

УДК 91:504.550.423

Радиоэкологические аспекты радоновыделения на объектах уранодобывающей промышленности

А.Е. Самонов, старший научный сотрудник, канд. геолого-минералогических наук

Институт геологии рудных месторождений, петрографии минералогии и геохимии (ИГЕМ) Российской академии наук, г. Москва

e-mail: aesam@igem.ru

Ключевые слова:

радиационное загрязнение, радоновыделение, источники радиоактивных аэрозолей, полониевое отравление организма человека, кучное выщелачивание.

Главная эколого-геохимическая особенность уранодобывающей промышленности — поступление в окружающую среду естественных радионуклидов (ЕРН) радиоактивных семейств ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th . Радиационное загрязнение обусловлено в основном природным ^{238}U и продуктами его распада: долгоживущими и короткоживущими альфа-нуклидами, и продуктами его распада. В процессе распада радона образуется несколько особо опасных для человека радионуклидов. Полониевое отравление организма человека можно прогнозировать через 15–20 лет непрерывного вдыхания с воздухом аэрозолей радона. В связи с этим в районах добычи и переработки урановых руд крайне важно проводить ежегодный расчет радиационных рисков при облучении радоном и дочерними продуктами его распада.

Ежегодные наибольшие выбросы естественных радионуклидов (ЕРН) на уранодобывающих предприятиях поступают в атмосферу и составляют несколько десятков тысяч кюри радиоактивности, причем на долю радона приходится подавляющая часть этой радиоактивности. Таким образом, радон — главный радиационный загрязнитель приземной атмосферы, почв, грунтовых и подземных вод в районе добычи урана. На этих территориях возникает острая радиоэкологическая проблема в связи с образованием еще более экологически опасных, чем радон, продуктов его распада [1, 2].

Основными источниками радиоактивных аэрозолей, пыли и газов, образующихся при добыче и переработке урановых руд, выступают вентиляционные выбросы рудников и перерабатывающих заводов, так называемых организованных источников радиоактивных веществ и в частности радона. Намного больше выбросов поступает из неорганизованных источников — поверхности отвалов, хвостохранилищ, карьеров и особенно создаваемых промышленных площадок кучного выщелачивания (КВ) урана на поверхности из бедных и забалансовых руд. Такие площадки КВ могут вмещать порядка 20–25 млн т руды, внешне они представляют собой насыпной бурт, который занимает площадь около 0,5 км² и имеет высоту 20 м. Объекты КВ рассчитаны на срок эксплу-

атации не менее 20–25 лет. Кусковый материал бурта имеет очень большую площадь соприкосновения рудной массы с воздухом, что приводит к выделению огромного количества радиоактивных аэрозолей радона — более 100–300 Бк/м² в сек. Это в десятки-сотни раз больше по сравнению с выделением радона из организованных источников (цехов перерабатывающего завода и рудников) (табл. 1).

Радон — короткоживущий альфа-излучатель, имеющий время периода полураспада ($T_{п.п.}$) 3,82 суток. Цепочка радиоактивных дочерних продуктов имеет следующий вид: ^{222}Rn ($T_{п.п.}$ 3,82 сут.) — ^{218}Po (3,05 мин) — ^{214}Pb (26,8 мин) — ^{214}Bi (20 мин) — ^{214}Po (164 мксек) — ^{210}Pb (22,3 года) — ^{210}Bi (5 сут.) — ^{210}Po (138 сут.) — ^{206}Pb (стабильный).

Радон потенциально радиоактивный канцероген. В процессе его распада образуется несколько особо опасных для человека радионуклидов, среди которых самый опасный ^{210}Po . Полониевое отравление организма человека можно прогнозировать через 15–20 лет непрерывного вдыхания с воздухом аэрозолей радона. Именно в этот период наблюдается резкое увеличение заболеваемости раком легких, печени, семенников, матки, предстательной железы, надпочечников, толстого кишечника и развития острой лучевой болезни у шахтеров и персонала урановых рудоперерабатывающих предприятий

[3]. Такая зависимость заболеваемости и связанной с ней высокой смертности была отмечена у шахтеров урановых рудников, расположенных на территории Германии, Чехии, Казахстана и России. По нашему мнению, смертность может быть связана именно с «полониевым» периодом накопления этого радионуклида в организмах работников уранодобывающих и перерабатывающих предприятий.

Радон — бесцветный газ, без запаха, в 7,5 раза тяжелее воздуха. Он весь «стекает» с наземных промышленных объектов (труб заводов и рудников, отвалов и буртов КВ) в приземную часть, далее перетекает по рельефу местности в пониженные участки, заполняет трещины в почвах и породах, попадает в подвалы домов и т.д. Радон очень хорошо растворяется в воде, насыщает как поверхностные, так и подземные воды, загрязняя таким образом водозаборы с питьевой водой. Попадая через легкие человека, радон, как и в воде, хорошо растворяется в крови. Поступая практически во все органы человека, затем частично возвращается опять в легкие. Распределение более долгоживущих продуктов в цепочке распада радона (^{210}Pb , ^{210}Bi и ^{210}Po) определяется их химическими и физическими свойствами. Так, один беккерель радона дает 2000 Бк ^{210}Pb , 1,34 Бк ^{210}Bi и 34,2 Бк ^{210}Po . При длительном постоянном вдыхании радона и радиоактивной пыли радиоактивные продукты распада радона накапливаются в костях, зубах и ногтях животных и человека, концентрируются в печени, почках или легких, а также обнаруживаются практически во всех органах и тканях. Наиболее значительные концентрации определяются в печени, мышцах, крови и почках организма (рис. 1). Микроскопическое количество весом 0,22 мг ^{210}Po может находиться в мельчайшей аэрозольной частице и выделить альфа-активности 1 Ки ($3,7 \times 10^{10}$ Бк). Доказано, что острая лучевая болезнь у человека со средним весом тела 80 кг может наступить при попадании в организм всего лишь 0,5 микрограмм ^{210}Po . Установлено также, что частота спонтанного возникновения рака лёгких

