

## Измерение удельной активности природных радионуклидов в строительных материалах с применением носимых и стационарных сцинтилляционных спектрометров-радиометров

Основную часть облучения население получает от естественных источников радиации, которые создают более 80 % годовой эффективной эквивалентной дозы. Основные радионуклиды, встречающиеся в горных породах, являющихся главными источниками строительных материалов – радиоактивные семейства  $^{238}\text{U}$ ( $^{226}\text{Ra}$ ) и  $^{232}\text{Th}$ , а также радионуклид  $^{40}\text{K}$ , гамма-излучение которых определяет внешнее облучение населения.

Нормами радиационной безопасности НРБ-99 установлены требования к ограничению природного облучения населения. В соответствии с ними все строительные материалы, добываемые на месторождениях или являющиеся побочными продуктами или отходами промышленности, по эффективной удельной активности  $A_{\text{эфф}}$  разделены на 4 класса. В соответствии с основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности НРБ-99 контроль за содержанием природных (естественных) радионуклидов (ЕРН) в стройматериалах и изделиях обязаны осуществлять организации-производители.

Правила контроля  $A_{\text{эфф}}$  регламентированы межгосударственным стандартом ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов», который устанавливает экспрессный и лабораторный методы определения удельной эффективной активности. Средствами контроля  $A_{\text{эфф}}$  ЕРН являются гамма - спектрометры и радиометры спектрометрического типа, включенные в Государственный реестр, имеющие необходимое метрологическое и методическое обеспечение.

### 1. Экспрессный метод контроля

Экспрессный метод предназначен:

- для предварительной оценки горных пород в карьерах в условиях их естественного залегания, выделения блоков горных пород по классам  $A_{\text{эфф}}$  с целью их последующей селективной выемки;

- периодического и входного контроля сыпучих строительных материалов и строительных изделий.

В качестве средств контроля применяют носимые сцинтилляционные спектрометры-радиометры, обеспечивающие нижнюю границу определения  $A_{\text{эфф}}$  не более 100 Бк/кг и предел основной погрешности определения  $A_{\text{эфф}}$  не более 30 %.

В строительной отрасли, как правило, применяют радиометры-концентраметры спектрометрического типа РКП-305 (РКП-305М, РКП-305МС, РКП-306), произведенные заводом «Геологоразведка» и соответствующие требованиям ГОСТ 30108-94. Выпуск этой морально устаревшей аппаратуры прекращен более 10 лет назад. Эти приборы, как правило, физически изношены и требуют частого ремонта.

Фирмой «Атомтех» налажен выпуск носимого сцинтилляционного спектрометра МКС-АТ6101Д. Блок детектирования (БД) содержит сцинтиллятор NaI(Tl) размером  $\varnothing 40 \times 50$  мм. МКС-АТ6101Д имеет лучшие метрологические характеристики по сравнению с РКП-305 -основная относительная погрешность определения  $A_{\text{эфф}}$  составляет 15%, а нижняя граница диапазона -50 Бк/кг. Кроме того, МКС-АТ6101Д имеет светодиодную систему автоматической регулировки усиления (АРУ), что позволило избежать применения радионуклидного источника в системе АРУ и его регулярной замены. Запоминающее устройство блока детектирования предназначено для хранения 300 измеренных спектров. Спектрометр калиброван на государственных стандартных образцах (насыщенных по гамма-излучению моделях урана-радия, тория и калия) ФГУ НПП «Геологоразведка» и позволяет производить определение  $A_{\text{эфф}}$  ЕРН в геометриях

2л ср и 4л ср.



Переносной гамма-бета спектрометр «Прогресс-БГ (П)», производимый ООО НПП «Доза», по сравнению с МКС-АТ6101Д, имеет размер сцинтиллятора NaI(Tl)  $\varnothing 40 \times 50$  мм, более низкую чувствительность измерений и калиброван только в геометрии 4л ср.

Порядок проведения контроля регламентирует ГОСТ 30108-94. Следует отметить, что основной дополнительной погрешностью измерения во многих случаях является неучтенное влияние бокового излучения от зданий, строительных материалов, изделий, горных пород. Поэтому предпочтительно использовать при контроле сыпучих материалов геометрию 4л ср, размещая детектор на глубине 0,5 м от поверхности материала.

Процесс эманирования приводит к потере части излучателей в ряду Ra-226 и к уменьшению радиевой составляющей гамма-излучения. В этом случае удельную активность радия-226 умножают на поправочный коэффициент, зависящий от вида строительного материала. Для щебня его величина составляет 1,05; песка - 1,1; глины - 1,3.

При контроле горных пород и сыпучих материалов вне пределов помещений выпадение осадков, которые содержат гамма-излучающие дочерние продукты распада Rn-222, может привести к образованию на поверхности стройматериалов излучающего слоя с

эквивалентной удельной активностью Ra-226 до 100 Бк/кг при сильном дожде, до 50 Бк/кг при среднем и до 10-30 Бк/кг при слабом. Проведение измерений разрешается не ранее, чем через 2,5 часа после прекращения осадков и распада дочерних продуктов Rn-222.

