

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

АО «Специализированный научно-исследовательский институт

приборостроения» Госкорпорации «Росатом»

И.Ю. Бурцев

« 14 мая 2018 г.



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

о научно-практической значимости диссертационной работы Карева Андрея Евгеньевича «Аппаратурно-методический комплекс для оценки ингаляционного поступления радиоактивных газо-аэрозольных смесей», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.26.02 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ядерный топливно-энергетический комплекс)»

**Актуальность работы.** Диссертационная работа Карева А.Е. посвящена решению важной научной задачи в области радиационной безопасности - повышению точности оценки дозы внутреннего облучения лиц из персонала и населения при ингаляционном поступлении радиоактивных газо-аэрозольных смесей. Помимо отдельных предприятий ЯТЦ, внутреннее облучение, обусловленное ингаляционным поступлением, может выходить на первый план и в случае радиационных аварий, что демонстрирует авария на АЭС «Фукусима-1» 11 марта 2011 года: установлено, что наиболее высокие дозы облучения лиц, участвовавших в ликвидации последствий данной аварии, были получены за счет ингаляционного поступления радиоактивных изотопов йода. Определение дозы внутреннего облучения вследствие ингаляционного поступления радионуклидов сопровождается существенными неопределенностями и вызывает большие трудности, чем оценка дозы внешнего облучения, в частности из-за отсутствия экспериментальной информации о физико-химических характеристиках радиоактивных газо-аэрозольных смесей. С учетом вышеизложенного **актуальность темы** диссертационного исследования не вызывает сомнений.

Основные научные результаты, полученные автором, заключаются в том, что разработан аппаратурно-методический комплекс для оценки ингаляционного поступления радиоактивных газо-аэрозольных смесей, включающий в себя:

1. Метод оценки распределения активности аэрозольных частиц, осажденных в отделах дыхательного тракта согласно дозиметрической модели Публикации 66 МКРЗ, на основе экспериментальных данных, полученных с помощью импактора.
2. Импактор для реализации метода оценки распределения активности аэрозольных частиц по отделам дыхательного тракта.
3. Устройство, состоящее из размещенных последовательно импактора и химического реактора, позволяющее повысить точность оценки дозы внутреннего облучения при ингаляционном поступлении радиоактивных газо-аэрозольных смесей за счет получения экспериментальных данных о дисперсном составе, о распределении активности аэрозольных частиц по отделам дыхательного тракта, о фазовом составе газо-аэрозольной смеси.

**Целью работы** является разработка аппаратурно-методического комплекса для оценки ингаляционного поступления радиоактивных газо-аэрозольных смесей на основе экспериментального определения объемной активности аэрозольной фракции с учетом распределения активности аэрозольных частиц по отделам дыхательного тракта и газовой фракции путем ее преобразования в аэрозоль.

**Научная новизна** диссертационной работы определяется разработкой метода оценки активности аэрозольных частиц, осажденных в отделах дыхательного тракта человека, на основе экспериментальных данных, полученных с помощью импактора. Достоинством метода является его применимость независимо от формы распределения активности по размерам частиц ингалируемого аэрозоля. Представляет интерес разработанное автором устройство, состоящее из размещенных последовательно импактора и химического реактора, позволяющее проводить одновременный анализ дисперсного и фазового состава радиоактивных газо-аэрозольных смесей.

**Достоверность полученных результатов** обеспечена использованием современных экспериментальных методов исследований, а также обеспечена подтверждением ряда полученных результатов данными, известными из литературы.

**Практическое значение работы** заключается в том что, разработанные устройства могут применяться для контроля ингаляционного поступления радиоактивных газо-аэрозольных смесей на предприятиях атомной отрасли (как в штатных, так и в аварийных ситуациях). В диссертации представлены примеры применения разработанного комплекса для исследования физико-химических характеристик радиоактивных аэрозолей на ФГУП «ПО «Маяк», Химико-Металлургическом, Сублиматном заводе и Заводе разделения изотопов АО «СХК». Полученные экспериментальные данные позволили рассчитать дозовые коэффициенты с учетом фактических характеристик радиоактивных аэрозолей на

рабочих местах и, таким образом, устранить систематическое завышение оценки ожидаемых эффективных доз внутреннего облучения персонала (на ФГУП «ПО «Маяк» в 2 раза, на ХМЗ АО «СХК» в 1,6 раз, на Сублиматном заводе АО «СХК» в 3,8 раз).

