

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Partial investigation of mineral raw samples and production of Russian and Belarussian enterprises on its base have been carried out to reveal for a human being when appeal with mineral and building materials.

Проблемы радиационной безопасности населения включают вопросы воздействия на человека как искусственных, так и природных источников ионизирующего излучения. По оценкам специалистов [1], природные радионуклиды, прежде всего, долгоживущие радионуклиды – калий-40, радий-226 (его продукты распада – радон-222 и торон-220), торий-232, наиболее опасны для людей, поскольку с течением времени они создают значительную дозу облучения, что негативно влияет на здоровье человека и экологическое благополучие. Наиболее весомым из всех естественных источников радиации является радон, ответственный примерно за половину дозы, получаемой от всех естественных источников радиации.

Поскольку население развитых стран, в том числе и Беларуси, большую часть времени проводит внутри жилых и производственных помещений, на дозу от природных источников облучения существенно влияют радионуклиды, содержащиеся в строительных материалах, из которых построены здания, а также радоноопасность территории, на которой оно построено.

Проблема радона особенно актуальна для Беларуси, поскольку более 40% ее территории относится к разряду радоноопасных. Это связано как с неглубоким залеганием генерирующих радон гранитоидов кристаллического фундамента, так и с широким развитием активных разрывных нарушений, дренирующих глубинные зоны выделения (эманирования) радона [2].

Содержание природных радионуклидов во многих видах минерального сырья, как импортируемого, так и местного, используемого в промышленности строительных материалов (каолины, огнеупорные и тугоплавкие глины, пегматиты, граниты, доломиты, мел и др.) превышает среднемировые значения. Карьеры и шахты, отвалы и хвосты производств, склады сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в ряде случаев являются источниками ионизирующего излучения. Запасы же радиационно чистого минерального сырья ограничены и постепенно истощаются, а в силу перераспределения радиоактивных веществ, обусловленного антропогенным фактором, возможно как локальное, так и глобальное их

загрязнение. При дальнейшем развитии промышленности радиоэкология и безопасность в системе «минеральное сырье – материалы и продукция – население» имеет тенденцию дальнейшего ухудшения.

Ухудшение характеристик окружающей среды, связанное с присутствием, перераспределением и возможностью локального концентрирования природных источников облучения в среде обитания, требует принятия соответствующих мер контроля законодательно-правового, нормативного и организационно-технического характера.

Основополагающим документом, определяющим правовые основы решения данной задачи в рамках глобальной проблемы обеспечения радиационной безопасности населения, является Закон Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения».

В соответствии с этим законом под радиационной безопасностью населения понимается состояние защищенности настоящего и будущего поколения людей от вредных для здоровья воздействий ионизирующего излучения. Закон устанавливает право граждан на радиационную безопасность. Это право обеспечивается за счет проведения комплекса мероприятий по предотвращению радиационного воздействия на организм человека ионизирующего излучения.

Для обеспечения радиационной безопасности при воздействии радионуклидов законом предписывается проведение производственного контроля строительных материалов, проектирование, строительство, приемка и эксплуатация зданий и сооружений с учетом гамма-излучения природных радионуклидов. Закон запрещает использование строительных материалов и изделий, не отвечающих требованиям к обеспечению радиационной безопасности. Закон предусматривает административную гражданско-правовую ответственность за невыполнение требований по обеспечению радиационной безопасности.

На основании вышеупомянутого закона утверждены и введены в действие «Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000)». В них содержатся подробные требования к ограничению облучения населения техногенными и природ-

ными источниками и к мерам контроля за выполнением этих норм. В НРБ-2000 учтены новые рекомендации Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) и Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ).

НРБ-2000 предусматривает ограничения облучения населения от отдельных природных источников. В частности, при проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, чтобы мощность дозы гамма-излучения от строительных конструкций и материалов не превышала мощности дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч. Эквивалентная равновесная объемная активность радона не должна превышать значения 100 Бк/м³. В эксплуатируемых зданиях должны проводиться защитные мероприятия, если в них мощность дозы превышает на 0,2 мкЗв/ч мощность дозы на открытой местности.