По результатам экспрессного метода контроля с учетом погрешности измерений производится предварительное заключение о классе материала

Компания «НТЦ Радэк» в 2010 г. выпускает на рынок переносной сцинтилляционный спектрометр МКСП-01 «Радэк» с размером сцинтиллятора 63x63 (БДЭГ-63) и 80x80 мм (БДЭГ-80). Его отличительной особенностью является возможность использования прибора как в полевом, так и в лабораторном исполнении. Для работы в полевых условиях спектрометр помещается в специальный термозащитный кожух. Для связи с ПК или карманным ПК (смартфоном) используется встроенный адаптер Blue Tooth. Для привязки к местности спектрометр снабжен GPS приемником, установленным в крышку кожуха. Спектрометр имеет энергонезависимую память, куда автоматически сохраняются спектры. Как и МКС-АТ6101Д, МКСП-01 снабжен системой АРУ. Для проведения измерения на крышке спектрометра предусмотрена только одна кнопка и в тяжелых полевых условиях необходимость ношения средств оперативной обработки отсутствует



## 2. Лабораторный метод контроля

Лабораторный метод предназначен для:

- окончательного установления класса строительного материала;
- уточнения класса строительного материала, если экспресс-методом получено верхнее граничное значение  $A_{эфф}$  для соответствующего класса;
- сертификации продукции.

В качестве средств контроля применяют стационарные сцинтилляционные гамма-спектрометры (спектрометры-радиометры, радиометры спектрометрического типа), обеспечивающие нижнюю границу диапазона измерения удельной активности каждого радионуклида не более 50 Бк/кг и относительную погрешность определения  $A_{эфф}$  не более 20% при доверительной вероятности 0,95.

Таким требованиям отвечают четыре сцинтилляционных гамма-спектрометра (см. табл.), производимые в Российской Федерации и Республике Беларусь

Таблица

Тип спектрометра	Фирма-производитель	Размер детектора NaJ(Tl), мм	Минимально измеряемая активность, Бк		
			Ra-226	Th-232	K-40
Спектрометр-радиометр МКГБ-01 «Радэк»	ООО «НТЦ Радэк»	∅ 80x80	5	4	35
Гамма-радиометр спектрометрического типа РКГ-АТ1320	УП «Атомтех» Республика Беларусь	∅ 63x63	10	10	50
Спектрометр энергий гамма-излучения СЕС-ТЕ-001 «Прогресс-Гамма»	НПП «Тетра»	∅ 63x63	8	7	40
Универсальный спектрометрический комплекс «Гамма Плюс»	ЗАО «НТЦ Экспертцентр»	∅ 63x63	8	5	40



Минимально измеряемая активность определена для продолжительности измерения 1 час, объемном весе проб  $1 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ , объеме счетного образца  $1 \text{ дм}^3$  и относительной статистической погрешности 50% для доверительной вероятности 0,95.

Порядок проведения контроля, отбор и подготовку проб из стройматериалов проводят в соответствии с ГОСТ 30108-94, а подготовка счетных образцов регламентируется методиками выполнения измерений (МВИ).

Все спектрометры укомплектованы необходимым вспомогательным оборудованием, набором калибровочных источников. Основная геометрия измерений – сосуд Маринелли объемом  $1 \text{ дм}^3$ .

Измерения спектров гамма-излучения, их обработку и расчет удельной активности ЕРН производят в соответствии с (МВИ), утвержденными в установленном порядке для каждого типа спектрометра.

Программное обеспечение позволяет осуществлять контроль работоспособности спектрометрического тракта и стабильность метрологических характеристик аппаратуры. Калибровка спектрометров проводится с помощью объемных мер активности специального назначения (ОМАН). Относительная погрешность определения калибровочных коэффициентов не превышает 10% ( $P=0,95$ ).

Программы обработки спектров обеспечивают автоматический учет плотности проб; расчет удельной активности, эффективной удельной активности и расчет погрешности каждого радионуклида и  $A_{\text{эфф}}$  с доверительной вероятностью 0,95.

В заключение следует отметить, что существуют два способа подготовки счетных образцов. В соответствии с ГОСТ 30108-94, после необходимых подготовительных операций, пробу помещают в контейнеры (сосуды Маринелли) которые тщательно герметизируют и выдерживают в лабораторных условиях не менее 15 дней, после чего производят измерения.

Далеко не всегда возможна такая пауза, которая может тормозить производственный процесс. В этом случае проводят необходимую подготовку проб, включая дробление до размера зерен менее 5 мм и высушивания, а затем помещают в сосуды Маринелли и проводят измерение без герметизации. Удельную активность радия-226 умножают на поправочный коэффициент 1,3, учитывающий возможное отсутствие равновесия и равный максимальному значению для экспрессного метода контроля, и затем рассчитывают  $A_{\text{эфф}}$  и погрешность  $A_{\text{эфф}}$ .