

МЕТОД ЭКСПРЕССНОГО АНАЛИЗА СОДЕРЖАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОБАХ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ И РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРОМЫСЛОВ

На основании экспериментальных результатов проведенных ранее исследований в данной работе предлагается методика экспрессного определения удельной эффективной активности радионуклидов в пробах стройматериалов и пробах радиационно-экологического мониторинга для нефтедобывающих промыслов. На основании полученных данных можно сделать вывод, что для оценки верхней границы содержания Ra^{226} в пробах можно проводить измерения по энергетической линии 186 КэВ без двухнедельной выдержки.

В некоторых научно-исследовательских задачах, связанных с мониторингом радиационного состояния окружающей среды, требуется определить присутствие и удельную активность радионуклидов уран-ториевого ряда. Для этого в основном применяется метод гамма-спектрометрического анализа. Суть его состоит в том, что идентифицировать радиоактивные элементы и рассчитать их активность можно по форме энергетического спектра гамма-излучения пробы. Нуклидный состав определяется по наличию характеристических пиков, а расчет активности радионуклидов проводится по площади пика и пиков его дочерних продуктов.

Измерения, проводимые на гамма-спектрометрических комплексах, обычно подразделяются на три группы [1]:

1. Исследование соответствия объекта тем или иным критериям или нормам. Это относится к измерению содержания $C_s - 137$, $C_s - 134$ и $S_r - 90$ в продуктах питания, измерению радиоактивности строительных материалов, исследованию на принадлежность произвольных материалов к радиоактивным отходам, исследованию радиоактивности почв на предмет допустимости проживания людей на указанной территории и т. д.

2. Определение значения активностей радионуклидов в объектах с максимально возможной точностью. Проводится с целью получения информации, наиболее полно характеризующей объект. Может проводиться при сертификации объектов или метрологической аттестации образцовых мер.

3. Измерения, проводимые с исследовательскими целями. Проводятся с целью получения некоторой специальной информации, например наличия или отсутствия в объекте какого-либо радионуклида, определения отношений активностей нуклидов и т. д.

Часто требуется получение оперативных результатов содержания радионуклидов для предварительной оценки. В этом случае применение данного метода становится невозможным. Это связано с тем, что согласно методики выполнения гамма-спектрометрических измерений пробу необходимо выдержать не менее двух недель в герметично закрытом контейнере для установления радиоактивного равновесия U^{238} (Ra^{226}) и Th^{232} с дочерними продуктами распада.

В связи с этим возникает проблема экспрессного определения удельной активности радионуклидов без двухнедельной выдержки. Учитывая, что Ra^{226} имеет собственную характеристическую гамма-линию ($E = 186$ КэВ), возможно получение оценочных результатов без наступления радиоактивного равновесия.

В настоящее время в гамма-спектрометрии используются в основном два типа спектрометров: сцинтилляционные и полупроводниковые, – разделяемые по типу детектора, используемого в спектрометре [2]. У каждого из этих видов детекторов есть свои достоинства и недостатки, но полупроводниковые детекторы обладают более высокой разрешающей способностью по сравнению со сцинтилляционными. Это позволяет более точно проводить анализ радионуклидного состава и определять активность отдельных нуклидов.

Наиболее эффективными из полупроводниковых спектрометров являются спектрометры с детекторами, выполненными из германия [3]. Германий с его высоким атомным номером и большим сечением поглощения гамма-квантов оптимально подходит для регистрации фотонов как высокой, так и низкой энергии. В последнее время появились детекторы из высокочистого германия, обладающие еще более высокой разрешающей способностью и широким энергетическим диапазоном, кроме того, дефекты крис-

таллической решетки и доля примесей сведены до минимума.

В полупроводниковом детекторе пробег электрона, образованного гамма-квантом, полностью укладывается в рабочем объеме. Амплитуда импульса на сопротивлении нагрузки детектора строго пропорциональна энергии электрона и может служить мерой энергии гамма-кванта.

Данная работа проводилась на спектрометрическом комплексе, состоящим из:

а) детектирующей системы на базе полупроводникового детектора из высокочистого германия типа GEM – 40190 – S;

б) спектрометрического усилителя и многоканального анализатора импульсов 92X «Spektrum Master»;

в) высоковольтного блока питания;

г) системы визуализации и обработки спектра.

Детектор поглощает энергию падающего кванта и создает токовый импульс, чей интеграл пропорционален поглощенной энергии. Этот импульс интегрируется, преобразуется в импульс напряжения и формируется предусилителем, входящим в состав детектирующей системы. Дополнительное формирование и усиление сигнала обеспечиваются спектрометрическим усилителем. Выходные импульсы с усилением подаются на многоканальный анализатор импульсов, где они сортируются и запоминаются в каналах в соответствии с их амплитудами. Спектр, набранный в многоканальном анализаторе, представляет собой зависимость числа отсчетов в канале как некоторую функцию амплитуды импульса. Далее спектр из ячеек анализатора считывается системой визуализации и обрабатывается.

