



## МЧС РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО  
ПРОБЛЕМАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ МЧС РОССИИ»  
(ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР НАУКИ И  
ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ)

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Ул. Давыдовская, 7, г. Москва, 121352  
Тел.: (495)400-99-10, факс: (499)233-25-36  
e-mail: vniigochs@vniigochs.ru  
<http://www.vniigochs.ru>

22.05.2018 № 1835-10-4

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Экз. № 2

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

**КАРЕВА Андрея Евгеньевича** на тему:

**«Аппаратурно-методический комплекс для оценки ингаляционного  
поступления радиоактивных газоаэрозольных смесей»,**  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

Диссертационная работа Карева Андрея Евгеньевича посвящена решению актуальных и важных научно-технических задач с целью совершенствования процедур и механизмов оценки доз внутреннего облучения персонала радиационно опасных объектов и населения, проживающего в зонах возможного радиоактивного заражения. Целью диссертационной работы является разработка аппаратурно-методического комплекса для оценки ингаляционного поступления радиоактивных газоаэрозольных смесей на основе экспериментального определения объёмной активности:

аэрозольной фракции с учётом распределения активности аэрозольных частиц по отделам дыхательного тракта;

газовой фракции путём её преобразования в аэрозольную фракцию.

Достижение поставленной в работе цели предусматривается решением следующих научно-технических задач:

1. Повышение точности оценки доз внутреннего облучения персонала радиационно опасных объектов и населения, проживающего в зонах возможного радиоактивного заражения.
2. Разработка метода оценки активности аэрозольных частиц, осаждённых в отделах дыхательного тракта человека, на основе экспериментальных данных, полученных с помощью импактора;
3. Разработка импактора для реализации метода оценки активности аэрозольных частиц, осаждённых в отделах дыхательного тракта человека
4. Разработка способа оценки ингаляционного поступления радиоактивных газоаэрозольных смесей на основе анализа фазового и дисперсного состава указанных смесей;
5. Разработка устройства, состоящего из размещённых последовательно импактора и химического реактора для оценки ингаляционного поступления радиоактивных газоаэрозольных смесей.

В работе чётко определяются объект и предмет исследования. Объектом исследования являются системы оценки ингаляционного поступления радиоактивных газоаэрозольных смесей. Предметом исследования являются методы оценки ингаляционного поступления радиоактивных газоаэрозольных смесей и их инструментальная составляющая.

Актуальность темы диссертации подтверждается фактом востребованности получения информации о характеристиках ингаляционного поступления радиоактивных газоаэрозольных смесей при реализации комплекса мер обеспечения радиационной безопасности персонала радиационно опасных объектов в штатных условиях работы объекта и населения, проживающего в зонах возможного радиоактивного заражения в случае радиационных аварий. Актуальность темы определяется также несовершенством современных методов оценки ингаляционных доз внутреннего радиоактивного облучения, заключающемся прежде всего в наличии существенных неопределённостей и недостаточной точности оценок.

Научная новизна и значимость результатов диссертации заключается в том, что:

разработан метод оценки активности аэрозольных частиц, осаждённых в отделах дыхательного тракта человека на основе экспериментальных данных, полученных с помощью импактора. Метод позволяет оценить активность аэрозольных частиц, осаждённых в различных отделах дыхательного тракта человека независимо от распределения активности аэрозолей по размерам частиц;

разработана конструкция импактора-фантома респираторного тракта человека для реализации метода оценки активности аэрозольных частиц, осаждённых в отделах дыхательного тракта человека. Новизна данного результата подтверждена патентом (RU 2509375 от 10.03.2014 г.);

разработано устройство, состоящее из размещённых последовательно импактора и химического реактора, позволяющее повысить точность оценки дозы внутреннего облучения при ингаляционном поступлении радиоактивных газоаэрозольных смесей. Новизна данного результата подтверждена патентом (RU 2480730 от 27.04.2013 г.).

