

УДК 622.332

Лавряшина Т.В., доцент
Балашова Т.А., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачёва

Lavryashina T.V., assistant professor
Balashova T.A., assistant professor
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ РАБОТЕ В ШАХТАХ КУЗБАССА

RADIATION SAFETY IN MINES OF KUZBASS

Несмотря на непрекращающиеся в мире дискуссии о переходе на возобновляемые источники энергии, спрос на уголь растёт. Для создания экологически чистых ветрогенераторов, электромобилей или солнечных батарей требуется металл, выплавка которого невозможна без угля. Россия в допандемийный год нарастила добычу до 443 млн т и превысила уровень добычи в советский период. При этом планируется к 2030 году нарастить добычу ещё в 1,4 раза, доведя её до 630–640 млн т. Так, в Кузбассе планируется запустить новую шахту «Сибирская». При полной самообеспеченности различными сортами углей Россия потребляет лишь половину своей добычи. Но при этом экономика динамично развивающихся стран Юго-Восточной Азии испытывает всё возрастающую потребность в дополнительных объёмах металла, а значит, и угля.

В последние годы была проведена существенная модернизация горнодобывающей отрасли, внедрены новые безлюдные технологии, позволяющие вести добычу механизированным способом, в результате чего при уменьшении количества шахт в РФ в 4 раза количество работников на них стало меньше почти в 8 раз. В несколько раз выросли инвестиции в безопасность труда (до 11–12 млрд рублей ежегодных вложений в последние годы по сравнению с 1,8 млрд в 2000 году). Это дало свои результаты: в настоящее время Россия соответствует мировым требованиям по безопасности шахтёрского труда и находится по этим параметрам на одном уровне с такими угледобывающими странами, как США, Германия, Австралия.

Однако существуют факторы, повышающие биологическую опасность горных разработок, но не имеющие в настоящее время правовой регламентации. Имеется в виду радиационная опасность горных выработок.

Основные радиоактивные изотопы, встречающиеся в горных породах Земли – калий (^{40}K), рубидий (^{87}Rb) и два радиоактивных семейства

урана (^{238}U) и тория (^{232}Th). Если природный уран представлен смесью изотопов: ^{238}U – 99,282 %, ^{235}U – 0,712 %, ^{234}U – 0,006 %, то природный торий – это почти 100 % изотоп ^{232}Th . Удельная радиоактивность ^{238}U равна $1,23 \cdot 10^7$ Бк/кг, для изотопа тория – почти в три раза больше ($4,03 \cdot 10^6$ Бк/кг). Известно, что угольные месторождения имеют различное содержание естественных радионуклидов (ЕРН) и их удельная радиоактивность может сильно варьироваться в зависимости от урановых аномалий. Так, содержание урана в некоторых угольных шахтах Кузбасса (в г/т): Бирюлинская – 9,0; Бутовская – 5,9; тория: шахта им. Волкова – 9,6; Березовская – 7,2; Ягуновская – 9,8; Бутовская – 7,9 [1]. Среднее же содержание урана и тория в пробах кузнецких углей по геохимическим исследованиям [2] – 4,198 и 4,125, соответственно. При этом удельная активность ^{238}U варьируется в пределах $0,6 \div 3600$ Бк/кг (при среднем содержании $18 \div 28$ Бк/кг) [3].

Марочный состав кузнецких углей существенно отличается по уровням накопления радиоактивных элементов. Установлено [4], что более высокое содержание урана имеют кузнецкие угли марок «Д, Г, ОС», а в углях марок «ГЖ, Ж, К, СС» его содержание минимально. Наиболее низкими уровнями содержания изотопа тория характеризуются угли марок «Д, Г, А», а наиболее высокими — «ГЖ, КЖ, ОС, СС». Доза облучения, получаемая человеком, в основном, определяется нуклидами радиоактивного ряда ^{238}U и в меньшей степени радионуклидами ряда ^{232}Th . Радионуклиды вместе с пищей и вдыхаемым воздухом попадают внутрь человека, скорость вывода их из организма характерна для данного радионуклида.

Установлено, что почти весь торий, поступающий в организм с атмосферным воздухом, накапливается в костях скелета и костном мозге. Период его биологического полувыведения (то есть уменьшения содержания элемента на 50 % после однократного поступления) составляет десятки лет. Уран также концентрируется в костях и в лёгких, но выводится из скелета гораздо быстрее. Его содержание уменьшается вдвое за 450 суток [5]. Несмотря на то, что концентрация урана в ископаемых углях обычно выше, чем тория, по способности к биологическому накоплению он ему уступает.

Одним из продуктов радиоактивного распада указанных семейств являются радон ^{222}Rn (ряд ^{238}U) и торон ^{220}Rn (ряд ^{232}Th), дающие разный вклад в суммарную дозу облучения при образовании их дочерних продуктов. Однако их для удобства объединяют общим названием «радон», который вместе с дочерними продуктами радиоактивного распада составляет примерно $3/8$ годовой индивидуальной эффективной дозы облучения от всех естественных источников радиации.

