

## Список литературы

1 Солнечная энергетика в Крыму. Методическое пособие для специалистов и всех интересующихся проблемами использования солнечной энергии / С. В. Казаченко [и др.]. – Симферополь. : Фонд Восточная Европа ; Творческий союз научных и инженерных объединений (обществ) Крыма, 2008. – С. 30.

2 Примеры и рекомендации по использованию солнечной энергии в технологических целях [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://banksolar.ru>. – Дата доступа : 03.09.2022.

3 Солнечный коллектор [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.solarcollector.by>. – Дата доступа : 05.09.2022.

УДК 614.876:69.05

## РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТХОДОВ ГОМЕЛЬСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*В. А. САВАСТЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Гомельский химический завод за время своей работы накопил в отвалах вблизи территории производственных цехов более 22 млн т отходов на площади около 100 га. Основной частью этих техногенных отходов является фосфогипс, в котором ~97 % гипса и ~3 % составляют фосфаты железа и алюминия, ортофосфорная кислота, фторсиликаты калия и натрия, фториды кальция [1]. Отходы фосфогипса представляют значительную опасность с точки зрения вредного влияния на окружающую среду, являясь источником загрязнения почвы, поверхностных и подземных вод.

Их утилизация представляется важной проблемой как экологического, так и экономического значения. В настоящее время существует ряд предложений по использованию отходов в сельском хозяйстве и производстве строительных материалов [2, 3].

Все строительные материалы, изготовленные из элементов земной коры, являются источниками радиоактивных газообразных изотопов  $^{222}_{86}\text{Rn}$ ,  $^{220}_{86}\text{Rn}$ ,  $^{219}_{86}\text{Rn}$ . Перечисленные изотопы радона – это члены соответствующих радиоактивных семейств:  $^{235}_{92}\text{U}$ ,  $^{238}_{92}\text{U}$  и  $^{232}_{90}\text{Th}$ .

Естественная радиоактивность воздуха в зданиях в основном обусловлена вышеуказанными изотопами радона и дочерними продуктами их распада.

Бета-активность воздуха обусловлена преимущественно генетически связанными изотопами свинца и висмута, альфа-активность – изотопами радона и полония.

Газообразный радон тяжелее воздуха, поэтому его концентрация максимальна вблизи земной поверхности и уменьшается с высотой. Количественной оценкой естественной радиоактивности воздуха является эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) дочерних продуктов распада  $^{222}_{86}\text{Rn}$  (семейство  $^{238}_{92}\text{U}$ ) и  $^{220}_{86}\text{Rn}$  (семейство  $^{232}_{90}\text{Th}$ ).

Эквивалентная равновесная объемная активностью (ЭРОА) дочерних продуктов распада  $^{222}_{86}\text{Rn}$  рассчитывается как взвешенная сумма объемных активностей  $^{218}_{84}\text{Po}$  (RaA);  $^{214}_{83}\text{Bi}$  (RaB) и  $^{214}_{82}\text{Pb}$  (RaC) [4]:

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Rn}} = 0,10 A_{\text{RaA}} + 0,52 A_{\text{RaB}} + 0,38 A_{\text{RaC}}.$$

Эквивалентная равновесная объемная активностью дочерних продуктов распада  $^{220}_{86}\text{Rn}$  (семейство  $^{232}_{90}\text{Th}$ ) – это взвешенная сумма объемных активностей  $^{212}_{82}\text{Pb}$  (ThB) и  $^{212}_{83}\text{Bi}$  (ThC):

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Th}} = 0,91 A_{\text{ThB}} + 0,09 A_{\text{ThC}}.$$

В соответствии с действующими СанПиП «Требования к радиационной безопасности» при проектировании зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активностью дочерних продуктов распада  $^{222}_{86}\text{Rn}$  и  $^{220}_{86}\text{Rn}$  в воздухе помещений не превышала  $100 \text{ Бк/м}^3$ :

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Rn}} + 4,6(\text{ЭРОА})_{\text{Th}} \leq 100 \text{ Бк/м}^3.$$

В эксплуатируемых зданиях в воздухе жилых помещений

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Rn}} + 4,6(\text{ЭРОА})_{\text{Th}} \leq 200 \text{ Бк/м}^3.$$

Большинство современных строительных материалов (бетон, кирпич, фосфогипс, шлак силиката кальция и др.) являются источниками радона. Поэтому его содержание внутри зданий зависит от того, из каких материалов они построены, а также от проветриваемости помещений и высоты, на которой они находятся. Концентрация радона внутри зданий в 2,5–200 раз выше, чем вне их.