Практическая значимость диссертационной работы подтверждается следующим:

полученные и установленные в работе характеристики распределения активности аэрозольных частиц по аэродинамическим диаметрам могут быть использованы для расчёта ожидаемых эквивалентных доз внутреннего облучения респираторного тракта персонала при штатном режиме работы радиационно опасного объекта и дозовых коэффициентов для перехода в расчётах от объёмной активности радиоактивных аэрозолей к ожидаемой эффективной дозе внутреннего облучения;

рассчитаны значения ожидаемых эквивалентных доз облучения в год экстраторакального и торакального отделов респираторного тракта персонала на ФГУП «ПО «Маяк», составившие соответственно значения 21 мкЗВ и 1,7 мкЗВ;

дозовые коэффициенты, установленные в результате применения фантома респираторного тракта человека на ФГУП «ПО «Маяк», позволяют устранить возможное систематическое завышение ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения для лиц персонала в 2 раза;

установлено, что распределение активности по аэродинамическим диаметрам аэрозольных частиц в операторской на участке металлургии ХМЗ АО «СХК» носит бимодальный характер со значительным вкладом грубодисперсных аэрозолей в суммарную активность;

полученное в результате применения фантома респираторного тракта человека значение дозового коэффициента для операторской и ремонтной зон на участке металлургии ХМЗ АО «СХК» позволяет устранить возможное систематическое завышение ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения для лиц персонала в 1,6 раза;

с помощью разработанного устройства рассчитана доля газообразного гексафторида урана на СЗ и ЗРИ АО «СХК»;

разработана, аттестована и зарегистрирована в Федеральном информационном фонде по обеспечению измерений под номером ФР.1.31.206.23130 методика измерений «Определение характеристик распределения радиоактивного аэрозоля по размерам с помощью импактора-фантома респираторного тракта человека»;

разработанный аппаратно-методический комплекс может применяться для контроля объёмной активности радиоактивных газоаэрозольных смесей на предприятиях ядерно-топливного цикла в штатном режиме работы объектов, а также для верификации параметров моделей по оценке доз персонала и населения при ингаляционном поступлении газоаэрозольных смесей в результате радиационных аварий.

Полученные результаты достаточно полно апробированы и представлены в публикациях.

При решении научных задач автор получил следующие основные научные результаты, выносимые на защиту:

1. Метод оценки распределения активности аэрозольных частиц, осажденных в отделах дыхательного тракта человека согласно дозиметрической модели Публикации 66 МКРЗ, на основе экспериментальных данных, полученных с помощью импактора, независимо от типа распределения активности аэрозолей по размерам частиц.

2. Конструкция импактора для реализации метода оценки распределения активности аэрозольных частиц по отделам дыхательного тракта человека.

3. Устройство, состоящее из размещенных последовательно импактора и химического реактора, позволяющее повысить точность оценки дозы внутреннего облучения при ингаляционном поступлении радиоактивных газоаэрозольных смесей за счет получения экспериментальных данных о дисперсном составе, о распределении

активности аэрозольных частиц по отделам дыхательного тракта, о фазовом составе газоаэрозольной смеси.

Личный вклад автора соответствует требованиям пункта 10 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», что подтверждается включённым участием автора на всех этапах процесса исследования, самостоятельной разработкой и экспериментальной проверкой методик и способов, непосредственным участием соискателя в обработке и интерпретации результатов исследований, формировании выводов, апробации результатов исследования, внушительным списком опубликованных работ в предметной области.

В результате проведенных исследований автором были лично получены следующие результаты:

метод оценки распределения активности аэрозольных частиц по отделам дыхательного тракта на основе экспериментальных данных, полученных с помощью импактора;

рассчитаны параметры каскадов фантома респираторного тракта человека, создана трехмерная модель внутреннего объема импактора, проведено численное моделирование осаждения аэрозольных частиц на каскадах с помощью программного комплекса STAR-CCM+, получены численные и экспериментальные зависимости эффективности осаждения от аэродинамического диаметра частиц;

проведена апробация фантома респираторного тракта человека в производственных помещениях предприятий ФГУП «ПО «Маяк» (завод 45, цепочка Н, 2013), ХМЗ АО «СХК» (участок металлургии, 2014), СЗ АО «СХК» (производство сырьевого ГФУ, 2017);

рассчитаны параметры, проведено численное моделирование и экспериментальное исследование конструкции устройства, состоящего из размещенных последовательно импактора и химического реактора, для реализации способа оценки ингаляционного поступления радиоактивных газоаэрозольных смесей на основе отдельного анализа фазового и дисперсного состава. В 2017 году проведена апробация данного устройства на СЗ и ЗРИ АО «СХК».

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и результатов обеспечена использованием современных экспериментальных методов исследований,

подтверждением ряда полученных результатов данными, известными из литературы, применением статистических методов оценки полученных расчётных и экспериментальных результатов.

