

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Коржика Михаила Васильевича

на диссертационную работу Хакимова Дилшоода Абдухолимовича «Исследование содержания радона в объектах окружающей среды зоны воздействия Белорусской АЭС и районов урановых хвостохранилищ Узбекистана и разработка методики экспресс определения  $^{222}\text{Rn}$  в водных объектах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

**Соответствие диссертации специальностям и отрасли науки, по которым она представлена к защите, со ссылкой на область исследования паспорта соответствующей специальности, утвержденного ВАК.**

Диссертационная работа Хакимова Д.А. соответствует п. 12 паспорта «Разработка и совершенствование методологии, принципов, средств и методов мониторинга облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения и под влиянием радиационно опасных объектов и объектов ядерной техники» специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

**Актуальность темы диссертации.** Измерение радона в окружающей среде объектов, имеющих отношение к ядерной энергетике и хранению отработанного ядерного топлива позволяет получить объем информации, необходимый для принятия решений по обеспечению безопасности населения для предотвращения избыточного облучения природными и другими источниками ионизирующего излучения. Поэтому тема диссертационной работы и полученные результаты исследований Хакимова Дилшоода Абдухолимовича по содержанию радона в объектах окружающей среды в зоне воздействия Белорусской АЭС и районах урановых хвостохранилищ Узбекистана, основанные на разработанной экспресс-методике определения  $^{222}\text{Rn}$  в водных объектах являются актуальными и вносят существенный вклад в совершенствование методов измерения  $^{222}\text{Rn}$  в объектах окружающей среды.

**Степень новизны результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту.**

Впервые получены экспериментальные данные по содержанию  $^{222}\text{Rn}$  в природной воде колодцев и в воздухе жилых помещений населенных пунктов в зоне воздействия Белорусской АЭС. Установленные уровни содержания  $^{222}\text{Rn}$  в объектах окружающей среды могут быть использованы в качестве количественного показателя содержания радиоактивного  $^{226}\text{Ra}$ , входящего в программу наблюдений Белорусской АЭС.

Впервые получены экспериментальные результаты объемной активности  $^{222}\text{Rn}$  в воздухе сельских населенных пунктов и плотности потока  $^{222}\text{Rn}$  с поверхности почвы в совокупности, являющиеся частью радиационно-

гигиенического мониторинга содержания природных естественных радионуклидов в Самаркандской и Джизакской областях Узбекистана.

Впервые разработан экспресс-метод экспериментального определения удельной активности  $^{222}\text{Rn}$  в воде с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра на основе кристалла  $\text{NaJ}(\text{Tl})$ , отличающийся тем, что спектрометрические измерения и чувствительность к дочерним продуктам распада  $^{222}\text{Rn}$  интерпретируются по  $\gamma$ -линии  $^{214}\text{Bi}$  с энергией 609,3 кэВ. В рамках предложенного метода разработана методика, позволяющая на месте отбора проб оперативно получать экспериментальные результаты содержания  $^{222}\text{Rn}$  в воде в полевых условиях с приемлемой точностью измерений.

### **Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Научные положения, заключения и выводы, сформулированные в диссертации, базируются на большом объеме экспериментального материала, полученного с применением экспериментальных и статистических методов анализа полученных данных. Обработка полученных экспериментальных результатов выполнена корректно.

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректностью постановки задач исследования; использованием современных методов исследований, оборудования и приборов; непротиворечивостью результатов, полученных различными методами.

### **Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию.**

Методологическая и практическая значимость полученных результатов определяются следующими результатами:

- установлены уровни содержания  $^{222}\text{Rn}$  в объектах окружающей среды, которые могут быть использованы в качестве количественного показателя содержания радиоактивного  $^{226}\text{Ra}$ , входящего в программу наблюдений Белорусской АЭС;

- проведен радиационно-гигиенический мониторинг содержания природных естественных радионуклидов в Самаркандской и Джизакской областях Узбекистана;

- разработан экспресс-метод экспериментального определения удельной активности  $^{222}\text{Rn}$  в воде с помощью  $\gamma$ -спектрометра на основе сцинтилляционного кристалла  $\text{NaJ}(\text{Tl})$ , отличающийся тем, что спектрометрические измерения и чувствительность к дочерним продуктам распада  $^{222}\text{Rn}$  интерпретируются по гамма-линии  $^{214}\text{Bi}$  с энергией 609,3 кэВ.

Результаты работы нашли практическое применение и широко используются в практике измерений, что подтверждено соответствующими документами, приложенными к диссертационной работе:

– Акт о практическом использовании результатов исследования в НПУП "АТОМТЕХ", октябрь 2022 г.;

– Акт о практическом использовании результатов исследования в секторе «Экспертной идентификации источников ионизирующего излучения» лаборатории 04 ГНУ «ОИЭЯИ–Сосны», ноябрь 2022 г.;

– Акт о практическом использовании результатов исследования на кафедре ядерной физики и астрономии «Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова», ноябрь 2022 г.;

– Акт о практическом использовании результатов исследования управления санитарно-эпидемиологического благополучия и общественного здоровья Самаркандской области министерства здравоохранения Республики Узбекистан, ноябрь 2022 г.

– Методика выполнения измерений удельной активности Rn-222 в воде с помощью спектрометра МКС-АТ6101С.

