

α · β

VS

ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ НА ИЗМЕРЕНИЕ РАДИОАКТИВНОЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ АЛЬФА - И БЕТА - АКТИВНЫМИ НУКЛИДАМИ

Элёр ХИКМАТОВ

- Ведущий специалист лаборатории измерений ионизирующих излучений государственного учреждения «Узбекский национальный институт метрологии»

Азамат ТАУБАЛДИЕВ

- Специалист лаборатории измерений ионизирующих излучений государственного учреждения «Узбекский национальный институт метрологии»

В данной статье представлены результаты измерений, проведённых в лаборатории ионизирующих излучений, загрязнённости поверхности альфа - и бета - радионуклидами. Были выявлены закономерности изменения возможности детектирования частиц при изменении расстояния между детектором и источником загрязнения. Даны практические руководства измерения загрязнённости поверхности.

Ключевые слова: загрязнённость поверхности, радионуклиды, блок детектирования, радиационная безопасность, измерение, поток частиц, активность.

This article presents the results of measurements carried out in the laboratory of ionizing radiation, surface contamination with alpha and beta radionuclides. The patterns of change in the possibility of detecting particles with a change in the distance between the detector and the source of pollution were revealed. Practical guidelines for measuring surface contamination are given.

Keywords: surface contamination, radionuclides, detection unit, radiation safety, measurement, particle flow, activity.

Введение. Оценка радиоактивного загрязнения поверхности составляет важную часть применения норм безопасности при работе с открытыми источниками излучения. Радиоактивное загрязнение — загрязнение местности и находящихся на ней объектов радиоактивными веществами.

Радиоактивное загрязнение поверхности означает присутствие радиоактивных веществ на поверхности в количестве, превышающем уровни общего загрязнения 0,4 Бк/см² для бета-излучающих

радионуклидов (10 бета-част/см²·мин) и 0,04 Бк/см² для альфа-излучающих радионуклидов (1 альфа-част/см²·мин) [1]. Радиационная опасность для здоровья населения и окружающей среды от данных поверхностей может сохраняться в течение многих лет, особенно от долгоживущих радионуклидов, таких как Cs - 137 и Sr - 90, с периодами полураспада 30,17 и 28,8 лет соответственно [2].

Радиоактивное загрязнение поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудо-

вания, транспортных средств, а также кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты персонала является значимым фактором радиационного воздействия на персонал при проведении работ с использованием открытых источников ионизирующего излучения. Важность этого фактора радиационной обстановки возрастает при проведении ремонтных работ со вскрытием технологического оборудования. Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей позволяет обнаружить факт поступления радиоактивных веществ из технологического оборудования в помещения [3].

Характер поверхностного радиоактивного загрязнения определяется следующими факторами:

- 1) природой поверхности;
- 2) радиоактивной средой, контактирующей с поверхностью;
- 3) состоянием поверхности и качеством ее обработки;
- 4) химическими свойствами и состоянием радионуклидов;
- 5) концентрацией радиоактивного вещества;
- 6) физико-химическими условиями контакта [4].

Радиоактивные вещества, сосредоточенные на загрязненных поверхностях, формируют дозу облучения персонала за счет:

- внешнего гамма - облучения всего тела;
- бета - облучения кожных покровов и хрусталика глаза;
- поступления радиоактивных веществ в организм через органы дыхания и кожные покровы [5].

Опыт многих измерений загрязнённости поверхности, показывает, что при различных расстояниях между детектором и источником загрязнённости, результат измерений различен.

Методы. Для определения расстояния, при котором результат измерений будет отвечать техническим характеристикам прибора, проведены измерения с помощью дозиметра – радиометра ДКС – 96 (рис.1) с блоками детектирования БДЗБ -99 площадью активной поверхности детектора 30 см² и БДЗА – 96 площадью активной поверхности детектора 70 см² с основной погрешностью ±20%.



Рис.1. Дозиметр – радиометр ДКС – 96 и блоки детектирования: а) БДЗБ -99, б) БДЗА – 96

Широко используемый дозиметр-радиометр ДКС - 96, отличается надежностью и большим выбором блоков, позволяющих решать все основные задачи дозиметрии и радиометрии во всех областях деятельности человека. Обеспечивает оперативное измерение всех основных величин, характеризующих радиационную обстановку, и проведение работ по поиску источников всех основных видов ионизирующих излучений.

При выполнении измерений и последующих расчётов применялись следующие формулы [6, 7].

Формула вычисления плотности потока $\Phi_0, \text{min}^{-1} \text{cm}^{-2}$:

$$\Phi_0 = n/S_{\text{актив}} \cdot 60,$$

где n – поток частиц (альфа – и бета – частицы), s^{-1}
 $S_{\text{актив}}$ – активная площадь детектора, cm^2 .

Формула вычисления погрешности прибора:

$$\delta = (\Phi - \Phi_0) / \Phi_0 \cdot 100\% .$$

Результаты. В таблице 1 приведены результаты измерений плотности потока бета частиц детектором БДЗБ - 99. Детектор размещался на расстоянии 0 mm и 5 mm от источника Sr – 90, активностью $A = 105,0 \text{ Bq}$ и потоком бета частиц $n = 145,6 \text{ s}^{-1}$.