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, и списка литературы. В главе 1 представлен литературный обзор методов и устройств для оценки дисперсного состава радиоактивных аэрозолей; рассматриваются характеристики известных устройств, моделирующих осаждение аэрозолей в респираторном тракте; представлен обзор методов улавливания радиоактивного рутения, а также обзор работ в области вычислительной гидродинамики. В главе 2 проводилась разработка метода оценки распределения активности аэрозольных частиц по отделам дыхательного тракта на основе экспериментальных данных, полученных с помощью импактора. В главе 3 описан процесс разработки и исследований экспериментальных характеристик импактора-фантома респираторного тракта человека, описана апробация устройства на предприятиях ЯТЦ. Глава 4 посвящена разработке способа оценки ингаляционного поступления радиоактивных газо-аэрозольных смесей на основе отдельного анализа фазового и дисперсного состава. Глава 5 посвящена разработке устройства для реализации способа, описанного в главе 4, описано применение устройства на Заводе Разделения Изотопов АО «СХК» для оценки вклада газообразного гексафторида урана в объемную активность. Диссертация изложена на 141 странице, содержит четыре приложения. Список литературы включает 87 источников, из них 51 в отечественных изданиях и 36 в зарубежных.

Полученные автором результаты прошли многократную апробацию на международных и российских конференциях, опубликованы в 17 печатных работах, в том числе 7 опубликованы в журналах из списка ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, утвержденных ВАК РФ, 2 патента, тезисы 8 докладов в материалах конференций.

#### **Замечания и комментарии**

1. При расчете долей активности, осажденной в респираторном тракте с помощью разработанного метода, автор не использует фактические зависимости эффективности осаждения аэрозольных частиц на каскадах разработанного импактора, что было бы корректно. Это может внести некую дополнительную погрешность, но не внесет существенных изменений в результаты расчета.
2. В табл.1 и 3 не указано значение объемного расхода, для которого приведены значения  $D_{50}$ .

3. Предлагаемый способ преобразования газовой фракции в дисперсную фазу предлагается использовать для улавливания газообразных тетраоксида рутения (реагент – этанол) и гексафторида урана (реагент – водный раствор аммиака). В качестве дальнейшего направления развития работы можно рекомендовать подбор реагента для улавливания газообразного иода, что является весьма актуальным в случае радиационных аварий на АЭС.

Отмеченные недостатки не снижают практическую значимость работы в целом.

Замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором при дальнейшей работе.


### Заключение

Диссертационная работа А.Е. Карева «Аппаратурно-методический комплекс для оценки ингаляционного поступления радиоактивных газо-аэрозольных смесей» является научно-квалификационной работой, в которой решается актуальная задача в области радиационной безопасности – повышение точности оценки дозы внутреннего облучения лиц из персонала и населения при ингаляционном поступлении радиоактивных газо-аэрозольных смесей в различных ситуациях облучения (в том числе аварийных) за счет получения экспериментальных данных о дисперсном составе, о распределении активности аэрозольных частиц по отделам дыхательного тракта, о фазовом составе (соотношение объемных активностей газ/аэрозоль) газо-аэрозольной смеси.

Работа отвечает требованиям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.26.02 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ядерный топливно-энергетический комплекс)».

Отзыв обсужден на заседании научно-технического совета АО «СНИИП», протокол № 1 от 25.04. 2018г.

Составитель отзыва  
Главный конструктор, д.т.н., профессор

 Чебышов С.Б.

Подпись Чебышова С.Б. заверяю.  
Директор по управлению персоналом

 Чубукина Е.В.

« 11 » мая 2018