Отмечу важный практический аспект разработанной методики. Измерение радона в питьевой воде из колодцев может осуществляться в полевых условиях, что сокращает издержки проведение лабораторных исследований. Методика обеспечивает приемлемую достоверность результатов и может использоваться как экспресс-метод для обеспечения безопасности вблизи объектов атомной энергетики и хранилищ.

#### **Опубликованность результатов диссертации в научной печати.**

Основные результаты диссертации опубликованы в 13 научных работах, из них 5 – в рецензируемых журналах в соответствии с требованиями пункта 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь (4,35 авторского листа), одна статья в научных изданиях, включенных в перечень ВАК Республики Узбекистан. Результаты работы апробированы на пяти международных конференциях, опубликованы 5 тезисов докладов.

#### **Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК**

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требований п. 24, 26 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий (в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 02.06.2022 № 190).

В тексте диссертации приводятся ссылки с указанием авторов и источников, включая диссертации других авторов, материалы которых были использованы, приводятся ссылки на собственные публикации автора, в которых содержатся излагаемые в диссертации материалы. Согласно справке о проверке диссертации на наличие заимствований (15%) диссертационную работу Хакимова Д.А. можно считать самостоятельным научным трудом.

**По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:**

1. Почему не исследовался вопрос герметизации сосудов Маринелли? Можно было использовать, например, силиконовый герметик.
2. В предложенном методе используется только одна гамма-линия (609,3 кэВ  $^{214}\text{Bi}$ ). Можно было бы использовать и  $^{214}\text{Pb}$  352 кэВ. Их можно было бы использовать для формирования характерных сигнатур наличия радона в пробах. Или это не повысило бы точность измерений?
3. Почему решено было использовать стеклянные банки, которые хрупкие при транспортировке и эксплуатации? Почему не рассматривался вариант массово производимой пластиковой тары с герметизирующей резиновой прокладкой и винтовой пробкой? Почему измерения гамма-активности со стеклянными банками выполнялись крышкой вниз (в сторону блока детектирования)?
4. На странице 89 указано: «Предлагаемый метод является одним из наиболее точных и признанных в международном сообществе, что позволяет получать экспериментальные результаты количества  $^{222}\text{Rn}$  в воде в полевых условиях без потери точности измерения на месте отбора проб». Не ясно, речь идёт о методе, разработанном соискателем, или о методе межлабораторного сличения?
5. Н той же странице: «Показано, что концентрации Rn-222 возможно измерять в широком диапазоне (50 -  $10^4$ ) Бк/кг». Нижний предел разработанной методики, видимо, определяется МИА, а чем определялся верхний предел?
6. Очень часто в тексте использованы неправильные кавычки: “ ” вместо « ».
7. Не всегда расшифрованы акронимы и не всегда они внесены в перечень сокращений и обозначений.

Вместе с тем, вышеуказанные замечания не снижают научной ценности представленной работы. В целом, диссертационная работа Хакимова Дилшоода Абдухолимовича выполнена на современном научно-техническом уровне и представляет собой законченное исследование, все полученные результаты являются научно обоснованными. Соискателем проведено обследование значительного количества населенных пунктов Витебской и Гродненской областей Республики Беларусь, а также Самаркандской и Джизакской областей Узбекистана, что позволило сформировать значительную статистическую базу данных по наличию радона в зоне воздействия Белорусской АЭС и в районах урановых хвостохранилищ.

#### **Соответствие (несоответствие) научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует**

Диссертационная работа соответствует отрасли технических наук, а именно формуле п.12 паспорта специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации. Содержание автореферата Хакимова Д. А. соответствует содержанию диссертации.

Убежден, соискателю Хакимову Дилшоду Абдухолимовичу может быть присуждена ученая степень кандидата технических наук по специальности

05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации за следующие полученные научные результаты:

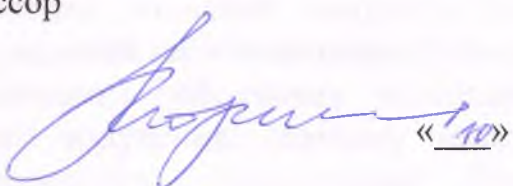
– Совокупность результатов измерения радона в воздухе помещений в населенных пунктах Витебской и Гродненской областях, включая зону воздействия Белорусской АЭС, оценка безопасности населения в соответствии с гигиеническими нормами.

– Совокупность экспериментальных результатов содержания  $^{222}\text{Rn}$  в пробах минеральной воды вблизи урановых хвостохранилищ в Республике Узбекистан (Нурабадский район).

– Результаты измерения плотности потока радона с поверхности почвы и объемной активности радона в воздухе помещений на территории поселков Самаркандской и Джизакской областей Узбекистана.

– Разработку методики экспресс определения содержания  $^{222}\text{Rn}$  в водных объектах с помощью мобильного гамма-спектрометра МКС-АТ6101С, с определением коэффициента чувствительности прибора к  $^{222}\text{Rn}$  и экспериментальным определением минимальной измеряемой активности.

Заведующий лабораторией  
экспериментальной физики высоких энергий  
НИУ НИИ ядерных проблем БГУ,  
доктор физ.-мат. наук, профессор

 Коржик М.В.  
«10» 11 2023

Подпись Коржика М.В.

Удостоверяю:



*Мет. ОК М.В. Коржик*