значимость рассматриваемой работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Майзика Алексея Борисовича на тему «Исследование проблем обеспечения радиационной безопасности персонала, населения и защиты окружающей среды при выводе из эксплуатации аварийных зданий и сооружений», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.02 – Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ядерный топливно-энергетический комплекс) является научно-квалификационной работой в которой на основе научных исследований и их обобщения разработана методология экспрессной оценки объемов РАО с помощью α - и γ -спектрометрии, показана возможность использования переносных радиометров для определения поверхностной загрязненности и удельных активностей радионуклидов, проведены расчеты эффективности регистрации основных альфа-излучателей, обосновано применение метода дезактивации промышленными пылесосами, разработаны мероприятия по подавлению пылеобразования в помещениях опасной («грязной») зоны с экстремально высокими уровнями загрязнения.

По актуальности темы, научной новизне и практической значимости диссертационная работа Майзика Алексея Борисовича на тему «Исследование проблем обеспечения радиационной безопасности персонала, населения и защиты окружающей среды при выводе из эксплуатации аварийных зданий и сооружений» полностью соответствует требованиям пп. 9–11 и п.14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 № 335, от 02.08.2016 № 748, от 29.05.2017 № 650, от 28.08.2017 № 1024, от 01.10.2018 № 1168, от 20.03.2021 № 426, от 11.09.2021 № 1539), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.02 – Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ядерный топливно-энергетический комплекс).

Отзыв на диссертационную работу обсужден на расширенном научном семинаре кафедры экспериментальной физики Федерального государственного

автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», протокол № 119 от 10 марта 2022 г. и утвержден на заседании кафедры экспериментальной физики 10 марта 2022 года протокол № 4.

Профессор кафедры экспериментальной физики (ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», доктор технических наук, профессор, специальность 05.26.02 – Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ядерный топливно-энергетический комплекс), 620002, Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, тел. +7-9122418308, e-mail michael@ecko.uran.ru

М. В. Жуковский

Доцент кафедры экспериментальной физики (ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», кандидат физико-математических наук, специальность 03.00.16 – Экология, лауреат Премии Правительства РФ 2021 года в области науки и техники, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, тел. +7-9126503343, e-mail ekidin@mail.ru

10.03.2022

А. А. Екидин

Подписи Жуковского Михаила Владимировича и Екидина Алексея Акимовича заверяю,

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УРФУ
МОРОЗОВА В.А.

