

УДК 539.1.074

СПЕКТРОМЕТР АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГАЗОРАЗРЯДНОГО ДЕТЕКТОРА

*Креденцер С.В., ст., Кудленко В.Г., к.ф.-м.н., доц.**Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, г. Луганск**91034 м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20а,**E-mail: uni@snu.edu.ua*

Наведений опис спектрометра альфа-випромінення на основі лічильника СИ9А. Його характеристики дозволяють ідентифікувати продукти розпаду радону у повітрі.

Ключові слова: газорозрядний лічильник, спектрометрія альфа-випромінення, радонова небезпека.

Here is presented the description of system for alpha spectroscopy on a basis of the counter СИ9А. Its characteristics allow to identify the products of radon's decay in the air.

Keywords: gas-discharge counter, alpha-spectrometry, radon danger.

Введение. В обществе уже осознают, что радоновая опасность является крупной и непростой комплексной проблемой, т.к. радиоэкологические процессы, вызываемые радоном, происходят на трех структурных уровнях материи: ядерном, атомно-молекулярном и макроскопическом. Поэтому решение ее подразделяется на задачи диагностики и технологии последующей нейтрализации воздействия радона на человека и биологические объекты.

Анализ предыдущих исследований.

1. Характеристики распада радона

Земная кора с самого начального момента своего образования содержит естественные радиоактивные элементы (ЕРЭ), создающие естественный радиационный фон [1]. В горных породах, почве, атмосфере, водах, растениях и тканях живых организмов присутствуют радиоактивные изотопы калия-40, рубидия-87 и члены трех радиоактивных семейств, берущих начало от урана-238, урана-235 и тория-232.

Единственным газообразным продуктом, который рождается в процессе распада трех семейств ЕРЭ, является радон. Наибольший вклад в газовую составляющую ЕРЭ вносят радиоактивные семейства урана-238 и тория-232, цепочки распада которых приводят к появлению изотопов радона (рис. 1).

Радон Rn^{86} - элемент восьмой группы периодической системы Менделеева, газ без цвета и запаха, радиоактивен; химически почти нейтрален (благородный газ), в 7,5 раза тяжелее воздуха. Известны три природных α -активных изотопа радона, принадлежащих к радиоактивным семействам урана, тория и актиния – радон, торон и актинон (Rn^{222} , Rn^{220} и Rn^{219}) с периодами полураспада соответственно около 3,8, 55 и 3,9 суток. Из них лишь первые два имеют гигиеническое значение и представляют основной интерес с точки зрения радиационной безопасности (РБ) [2].

По данным ООН, радон вместе со всеми продуктами распада ответственен примерно за 3/4 годовой индивидуальной эффективной дозы облучения, получаемой населением от Земных источников радиации [3].

Радон-222 встречается в природе в 20 раз чаще, чем радон-220, а содержание в природе актинона и вовсе ничтожное, т.к. соотношение урана-238 и урана-235 в месторождениях равно 0,00725. Поэтому, говоря о радоне, подразумевают, прежде всего, радон-222. Ядра радона-222 при радиоактивном распаде излучают альфа-частицы, превращаясь в ядра полония-218, при альфа-распаде которых получается свинец-214. При бета-распаде этого радионуклида образуется висмут-214, который, в свою очередь, превращается в полоний-214 путем бета-распада. При альфа-распаде последнего возникает относительно долгоживущий свинец-210 (с периодом полураспада 22,3 года) и далее – стабильный изотоп свинца-206 в качестве конечного продукта.

Радон и торон присутствуют, как и его материнские нуклиды, во всех строительных материалах и горных породах [4]. Образующийся в процессе распада инертный газ тотчас же диффундирует через капилляры грунта, микротрещины горных пород, захватывается потоками других газов и, несмотря на ограниченное время жизни, может транспортироваться на значительные расстояния в Земной коре и Земной атмосфере. Причем естественная убыль этих газов за счет процессов выделения из материалов



Рисунок 1 – Цепочки распада урана-238 (а) и тория-232 (б)

(процесс эманации – выделение из кристаллической решетки и процесс эксхалиции – испарение или выделение с поверхности) и естественного распада постоянно компенсируется за счет распада радия и тория, присутствующих в данном материале.

Цель работы. Создание спектрометра альфа-излучения на основе газоразрядного детектора.

Материал и результаты исследований.

2. Экспериментальная установка

Для изучения спектров тяжелых заряженных частиц широкое применение нашли ионизационные камеры (ИК) [5]. С их помощью получают неплохое энергетическое разрешение $\approx 1\%$ для α -частиц с энергией около 5 МэВ.