Теоретическая значимость результатов работы заключается в разработке метода оценки активности аэрозольных частиц, осажденных в отделах дыхательного тракта на основе экспериментальных данных, полученных с помощью импактора, позволяющий оценить активность аэрозольных частиц, осажденных в различных отделах дыхательного тракта согласно дозиметрической модели Публикации 66 МКРЗ, независимо от типа распределения активности аэрозолей по размерам частиц.

Материал автореферата изложен простым, доступным и ясным языком, в логической последовательности, в доходчивой форме, позволяющей составить ясное представление о содержании и результатах работы. Аргументация направлений исследования, выводов и заключений убедительная, веская и логичная, подтверждается графическим и табличным представлением и обоснованием полученных результатов.

В целом, автором достигнута поставленная цель и решены предусмотренные задачи. Однако по результатам рассмотрения автореферата считаю целесообразным отметить следующие замечания:

1. Материалы автореферата не позволяют создать ясное представление о содержании учёта в исследовании факта независимости активности аэрозольных частиц от типа распределения активности по размерам частиц. Так при изложении научной новизны автором сообщается о разработке метода, позволяющего оценить активность аэрозольных частиц независимо от типа распределения активности по размерам частиц. В дальнейшем по тексту при изложении значимости и содержания работы указывается на факт учёта данной зависимости данными о том, что распределение активности по аэродинамическим диаметрам аэрозольных частиц установлено на участках производственных объектов и на основе данного факта рассчитываются значения ожидаемых эквивалентных доз. На стр. 9 для определения в формуле (3) предлагается разбить исходное распределение активности по размерам частиц на доли активности, приходящиеся на определённые размерные интервалы.

2. С учётом пояснений к формуле (3) на стр. 9, а также пояснений к формулам (2) и (4) возможно следует предположить, что указанная формула (3) предназначена для

вычисления доли осаждённых полидисперсных аэрозолей, а не доли активности осаждённых частиц.

3. В тексте автореферата отмечается наличие незначительного количества морфологических ошибок и неопределённостей. Например, правильным написанием слов является «газоаэрозольный» и фразы – «завышение ... дозы ... в 1,6 раза».

На стр. 2 в последнем абзаце и далее по тексту целесообразно указать предмет ингаляционного поступления. Видимо, таким предметом является «радиоактивные газоаэрозольные смеси».

На стр. 4 в п. 1 «Задачи работы» и на стр. 6 в п.1 «На защиту выносятся» разработанный в исследовании метод называется по-разному: «Метод оценки активности аэрозольных частиц, ...» и «Метод оценки распределения активности аэрозольных частиц ...». Название «Метод оценки распределения активности аэрозольных частиц ...» имеет некоторую неопределённость в связи с отсутствием информации о факторе, по которому оценивается распределение.

В целом указанные замечания не снижают высокого научного уровня выполненной КАРЕВЫМ Андреем Евгеньевичем работы и ценности полученных результатов. Результаты диссертации можно квалифицировать как решение актуальной научно-технической задачи, связанной с разработкой методов получения более точной информации о характеристиках ингаляционного поступления радиоактивных газоаэрозольных смесей для корректного расчета дозы внутреннего облучения при реализации комплекса мер обеспечения радиационной безопасности персонала радиационно-опасных объектов при штатных условиях работы, а также для оценки радиационного воздействия на персонал и население в случае радиационных аварий.

На основе ознакомления с авторефератом соискателя можно заключить, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача. По научной новизне, научной и практической значимости работа соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор показал способность ставить и решать сложные прикладные научно-технические задачи и заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по

специальности 05.26.02 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ядерный топливно-энергетический комплекс)».

Ведущий научный сотрудник,  
кандидат военных наук,  
старший научный сотрудник (доцент)



И.Л. Садовский

21 мая 2018 года

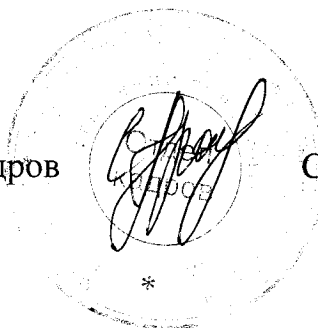
Адрес почтовый: ул. Давыдковская, 7, г. Москва, 121352, Российская Федерация.

Телефон: +7 (499) 233 25 40.

E-mail: [vniigochs@vniigochs.ru](mailto:vniigochs@vniigochs.ru)

Подпись И.Л. Садовского заверяю.

ВРИО Заместителя начальника отдела кадров



С.Н. Прокофьева