В этой связи актуальным и своевременным является проведение радиационного мониторинга минерального сырья и строительных материалов, а также научных исследований, направленных на разработку необходимых мер по совершенствованию технологии производства, снижению и смягчению радиационного риска, своевременной и надежной защите населения.

При проведении выборочного радиометрического анализа в работе исследовались некоторые виды сырьевых материалов строительной индустрии, а также продукция на их основе (см. таблицу). Фрагментарные исследования проб минерального сырья и готовой продукции на его основе предприятий Беларуси и России проведены согласно ГОСТ 30108–94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов» (принят МНТКС 17.06.2000 г.). Данный стандарт устанавливает экспрессный и лабораторный методы определения удельной эффективной активности естественных радионуклидов (ЕРН) в строительных материалах и изделиях с учетом их биологического воздействия на организм человека по формуле

$$A_{эф} = A_{Ra} + 1,3 \cdot A_{Th} + 0,007 \cdot A_K, \quad (1)$$

где A_{Ra} и A_{Th} – удельная активность радия-226 и тория-232, находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов Бк/кг; A_K – удельная активность калия-40, Бк/кг.

Строительные материалы и изделия подразделяются на классы:

I класс – эффективная удельная активность ($A_{эф}$) природных радионуклидов не должна превышать 370 Бк/кг. Материалы могут использоваться в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях;

II класс – эффективная удельная активность ($A_{эф}$) природных радионуклидов не должна превышать 740 Бк/кг. Материалы могут использоваться в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений;

III класс – эффективная удельная активность ($A_{эф}$) природных радионуклидов не должна превышать 1350 Бк/кг. Материалы могут использоваться в дорожном строительстве вне населенных пунктов;

IV класс – эффективная удельная активность ($A_{эф}$) природных радионуклидов 1350–4000 Бк/кг. Вопрос об использовании материалов решается в каждом случае отдельно по согласованию с республиканским органом санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

При $A_{эф} > 4000$ Бк/кг материалы не должны использоваться в строительстве.

Определение удельных активностей ЕРН в образцах проводилось с помощью радиометрической установки на основе сцинтилляционного 4-х канального гамма-радиометра РУГ-91М на навесках, отобранных из представительной пробы.

Обработка и оценка погрешности измерений Δ_j осуществлялись в соответствии с методикой выполнения измерений отдельно для каждой навески и для каждого ЕРН. Абсолютная погрешность определения значений $A_{эф}$ рассчитывается по формуле

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{Ra}^2 + 1,7 \cdot \Delta_{Th}^2 + 0,007 \cdot \Delta_K^2}, \quad (2)$$

где Δ_j – погрешность определения удельной активности j -го радионуклида в пробе, оцениваемая в соответствии с методикой выполнения измерений.

За результат определения удельной эффективной активности ЕРН в контролируемом материале и установления класса материала принимается значение, вычисляемое по формуле

$$A_{эф} = A_{эф} + \Delta. \quad (3)$$

Одновременно с этим проводились химический и гранулометрический анализы минералов в соответствии с требованиями действующих стандартов.