Радиационная безопасность при подземной добыче угля определяется интенсивностью проветривания, содержанием урана и тория в углях и скоростью их выделения. Однако нельзя забывать, что α –распад, и β –

распад радиоактивных ядер сопровождаются γ – излучением, следовательно, необходим учёт эксплуатационной дозы этого излучения. При расчёте базовой нагрузки для шахтёров рекомендуется учитывать основные радиационно-опасные факторы: мощность эксплуатационной дозы радиоактивного излучения, содержание радиоактивных изотопов в углях и сопровождающих породах, содержание в шахтной атмосфере радиоактивных газов радона и торона.

Основные санитарные правила [6] требуют производить проверку радиационной безопасности при облучении работников природными источниками излучения в случае, если доза превышает 1 мЗв/год, специальными службами, ответственными за радиационную безопасность. Считается, что учёт дозы внешнего облучения подземного персонала необходим в шахтах со средним содержанием ^{226}Ra порядка 200 Бк/кг и ^{232}Th порядка 150 Бк/кг.

В зависимости от уровня радиационного облучения в работе [7] угольные предприятия предлагается разделить на радиационно безопасные при среднем уровне воздействия радиации до 0,5 норматива, умеренно опасные при среднем уровне воздействия радиации от 0,5 до 1,0 норматива и радиационно опасные при среднем уровне воздействия радиации, превышающем норматив.

Решение проблем радиоактивности углей в Кузбассе требует централизованного подхода и создания соответствующей нормативной базы. Изучение радиационной обстановки необходимо проводить для выбора дополнительных защитных мер, позволяющих полностью нормализовать радиационную обстановку в шахте с минимальными затратами. Между тем, нормы радиационной безопасности (НРБ–99/2009) в России ограничивают только применение шлаков в строительных целях. Уголь по радиационному признаку не нормируется, поэтому в данном направлении предстоит большая исследовательская и нормативно-правовая работа. Радиоэкологическое обследование угольных шахт должно стать одной из составляющих программы обеспечения безопасности шахтёров.

Список литературы

1. Нифантов Б.Ф., Потапов В.П., Митина Н.В. Геохимия и оценка ресурсов редкоземельных и радиоактивных элементов в кузнецких углях. Перспективы переработки. – Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2003. – 100 с., ил.
2. Арбузов С.И., Волостнов А.В., Машенькин В.С. Радиогеохимическая характеристика углей Северной Азии // Энергетик. – 2010. – № 3. – С. 2–8.
3. Сидорова Г.П., Крылов Д.А. Радиоактивность углей и золошлаковых отходов угольных электростанций: монография. – Чита: ЗабГУ, 2016. – 237 с.

4. Ершов В.В., Арбузов С.И., Рихванов Л.П., Поцелуев А.А. Радиоактивные элементы в углях Кузбасса / Сборник докладов конференции «Экологические проблемы угледобывающей отрасли в регионе при переходе к устойчивому развитию». Кемерово. 24–25 февраля 1999. – Кемерово, 1999. – С. 132–139.

5. Кизильштейн Л.Я. Уголь и радиоактивность // Химия и жизнь. – 2006. – № 2. – С. 22–24.

6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99).

7. В.С. Рогалис, М.В. Павленко, А.А. Шилов, О.П. Хитров. Радиационная опасность в угольных шахтах. ISSN 0236–1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 1. С. 175–184.

References

1. Nifantov B.F., Potapov V.P., Mitina N.V. Geokhimiya i otsenka resursov redkozemel'nykh i radioaktivnykh elementov v kuznetskikh uglyakh. Perspektivy pererabotki (Geochemistry and appraisal of rare-earth and radio active elements in Kuznetsk coals. Prospects for conversion), Kemerovo, Institut uglya i uglekhimii SO RAN, 2003, 100 p.

2. Arbuzov S. I., Volostnov A.V., Mashen'kin V.S. Energetik. 2010, no 3, pp. 2–8.

3. Sidorova G.P., Krylov D.A. Radioaktivnost' ugley i zoloshlakovykh otkhodov ugol'nykh elektrostantsiy: monografiya (Radiation activity of coal and ash-and-slag waste at coal-fired electric power plants), Chita, ZabGU, 2016, 237 p.

4. Ershov V.V., Arbuzov S. I., Rikhvanov L.P., Potseluev A.A. Sbornik докладов konferentsii «Ekologicheskie problemy ugledobyvayushchey otrasli v regione pri perekhode k ustoychivomu razvitiyu». Kemerovo, 24–25 fevralya 1999 (Environmental Challenges of Regional Coal Mining Industry upon Transition to Sustained Development: Conference Proceedings. Kemerovo, 24–25 ebruary 1999), Kemerovo, 1999, pp. 132–139.

5. Kizil'shteyn L.Ya. Khimiya i zhizn'. 2006, no 2, pp. 22–24.

6. Federal'nyy Zakon «O gosudarstvennom regulirovanii v oblasti dobychi i ispol'zovaniya uglya, ob osobennostyakh sotsial'noy politiki rabotnikov organizatsiy ugol'noy promyshlennosti» ot 20.06.1996 (Federal Law on the Governmental Regulation of Coal Mining and Utilization and on Features of Social Policy as Regards Coal Mining Industry Personnel from 20.06.1996).

7. V.S. Rogalis, M.V. Pavlenko, A.A. Shilov, O.P. Khitrov. Radiation hazard in coal mines. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 1, pp. 175–184.