Ширина линии в ИК с ионным собиранием обусловлена, главным образом, флуктуациями в числе пар ионов и шумами предварительного усилителя. Но такие камеры являются очень «медленными».

Гораздо лучшие временные характеристики имеют газоразрядные детекторы, работающие в режиме с газовым усилением. Такие детекторы, работающие как пропорциональные счетчики, можно использовать для целей спектрометрии. В них изменение потенциала нити (анода) относительно катода будет определяться соотношением:

$$\Delta U = M \cdot N \cdot q / C, \quad (1)$$

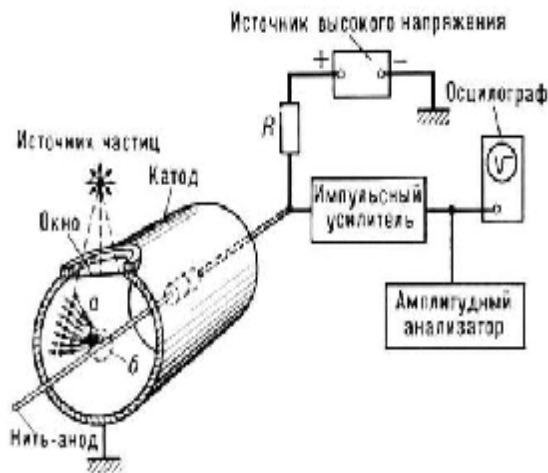
где N - число пар первичных ионов, образованное в рабочем объеме счетчика ионизирующей частицей; q - заряд электрона; C - электрическая емкость анод-катод счетчика; M характеризует газовое усиление.

Коэффициент газового усиления $M \approx 10^3 - 10^4$, но иногда может достигать и 10^6 , а амплитуда выходного импульса 10^2 В. Главным недостатком пропорциональных счетчиков является сильная зависимость амплитуды импульса от состава газовой смеси и приложенного напряжения, а также недостаточно высокое временное разрешение [6]. При работе с полным импульсом разрешающее время определяется временем дрейфа положительных ионов к катоду. Это время по порядку величины равняется 10^{-4} с.

Для идентификации продуктов распада радона мы создали спектрометр альфа-излучения на основе газоразрядного счетчика СИ9А. Структурная схема спектрометра представлена на рис. 2, а, а внешний вид на рис. 2, б. Основное внимание было уделено стабильности источника высокого напряжения, выполненного по схеме высоковольтного преобразователя (рис. 3). В нем на интегральном таймере DA1 собран генератор, работающий на частоте около 2,5 кГц. Прямоугольные импульсы с низкоомного выхода таймера поступают на повышающий трансформатор Т1. На выходной обмотке трансформатора эффективное значение переменного напряжения составляет примерно 100 В. К этой обмотке подключен выпрямитель на диодах VD2—VD9, выполненный по схеме умножения напряжения.

Измерение зависимости выходного напряжения преобразователя при изменении напряжения пита-

ния от 11,5 до 12,5В с шагом 0,05В, показало, что приемлемая стабильность наблюдается в интервале входного напряжения 11,6–12,2В. Это значит, что простая стабилизация источника питания обеспечивает требуемую стабильность высокого напряжения необходимого для работы детектора в режиме с газовым усилением.



а)



б)

Рисунок 2 – Структурная схема альфа-спектрометра (а) и его внешний вид (б)

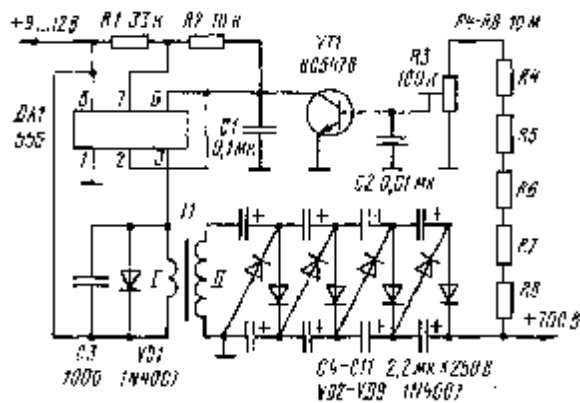


Рисунок 3 – Схема высоковольтного преобразователя

3. Экспериментальные результаты и их обсуждение:

Для того, чтобы убедиться, что детектор работает в пропорциональной области, была получена зависимость номера канала N_k , в котором наблюдается пик альфа-излучения изотопа Pu^{239} , от напряжения U на счетчике (рис.4). Точками и треугольниками отмечены данные, полученные в разные дни. Мы использовали в качестве рабочей, область напряжений 280–320В.

