

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Мостафа Мостафа Юнесс Абдельфатах «Средства воспроизведения единиц объемной и эквивалентной равновесной объемной активности радона», представляемую на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

**Актуальность темы.** Радон является радиоактивным газом и распространен повсеместно. Поэтому важной задачей является измерение его объемной активности. Кроме того, радиационное воздействие на человека в значительной мере оказывают его дочерние продукты распада, что требует измерения эквивалентной равновесной объемной активности радона. При этом официально утвержденный эталон объемной активности радона в России, как и во многих других странах, отсутствует. Целью работы является обоснование и усовершенствование косвенных методов измерения объемной активности (OA) и эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона, а также разработка макетных образцов эталонов воспроизведения этих величин с неопределенностью ниже 3%. Поэтому актуальность работы несомненна.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы, содержащего 109 библиографических ссылок. Общий объем диссертации составляет 145 страниц, содержит 42 рисунка и 19 таблиц.

**Во введении** сформулированы актуальность темы, цель и задачи работы, научная новизна, выносимые на защиту положения, а также научная и практическая значимость.

**В первой главе** дан аналитический обзор имеющихся в литературе экспериментальных и теоретических работ по разработке средств воспроизведения единиц OA и ЭРОА радона. Анализ первичных эталонов объемной активности радона показал, что наиболее прецизионные системы основаны на конденсации радона, напущенного в предварительно вакуумированную камеру, на охлаждаемую до температуры жидкого азота площадку. Измерение активности сконденсированного на площадке радона осуществляется при помощи полупроводникового  $\alpha$ -детектора. При этом неопределенность измерения активности лежит в диапазоне 0.14-1.0%. Такая высокая точность часто избыточна для практических задач.

**Вторая глава** посвящена описанию методических и технических требований к экспериментальным исследованиям. В экспериментах в качестве единого средства измерений OA и ЭРОА радона выбран  $\gamma$ -спектрометр РКГ-01 на базе высокочистого германиевого (HPGe) детектора. В качестве источника радона использовались эманирующие

Вх. № 05-19/1-498  
от 02.12.19г.

источники  $^{226}\text{Ra}$ . В качестве контролирующих приборов использовались радон-мониторы AlphaGUARD PQ2000. Приводятся схемы экспериментов: проточная и замкнутая, и определены их преимущества и недостатки. Описываются методы градуировки  $\gamma$ -спектрометра и способы расчета ОА. Для определения ЭРОА предложено использовать метод Кузнецова.

В третьей главе приведены характеристики разработанных средств воспроизведения ОА и ЭРОА радона. Для приборов, работающих в проточном режиме, стандартная неопределенность, измеренная по линиям  $^{214}\text{Bi}$ , оказалась равной 1.8%. Для прибора, работающего в замкнутом режиме, неопределенность составила большую величину 3.7%, что связано с меньшим коэффициентом эманирования используемого источника  $^{226}\text{Ra}$ . Проведен анализ возможных источников неопределенности единиц измерения и определены пути их уменьшения.

В четвертой главе приводятся методы аттестации исследованных средств измерения. Показано, что точность поверки единиц ОА определяется суммарной неопределенностью самого средства воспроизведения единицы ОА и неопределенностью, обусловленной пуассоновским распределением зарегистрированных импульсов. Точность единицы ЭРОА зависит от конструктивных особенностей поверяемого прибора.

В заключении сформулированы основные результаты работы, дополнительно обосновывающие объективность защищаемых положений, научной новизны и практической значимости.

Список литературы содержит очень полную библиографию по вопросам, рассмотренным в работе.

**Анализ защищаемых положений.** В работе представлены к защите четыре положения. Все они являются новыми результатами проведенных автором исследований. Все положения убедительно доказаны в тексте диссертации.

Автореферат соответствует тексту диссертации.

**Замечания по работе.** 1) на стр.60 диссертации величина  $Ch$  обозначена, как номер канала, а в полиноме (2) в степень возводится только  $h$ .

2) На стр.91 указывается, что стандартная неопределенность оценивается по типу A, а затем по типу B. Что означают эти типы в диссертации не приводится.

**Заключение.** Описание результатов выполнено грамотно, а приведенный анализ подтверждает корректность защищаемых положений. Основные результаты доложены на представительных конференциях и опубликованы в авторитетных научных журналах. Это обстоятельство, а также использование аттестованного экспериментального оборудования и

проведение автором дублирующих экспериментов подтверждает достоверность результатов работы. Диссертация и автореферат оформлены надлежащим образом и хорошо читаемы. Указанные выше замечания не оказывают влияния на ценность работы в целом.

Материалы диссертации могут быть использованы как справочные данные и найти применение в области радиационной физики, приборостроения и радиационного мониторинга окружающей среды. Диссертация соответствует п.2. «Разработка новых принципов и методов измерений физических величин, основанных на современных достижениях в различных областях физики и позволяющих существенно увеличить точность, чувствительность и быстродействие измерений. Разработка и создание научной аппаратуры и приборов для экспериментальных исследований в различных областях физики» и п.4 «Исследование фундаментальных ограничений на точность измерений» паспорта специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

В целом, диссертационная работа Мостафа Мостафа Юнесс Абдельфатах является законченным научным исследованием, по своей актуальности, новизне и практической значимости соответствует специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики по физико-математическим наукам, а также требованиям п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ", предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Мостафа Мостафа Юнесс Абдельфатах заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Даю согласие на обработку персональных данных.

Официальный оппонент, ведущий научный сотрудник лаборатории квантовой электроники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, адрес: 620016 г. Екатеринбург, ул. Амундсена, д. 106, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.05-Оптика, профессор, телефон (343)2678779, электронная почта: [plasma@iep.uran.ru](mailto:plasma@iep.uran.ru)

 Соломонов Владимир Иванович

Подпись Соломонова В.И. заверяю

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики Уральского отделения Российской академии наук (адрес: 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, 106, сайт [www.iep.uran.ru](http://www.iep.uran.ru)) кандидат физико-математических наук

27 ноября 2019 г.





Кокорина Елена Евгеньевна