В целях обеспечения радиационной безопасности все строительные материалы по содержанию природных радионуклидов разделены на 4 класса по значениям их эффективной удельной активности  $A_{\text{эф}}$  [4]:

$$A_{\text{эф}} = A_{\text{Ra}} + 1,3A_{\text{Th}} + 0,09A_{\text{K}},$$

где  $A_{\text{Ra}}$  и  $A_{\text{Th}}$  – удельные активности  $^{226}_{88}\text{Ra}$  и  $^{232}_{90}\text{Th}$ , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов;  $A_{\text{K}}$  – удельная активность  $^{40}_{19}\text{K}$  (Бк/кг).

Удельная эффективная активность для материалов, используемых:

– при строительстве и реконструкции жилых помещений и общественных зданий (I класс),  $A_{\text{эф}} \leq 370$  Бк/кг;

– в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при строительстве производственных сооружений (II класс),  $A_{\text{эф}} \leq 740$  Бк/кг;

– в дорожном строительстве вне пределов территории населенных пунктов, в пределах территории населенных пунктов (III класс),  $A_{\text{эф}} \leq 1500$  Бк/кг.

Вопрос использования строительных материалов, для которых  $1500 \text{ Бк/кг} < A_{\text{эф}} < 4000 \text{ Бк/кг}$  (IV класс), решается в каждом случае по согласованию с органами госнадзора. Запрещается использовать в любом виде строительства материалы, для которых  $A_{\text{эф}} > 4000 \text{ Бк/кг}$ .

Так как использование техногенных отходов Гомельского химического завода в производстве строительных материалов представляется наиболее перспективным, имеет смысл оценить радиационную безопасность таких материалов.

В таблице 1 представлены результаты определения с помощью бета-гамма-спектрометра МКС-АТ1315 удельной активности  $^{226}_{88}\text{Ra}$ ,  $^{232}_{90}\text{Th}$  и  $^{40}_{19}\text{K}$  в образцах сырья, поступающего из Кавдорского месторождения (г. Апатиты, РФ), произведенного суперфосфата и отходов производства на Гомельском химическом заводе, а также значения их эффективной удельной активности.

Таблица 1

| Образец     | $A_{\text{Ra}}$ , Бк/кг | $A_{\text{Th}}$ , Бк/кг | $A_{\text{K}}$ , Бк/кг | $A_{\text{эф}}$ , Бк/кг |
|-------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Сырье       | $15 \pm 8$              | $70 \pm 21$             | <100                   | $115 \pm 30$            |
| Суперфосфат | $29 \pm 10$             | $37 \pm 12$             | <100                   | $86 \pm 21$             |
| Отходы      | $19 \pm 9$              | <10                     | <100                   | $41 \pm 9$              |

Результаты, приведенные в таблице 1, указывают на то, что отходы Гомельского химического завода имеют низкую радиационную опасность и могут использоваться без ограничений в любом виде строительного производства, в том числе при производстве материалов для жилищного строительства.

#### Список литературы

- 1 Шершнёв, О. В. Оценка воздействия отходов фосфогипса на компоненты окружающей среды / О. В. Шершнёв // Экологический вестник. – 2016. – № 2 (36). – С. 97–103.
- 2 Утилизация отходов Гомельского химического завода с получением товарной продукции / А. Г. Губская [и др.] // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. / Ин-т БелНИИС; редкол. : О. Н. Лешкевич [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 11. – С. 89–107.
- 3 Производственные и экологические аспекты использования фосфогипса в настоящее время / А. М. Кержнер [и др.] // сб. докл. конф. РГА (Российская гипсовая ассоциация). – М., 2005. – С. 49–52.
- 4 Требования к радиационной безопасности : Санитарные нормы и правила : утв. пост. М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 28.12.2012 № 213. – Минск, 2012. – 36 с.