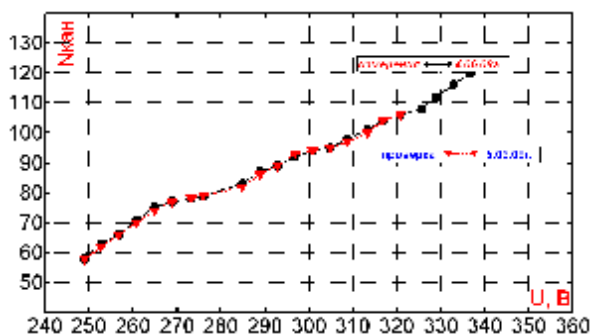


Рисунок 4 – Зависимость номера канала (N_k) от напряжения U на счетчике

Для обнаружения продуктов распада радона мы прокачивали пылесосом воздух через фильтры марки АФА-В-18 для анализа аэрозолей в течение 30 мин. Большее время прокачки не даст лучших результатов, т.к. поступление новых радиоактивных радиоаэрозолей начнет компенсироваться их убылью за счет распада аэрозолей, собранных на фильтре.

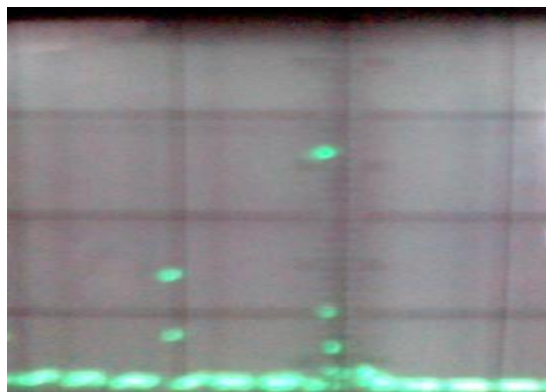


Рисунок 5 – Спектр продуктов распада радона

Затем фильтр помещался перед входным окошком детектора спектрометра в том же месте, где и контрольный источник. Полученные спектры альфа-излучения (рис. 5) содержат две линии.

Если предположить, что они принадлежат таким продуктам распада радона, как Po^{218} и Po^{214} , можно проверить, действительно ли детектор спектрометра работает в пропорциональной области.

Зависимость номера канала N_k , в котором фиксируется α -пик, от энергии альфа-частиц показана на рис. 6. Она представляет прямую линию. Это значит, что созданный спектрометр можно использовать для определения энергии альфа-излучения и, в частности, для обнаружения продуктов распада радона.

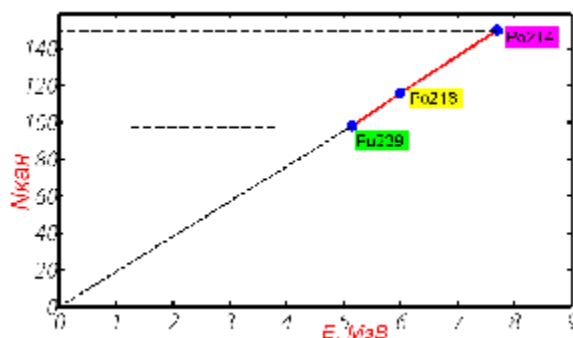


Рисунок 6 – Градуировочная кривая спектрометра

Выводы. Для анализа содержания радона в воздухе сконструирован спектрометр альфа-излучения на основе газоразрядного счетчика СИ9А. Исследование характеристик спектрометра показало на возможность его применения для анализа спектров альфа-излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуковский М.В., Ярмошенко И.В. Радон: Измерение, дозы, оценка риска.- Екатеринбург: УрО РАН ИПЭ, 1997. - 231 с.
2. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 257 с.
3. Peto J. Darby S. Lung Cancer – Radon Risk Reassessed // Nature, 1994, V. 368. - P. 97–98.
4. Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка.- Л.: Недра, 1989. - 404 с.
5. Альфа-, бета-, и гамма-спектроскопия. /Под ред. К. Зигбана. Вып.1.- М.: Атомиздат, 1968. - 567с.
6. Волков В.Г., Христофоров В.А., Ушаков Н.П. Методы ядерной спектрометрии.- М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.

Статья надійшла 30.09.2008 р.
Рекомендовано до друку д.ф.-м.н., проф.
Слізаровим О.І.

