

# Радиационный контроль минералов и материалов

А. К. БРОВЦЫН, А. Н. СИЛАНТЬЕВ, К. А. СИЛАНТЬЕВ

Приведены результаты гамма-спектрометрического анализа минералов и материалов.

*The results of gamma-spectrometry analysis of different minerals and materials are exposed.*

В современных условиях развития общества важное значение приобретает обеспечение надежной защиты человека от ионизирующих воздействий радиоактивных веществ в жилье, административных и производственных цехах предприятий, окружающей природной среде.

Природные источники радиоактивного излучения образуются без участия человека. Это прежде всего долгоживущие радионуклиды, в частности,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$  и продукты их распада, которые вносят основной вклад в облучение человека, причем естественный фон излучения в различных регионах страны колеблется в большом диапазоне.

Искусственные радионуклиды образуются в процессе эксплуатации атомных электростанций (АЭС) и промышленных предприятий, загрязняют окружающую среду и концентрируются в верхних горизонтах почвы, на поверхности зданий и сооружений, в водных средах.

По различным оценкам специалистов коллективная доза облучения населения страны от природных радионуклидов значительно выше, чем от искусственных.

В 1995 г. введены в действие стандарты, сертифицирующие строительные материалы, изделия и лесопroduкцию по радиационному признаку. В 1996 г. приняты «Закон о радиационной безопасности населения» и «Нормы радиационной безопасности» (НРБ—96), в которых определены требования и ответственность должностных лиц за обеспечение защиты персонала предприятий и населения от радиационных воздействий [1—4].

С целью выявления степени радиационной безопасности человека при обращении с минералами в данной статье приведены результаты фрагментарных исследований представительных проб ряда месторождений и продукции некоторых предприятий Калужской, Курской, Кемеровской и Воронежской областей России, Украины, а также для сравнения — материалов некоторых фирм Австрии, Финляндии и Болгарии.

Исследования проводили в Обнинском институте атомной энергетики и научно-производственном объединении «Тайфун» с участием ГНЦ РФ ОНПП «Технология», Михайловского горно-обогатительного комбината (МГОК) и аккредитованных лабораторий радиационного контроля Московского инженерно-физического института и Смоленской АЭС.

Содержание радионуклидов природного происхождения в минералах и материалах контролировали при помощи гамма-спектрометрического анализа, основы которого изложены в [5, 6]. Пробы анализировали на установке ADCAM 100 фирмы EG&G ORTEC (США), в которой детектором служит сверхчистый германиевый коаксиальный детектор диаметром 58 и высотой 64 мм с разрешающей способностью 2,5 кэВ на линии 662 кэВ  $^{137}\text{Cs}$ . Эта установка прошла государственную метрологическую аттестацию.

Так как практически невозможно отградуировать установку по всем встречающимся вариантам размеров препарата, его плотности и элементного состава, то для учета перечисленных выше условий рассчитывали эффективность регистрации  $\gamma$ -излучения, испускаемого препаратами широкого диапазона геометрических размеров, плотностей и различных коэффициентов поглощения.

Результаты расчета сравнивали с результатами измерений для калибровочных источников, изготовленных и аттестованных во ВНИИФТРИ, и калибровочного водного раствора в широком диапазоне энергии  $\gamma$ -излучения при различных геометрических условиях измерений. Кроме этого, выполняли интеркалибрационные измерения препарата, присланного Департаментом Энергии США и содержащего радионуклиды  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  и  $^{234}\text{U}$ . Результаты расчета указанных и интеркалибрационных измерений согласуются в пределах 5 %.

При проведении исследований анализировали как содержание радионуклидов, так и химический, минералогический, гранулометрический состав минералов и материала-

Таблица 1  
Средние данные фрагментарных исследований по определению содержания природных радионуклидов в минералах

Материалы	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг			Регион
	$^{40}\text{K}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	
Максимовские бентонитовые глины	900	71	73	Калужская область
Муратовский известковый щебень	40	90	18	
Товарковская глина	282	29	38	
Митинский песок	310	24	8	
Келловейские глины МГОК	790	43	41	Курская область
Батские глины МГОК	807	47	57	
Хвосты МГОК	313	2	1	
Кварцевый песок МГОК	51	6	3	
Китайский кварцевый песок	39	21	2	Кемеровская область
Латненские глины	68	60	86	Воронежская область Украина
Часов-ярские глины	453	60	47	