Таблица 1

Расстояние источника от детектора			
0 mm		5 mm	
Плотность потока $\Phi, \text{min}^{-1}\text{cm}^{-2}$	Среднее значение плотности потока $\Phi, \text{min}^{-1}\text{cm}^{-2}$	Плотность потока $\Phi, \text{min}^{-1}\text{cm}^{-2}$	Среднее значение плотности потока $\Phi, \text{min}^{-1}\text{cm}^{-2}$
251	243,6	193	198,6
247		193	
243		207	
231		200	
246		200	

В таблице 2 приведены результаты измерений плотности потока альфа частиц детектором БДЗА - 96. Детектор размещался на расстоянии 0 и 5 mm от источника Pu – 239, активностью $A = 257,7 \text{ Bq}$ и потоком частиц $n = 125,6 \text{ s}^{-1}$.

Таблица 2

Значение плотности потока в зависимости от расстояния для альфа – активного радионуклида Pu – 239

Расстояние источника от детектора			
0 mm		5 mm	
Плотность потока Φ , $\text{min}^{-1}\text{cm}^{-2}$	Среднее значение плотности потока Φ , $\text{min}^{-1}\text{cm}^{-2}$	Плотность потока Φ , $\text{min}^{-1}\text{cm}^{-2}$	Среднее значение плотности потока Φ , $\text{min}^{-1}\text{cm}^{-2}$
158	156	119	122
159		121	
157		124	
152		124	
155		122	

Анализ. Сравнение между двумя значениями плотности потока бета частиц, показывает, что при увеличении расстояния между детектором (БДЗБ – 99) и источником (Sr -90) уменьшается способность детектирования частиц.

Погрешности при измерении на расстоянии 0 и 5 mm составили 16,3% и 31,8% соответственно. Погрешность уменьшается с уменьшением расстояния.

Сравнение между двумя значениями плотности потока альфа частиц, показывает, что при увеличении расстояния между детектором (БДЗА – 96) и источником (Pu -239) уменьшается способность детектирования частиц.

Погрешности при измерении на расстоянии 0 и 5 mm составили 45,3% и 13,4% соответственно. Погрешность увеличивается с уменьшением расстояния.

Выводы. При измерении и анализе результатов установилась закономерность: при отдалении источника от активной поверхности детектора, способность регистрации частиц уменьшается как для альфа, так и для бета частиц. Данная зависимость объясняется тем, что при отдалении источника, частицы испытывают рассеяние и площадь разлёта частиц больше, чем активная площадь детектора – не все частицы улавливаются детектором.

Ослабление воздухом, альфа частиц гораздо сильнее, чем бета частиц. Соответственно, при приближении и отдалении альфа источника, показания увеличиваются в большей степени, чем при таком же приближении или отдалении бета источника.

Для точности измерений необходимо уточнять расстояния детектирования, в диапазоне, которых технические характеристики соответствовали бы характеристикам, указанных в технической документации прибора. Технические характеристики, как например погрешность, может быть больше при близком расположении источника от детектора, чем дальнем его расположении. Этим объясняется увеличение погрешности блока детектирования БДЗА – 96 при уменьшении расстояния.

При проведении поверки и калибровки следует также указывать расстояние, при котором проводились измерения.

Список литературы

- [1] МУ 2.6.5.032-2017 Методические указания. 2.6.5. Атомная энергетика и промышленность. Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей
- [2] Xoubi N. Assessment of environmental radioactive surface contamination from a hypothetical nuclear research reactor accident. Heliyon, 6(9), e04968. 2020.
- [3] Xoubi N. HotSpot 3.1.2 General Plume radioactive surface contamination. Mendeley Data. 2020:1.
- [4] Kulagina T.A., Shelenkova V.V. Methods of decontamination of surfaces contaminations, J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol., 2017, 10(3).
- [5] Monitoring of Radioactive Contamination on Surfaces, Technical Reports Series No. 120, IAEA, Vienna (1970).
- [6] ГОСТ 8.041-84 Радиометры загрязненности поверхностей альфа-активными веществами
- [7] ГОСТ 8.040-84 Радиометры загрязненности поверхностей бета-активными веществами

ЗНАЕТЕ ВЫ?

Радиоактивное загрязнение

Радиоактивное загрязнение — загрязнение местности и находящихся на ней объектов радиоактивными веществами.

Радиоактивные загрязнения происходят при:

- выпадении радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва и наведённой радиации, обусловленной образованием радиоактивных изотопов в окружающей среде под воздействием мгновенного нейтронного и гамма-излучений ядерного взрыва; поражает людей и животных главным образом в результате внешнего гамма- и (в меньшей степени) бета-облучения, а также в результате внутреннего облучения (в основном альфа-активными нуклидами) при попадании радионуклидов в организм с воздухом, водой и пищей.
- техногенных авариях (утечках из ядерных реакторов, утечках при перевозке и хранении радиоактивных отходов, случайных потерях промышленных и медицинских радиоисточников и т. д.) в результате рассеяния радиоактивных веществ; характер загрязнения местности зависит от типа аварии.

Основные загрязняющие радиоактивные компоненты

Йод-131 — является бета- и гамма-радиоактивным, период полураспада — около 8 суток. В связи с бета-распадом, 131I вызывает мутации и гибель клеток, в которые он проникает, а также — окружающих тканей на глубину нескольких миллиметров. Концентрируется в основном в щитовидной железе.

Стронций-90 — период полураспада — примерно 28,8 года. В окружающую среду ^{90}Sr попадает преимущественно при выбросах с АЭС и ядерных взрывах. Крайне опасен. Откадывается, в основном, в костных тканях (костях).

Цезий-137 — период полураспада — 30 лет. Один из главных компонентов радиоактивного загрязнения биосферы. Выброс ^{137}Cs в окружающую среду происходит в основном в результате аварий на предприятиях атомной энергетики и испытаний ядерного оружия.

Кобальт-60 — период полураспада примерно равен 5,3 года.

Америций-241 — период полураспада примерно равен 433 годам.