**Содержание природных радионуклидов в пробах
минерального сырья и продукции на его основе**

Наименование материала	Удельная активность, Бк/кг			A _{эфф} , Бк/кг	± Δ, Бк/кг
	Ra-226	Th-232	K-40		
Минеральное сырье					
Каолин месторождения «Глушковичи» (Беларусь, Гомельская обл.)	168,1 ± 33,6	20,2 ± 4,0	466,0 ± 93,2	236,31	34,89
Каолин месторождения «Ульяновское» (Россия)	160,2 ± 32,0	225,3 ± 45,1	290,2 ± 58,0	479,33	67,12
Бентонит месторождения «Максимовское» (Россия)	71,0 ± 14,2	73,2 ± 14,6	900,0 ± 180,0	247,20	28,12
Глина месторождения «Туровское» (Беларусь, Брестская обл.)	21,0 ± 4,2	53,4 ± 10,7	618,0 ± 123,6	146,01	17,87
Глина «Грушаны» (Беларусь, Гродненская обл.)	39,1 ± 7,8	29,9 ± 6,0	790,0 ± 158,0	149,12	17,23
Глина «Городок» (Беларусь, Гомельская обл.)	58,1 ± 11,6	38,1 ± 7,6	83,1 ± 16,6	115,01	15,32
Глина «Липняги» (Беларусь, Витебская обл.)	124,0 ± 24,8	41,1 ± 8,2	1288,1 ± 257,6	293,40	34,55
Глина «Кабачки» (Беларусь, Витебская обл.)	26,7 ± 5,34	46,1 ± 9,2	400,0 ± 80,0	122,63	14,74
Глина «Ново-Лукомль» (Беларусь, Витебская обл.)	34,9 ± 7,0	53,1 ± 10,6	769,0 ± 153,8	173,14	19,07
Глина «Гайдуковка» (Беларусь, Минская обл.)	66,0 ± 13,2	28,0 ± 5,6	641,9 ± 128,4	160,21	18,52
Доломит «Руба» (Беларусь, Витебская обл.)	15,1 ± 3,0	15,1 ± 3,0	46,1 ± 9,2	38,88	4,99
Доломит ОАО «Доломит» (Беларусь, Брестская обл.)	23,0 ± 4,6	18,0 ± 3,6	150,0 ± 30,0	59,90	7,04
Мел природный (Беларусь, Гродненская обл.)	31,1 ± 6,2	4,2 ± 0,8	27,4 ± 5,5	38,63	6,30
Песок кварцевый Гомельского ГОК (Беларусь)	25,0 ± 5,0	19,0 ± 3,8	160,0 ± 32,0	64,10	7,53
Песок кварцевый «Гожа» (Беларусь, Гродненская обл.)	27,0 ± 5,4	24,1 ± 4,8	227,0 ± 45,4	78,63	9,09
Гранит природный (Беларусь, Брестская обл.)	160,1 ± 32,0	118,0 ± 23,6	1400,0 ± 280,0	445,50	50,20
Гранодиорит природный (Беларусь, Брестская обл.)	126,0 ± 25,2	75,0 ± 15,0	882,1 ± 176,4	302,89	35,15
Метадиабаз природный (Беларусь, Брестская обл.)	39,1 ± 7,82	10,8 ± 2,2	145,1 ± 29,0	66,20	8,68
Глауконит природный (Беларусь, Брестская обл.)	34,2 ± 6,8	6,7 ± 1,3	297,9 ± 59,6	69,72	8,60
Шлак вограночный (Беларусь, Минск)	—	13,1 ± 2,6	53,0 ± 10,6	21,80	3,50
Продукция					
Шамотный порошок (Россия)	130,2 ± 26,0	285,0 ± 57,0	54,0 ± 10,8	505,56	78,74
Кирпич керамический (Беларусь, Минск)	37,0 ± 7,4	50,1 ± 10,0	652,0 ± 130,0	160,81	18,52
Керамзитовый гравий (Беларусь, Витебская обл.)	35,1 ± 7,0	58,2 ± 11,6	644,0 ± 128,8	168,72	19,85
Керамзит (Беларусь, Минск)	125,1 ± 25,0	104,5 ± 20,9	1120,1 ± 224,0	361,76	41,46
Кирпич силикатный (Беларусь, Минск)	13,3 ± 2,7	19,9 ± 4,0	203,9 ± 40,8	57,52	6,79
Плитка керамическая глазурованная (Беларусь, Минск)	120,1 ± 24,0	55,4 ± 11,1	308,1 ± 61,6	219,85	28,49

Полученные системные анализы на радиационное качество карьерных материалов и готовой продукции свидетельствуют о том, что исследованные материалы являются низкорadioактивными объектами и согласно НРБ-2000 относятся к I и II классу опасности могут использоваться в строительстве.