Таблица 2

**Средние данные фрагментарных исследований  
по определению содержания природных радионуклидов  
в материалах**

Материалы	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг			Регион, фирма
	<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	
Керамзитовый гравий из максимовской бентонитовой глины	1013	115	104	Калужская область
Керамика из часов-ярских глин	592	64	110	
Кирпич красный сплошной	652	37	50	
Измельченные келловейские глины МГОК	740	31	51	Курская область
Железорудные окатыши МГОК	62	5	0	
Сухая штукатурная смесь для стен сырых помещений	400	19	20	«Vetonit TT» (Финляндия)  «Vetonit VH» (Финляндия) «KERABOND» (Австрия) «Vetonit KLINKKERILAA-ST» (Финляндия)
Сухая шпаклевочная смесь для стен сырых помещений	29	6	6	
Клей для пола и стен	473	11	14	
Клей для бассейнов	614	23	25	
Бентонит для фильтрации вин	331	65	175	Болгария
Активированный бентонит для бурения скважин	197	110	130	
Керамическая плитка	308	120	55	

**Примечание к табл. 1 и 2.** Среднемировые значения активности ионизирующих излучений: <sup>40</sup>K — 370 Бк/кг, <sup>226</sup>Ra — 26 Бк/кг, <sup>232</sup>Th — 26 Бк/кг.

лов в строгом соответствии с требованиями действующих стандартов и НРБ—96. Погрешность определения активности радионуклидов в пробах не превышала 20 %.

Результаты экспериментальных исследований обобщены в табл. 1, 2. Видно, что келловейские, батские, часов-ярские, латненские и максимовские глины по содержанию природных радионуклидов значительно превышают среднемировые значения и находятся на пороге и выше действующих норм безопасности для человека. Например, из приведенных данных следует, что максимовские бентонитовые глины недопустимо использовать для изготовления керамзитового гравия и применять его в жилищном строительстве любой формы собственности, так как ионизирующий фон керамзитового гравия превышает действующие нормы. Поэтому требуется коренное усовершенствование всей технологии по разработке, переработке и использованию этого сырья.

Результаты исследований подтверждают необходимость проведения на предприятиях комплексных радиоэкологических обследований существующих технологий от месторождений до конечной продукции, на их основе принятия эф-

фективных мер по снижению уровня ионизирующих излучений на всех этапах и технологических переделах, внедрения комплекса мероприятий по защите персонала и населения (систем проветривания, надежных индивидуальных защитных средств и др.).

Одновременно проводили экспрессные исследования по обогащению некоторых минералов. Было установлено, что одним из возможных и перспективных путей снижения содержания радионуклидов в минералах и материалах является принципиально новая технология азродинамического обогащения с азрогидрорежимами и многоцелевыми установками для ее реализации [7—19].

В сложившихся технико-экономических условиях и имеющихся тенденциях развития внешних экономических связей целесообразно при создании систем радиационного контроля идти по пути широкого сотрудничества, применения накопленного отечественного и зарубежного опыта, использования научно-технической базы региональных специализированных и аккредитованных лабораторий радиационного контроля институтов, АЭС и ряда предприятий, а для получения радиационно-чистых минералов и материалов — совершенствовать технологии разработки и переработки на основе применения азрогидродинамического обогащения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Нормы радиационной безопасности (НРБ—96).** Гигиенические нормативы. ГН 2.6.1.054—96. — М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
2. **Контроль** внутреннего облучения персонала атомных станций. Методические указания. — М., 1986.
3. **ГОСТ 30108—94.** Материалы и изделия строительства. Определение удельной и эффективной активности естественных радионуклидов.
4. **ГОСТ 50801—95.** Древесное сырье, лесоматериалы, полуфабрикаты из древесины и древесных материалов.
5. **Силантьев А. Н.** Спектрометрический анализ радиоактивных проб внешней среды. — Л.: Гидрометеиздат, 1969.
6. **Маханько К. П., Силантьев А. Н., Шкуратова И. Г.** Контроль за радиоактивным загрязнением природной среды в окрестностях АЭС. — Л.: Гидрометеиздат, 1985.
7. **Пат. 2001705 РФ / А. К. Бровцын // Изобретения.** — 1993. — № 39, 40.
8. **Пат. 2007229 РФ / А. К. Бровцын // Изобретения.** — 1994. — № 3.
9. **Пат. 2008982 РФ / А. К. Бровцын // Изобретения.** — 1994. — № 5.
10. **Пат. 2008983 РФ / А. К. Бровцын // Там же.**
11. **Пат. 2010624 РФ / А. К. Бровцын // Изобретения.** — 1994. — № 7.
12. **Пат. 2010625 РФ / А. К. Бровцын // Там же.**
13. **Пат. 2010626 РФ / А. К. Бровцын // Там же.**
14. **Пат. 2012426 РФ / А. К. Бровцын // Изобретения.** — 1994. — № 9.
15. **Пат. 2030929 РФ / А. К. Бровцын // Изобретения.** — 1995. — № 8.
16. **Пат. 2042440 РФ / А. К. Бровцын // Изобретения.** — 1995. — № 24.
17. **Пат. 2042441 РФ / А. К. Бровцын, В. И. Сергеечев // Там же.**
18. **Пат. 2047401 РФ / А. К. Бровцын // Изобретения.** — 1995. — № 31.
19. **Пат. 2047402 РФ / А. К. Бровцын // Там же.**