В связи с тем, что предусилитель, расположенный непосредственно на кристалле детектора, чрезвычайно чувствителен к скачкам высокого напряжения, питание на спектрометрический комплекс подается через источник бесперебойного питания APC 1250.

Для определения активности радионуклида в счетном образце по измеренному спектру его гамма-излучения предварительно производятся калибровки спектрометра образцовыми мерами активности. В результате калибровки определяется энергетическая зависимость эффективности регистрации в пиках полного поглощения гамма-квантов, испускаемых образ-

цовыми мерами. Для учета поглощения гамма-квантов в материале объемной меры производится определение энергетических зависимостей эффективности регистрации гамма-квантов по нескольким наборам образцовых объемных мер с различной плотностью материала наполнителя. В проведенном исследовании калибровка проводилась в геометрии Маринелли (образцовые меры помещены в цилиндрический сосуд с соосным цилиндрическим отверстием для детектора). Для калибровки использовались меры с активностью в диапазоне 2700-5000 Бк, изготовленные на основе рабочих эталонов 1-го разряда растворов радионуклидов En^{152} , Am^{241} и Th^{232} . Меры герметично упакованы в пластиковые сосуды Маринелли объемом 1 дм^3 . Активность калибровочного источника выбиралась, исходя из условия, чтобы при наборе спектра «мертвое время» не превышало (4-5)%. «Мертвое время» – это доля общего времени набора спектра, при котором из-за объективных свойств электронных устройств сигналы с усилителя не проходят на вход спектрометра. Количество и радионуклидный состав калибровочных источников выбиралась исходя из того, чтобы в интервале энергий 50-235 КэВ было получено не менее четырех значений эффективности, отвечающих разным энергиям регистрируемых гамма-квантов. Причем энергии должны соответствовать началу, середине и концу энергетического диапазона. В интервале энергий 235-2000 КэВ должно быть получено не менее трех значений эффективности, отвечающих тем же требованиям.

Анализ зависимости активности Ra^{226} и его дочерних продуктов распада проводится на осадках и отложениях с аппаратов установок первичной переработки нефти. Пробы готовились в соответствии с установленной методикой. Фракционный состав, плотность проб с течением времени не изменялись. Удельные активности проб выбирались в пределах до 1000 Бк/кг (по суммарной активности). При сопоставлении результатов измерений одной пробы можно было исключить статистическую, температурную и систематическую погрешности [4]. Измерения проводились без двухнедельной выдержки ежедневно с определением удельной активности по линиям 186 КэВ (Ra^{226}), 609,3 КэВ (Bi^{214}) и 352 КэВ (Pb^{214}). Время измерения для каждой пробы составило 18 000 с.

Полученные экспериментальные данные показали, что значения удельной активности, измеренные по энергии 186 КэВ (Ra^{226}), с течением времени слабо росли, практически укладывались в линейную зависимость. Результаты, полученные при измерении удельной активности пробы по линиям Pb^{214} и Bi^{214} , имели более сложную зависимость. В течение первых двух-трех суток наблюдалось резкое снижение активности (на 18-20%). После достижения минимума значения начали плавно расти по экспоненте. На 14-ый день активность, определяемая по линиям Pb^{214} и Bi^{214} , была сопоставима с активностью, определяемой по линии Ra^{226} , что еще раз подтвердило достаточность двухнедельной выдержки пробы для установления радиоактивного равновесия вместо 30 суток [5]. На основа-

нии полученных результатов можно сделать вывод, что для получения верхней границы оценок содержания Ra^{226} в пробах можно проводить измерения без двухнедельной выдержки по линии 186 КэВ (Ra^{226}).

Результаты, приведенные в данной работе, положены в основу разработки методики экспрессного определения удельной эффективной активности радионуклидов в пробах строительных материалов и радиационно-экологического мониторинга для нефтедобывающих промыслов.

Данная методика разработана впервые в отечественной практике и позволяет в короткое время получать информацию о максимальном содержании Ra^{226} в пробе, что очень важно при обработке большого количества материала.

Список использованной литературы:

1. Обеспечение радиоактивной опасности, дозиметрический и радиационный контроль. Курс лекций / Под ред. А.Г. Талая. – Екатеринбург. Издательство УГГГА, 2000. – 191 с.
2. Друзягин А.В., Исаков А.П., Романцова В.П., Ткаченко В.В. Измерения содержания гамма-излучающих радионуклидов на сцинтилляционных и полупроводниковых гамма-спектрометрах // Анри. – 1992. – №3, с. 12-16.
3. Акимов Ю.К., Игнатьев А.В., Калинин А.И., Кушнирук В.Ф. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 282 с.
4. Зубова О.Н., Федоров Г.А. Гамма-спектрометрия объектов внешней среды. Погрешность результатов и минимальная измеряемая активность // Анри. – 1995. №3/4. С. 52-58.
5. ГОСТ 30108-94. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности радионуклидов. Введ. 01.01.95 М.: Издательство стандартов, 1995. – 300 с.