Исследования глинистого сырья, используемого в производстве бытовой керамики, кирпича, черепицы, облицовочной керамики, пористых заполнителей и т. д., показали, что величина эффективной удельной активности ($A_{эф}$) зависит от дисперсности, минерального и химического состава сырья. Чем больше в глинистых породах тонкодисперсных минералов группы каолинита и монтмориллонита, тем выше содержание в них природных радионуклидов. Кроме того, высокой активностью обладают глины, отличающиеся большим содержанием гумусовых веществ.

Анализ $A_{эф}$ показывает, что основной вклад в суммарную гамма-активность глинистых материалов вносят все исследованные радионуклиды: калий-40, радий-226 и торий-232, причем активность долгоживущих природных радионуклидов глин белорусских месторождений перекрывает среднемировые значения в некоторых случаях в несколько раз.

Изучение степени радиоактивного загрязнения магматических горных пород показало, что $A_{эф}$ гранитов Микашевичского месторождения в несколько раз выше активности гранодиоритов и метадиабазов того же месторождения. В силу генезиса и геохимических особенностей залегания магматических горных пород эффективная удельная активность в пределах месторождения, и даже в пределах одной партии сырья, может изменяться в широких пределах – от 66 до 445 Бк/кг и выше. В настоящее время данные материалы широко используются в строительстве в качестве наполнителей бетонов, при производстве стеновых строительных материалов и т. д. Вследствие неравномерности распределения естественных радионуклидов в сырье его применение возможно лишь при условии селективной добычи и организации радиометрического контроля всего технологического процесса.

В ходе исследований определено, что в процессе переработки глинистого сырья в продукцию, например при получении керамзита, керамического кирпича, облицовочной плитки и других подобных материалов происходит изменение эффективной удельной активности ($A_{эф}$). При обжиге керамических изделий содержание

радионуклидов увеличивается по отношению к сырцу на 5–40% вследствие изменения массы изделий в процессе термической обработки. Значительное изменение удельной активности наблюдается в материалах, где одним из основных компонентов являются выгорающие добавки, например сапропель, золы ТЭЦ и др., введение которых приводит к увеличению радиоактивности материалов в десятки раз.

Как уже отмечалось выше, проблема обеспечения радонобезопасности актуальна для Беларуси. Нормативная база обеспечения радонобезопасности определена НРБ-2000, в котором нормируется объемная активность радона в зданиях и сооружениях, а также «Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002)». В соответствии с ОСП-2002 при выборе участков территорий под застройку жилых домов и зданий социально-бытового назначения предпочтительны участки с плотностью потока радона с поверхности грунта не более 80 мБк/(м²·с). Для строительства зданий производственного назначения плотность потока радона не должна превышать 250 мБк/(м²·с). При превышении на строительной площадке нормируемых значений плотности потока радона в проектируемом здании должны предусматриваться противорадоновые меры защиты. Известно, что реализация противорадоновых мер на этапе проектирования и строительства здания обходится в 5–7 раз дешевле, чем при ремонтно-монтажных работах в действующих зданиях.

Таким образом, обеспечение выполнения норм радиационной безопасности в строительном комплексе Республики Беларусь за счет снижения облучения от естественных и искусственных радионуклидов, содержащихся в строительных материалах и конструкциях, от радона будет способствовать улучшению экологической обстановки в Республике Беларусь, большая часть территории которой пострадала от катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Литература

1. Соколов П. Э., Сидельникова О. П., Козлов Ю. Д. Необходимость контроля радиоактивности строительных материалов // Строительные материалы. – 1995. – № 9. – С. 18–19.
2. Бровцын А. К., Силантьев А. Н., Силантьев К. А. Радиоэкология минералов и материалов // Огнеупоры и техническая керамика. – 1997. – № 6. – С. 25–27.