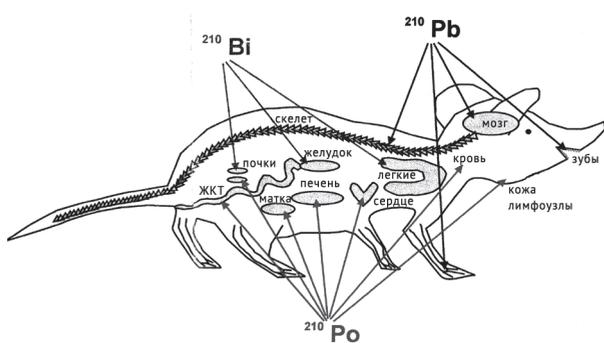


Рис. 1. Токсическое действие радиоактивных продуктов распада радона на животных

и других органов у людей, проживающих в районах высокого радоновыделения, значительно выше во всех возрастных группах, чем в «чистых» районах [4].

В связи с высокой экологической опасностью продуктов распада радона необходимо рассмотреть с точки зрения экономической и радиэкологической целесообразности использование метода добычи урана из низкосортных и забалансовых руд с помощью кучного выщелачивания из насыпных буртов на поверхности. Для этого обратимся к сравнительным показателям разных способов добычи урана (табл.1). Нетрудно заметить, что добыча урана методом КВ малоэффективна в экономическом плане (по коэффициенту извлечения урана) и наиболее радиэкологически опасна по сравнению с другими широко известными методами добычи.

Известен пример, когда после ввода в эксплуа-

Таблица 1
Сравнительные показатели разных способов добычи урана (с использованием данных [5])

Параметр	Рудник	Карьер	Выщелачивание	
			подземное	кучное
1. Коэффициент извлечения урана из руд	0,7	0,81	0,88	< 0,4
2. Соотношение запыленных, радиационно-опасных площадей, доли единиц (1 = руднику)	1	2,3	нет	3 – 7
3. Радоновыделение при добыче, переработке руд, отходов и т.д.	1	1,2	0,03	n10–n100

тацию промышленной площадки КВ с объемом насыпного бурта 20–25 млн т руды на действующем уранодобывающем предприятии радоновыделение выросло с 6–9 тыс. юри до 20–23 тыс. юри в год, т.е. в 3,5 раза. Высоким уровнем радоновыделения остается в течение всего срока эксплуатации промышленной площадки КВ, т.е. уже более 10 лет. Очевидно, что и после завершения эксплуатации такого большого бурта при непосредственном контакте огромной рудной массы с воздухом будет выделяться радон, так как коэффициент извлечения урана из бедных руд менее 0,4. Эффективных способов рекультивации таких объектов в настоящее время не существует, поэтому отработанной площадке КВ, как и обширным хвостохранилищам рудоперерабатывающего предприятия, уготовлена «долгая жизнь» во вред человека и окружающей среды в целом.

Проблема радоновыделения в районах добычи и переработки урановых руд чрезвычайно важна. В связи с этим необходимо провести следующие природоохранные мероприятия:

- организовать детальный мониторинг запыления и загрязнения атмосферы радоном в непосредственной близости от участков рудоподготовки, транспортировки и особенно вокруг создаваемых промышленных площадок КВ урана;
- ежегодно рассчитывать радиационные риски при облучении радоном и дочерними про-

дуктами его распада, с учетом частоты спонтанного возникновения онкологических заболеваний (рака легких и других органов) у работников горнодобывающих предприятий и населения, проживающего в непосредственной близости к районах добычи и переработки урана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самонов А. Е., Чуднявцева И.И. Радиохимия ландшафтов ураново-рудных провинций. В кн.: «Природно-антропогенные процессы и экологический риск», Т. IV, М. МГУ, 2004, С. 399–416.
2. Мелентьев Г. Б., Самонов А. Е., Малинина Е. Н. Радиохимические и геотектонические аспекты изучения и радиоэкологической оценки объектов недропользования урбанизированных территорий. М., Экология промышленного производства, 2010, № 3, С. 12–26, № 4, С. 2–14
3. Радиоактивные изотопы: радон, полоний, висмут, свинец и их радиационно-гигиенические аспекты. В кн. «Вредные химические вещества», Л. Химия, 1990, 464 с.
4. Жуковский М. В. Расчет радиационных рисков при облучении дочерними продуктами распада радона. М., АНРИ, №1, 2001, С. 4–12.
5. Тютюнник Ю. Г. Техногенез урана. Чернобыль, 1996, 86 с.

Radioecological Aspects of Radon Exhalation on Uranium Extraction Industry Objects

A.E. Samonov, Ph.D. of geological and mineralogical sciences, Senior research associate, The Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry, Russian Academy of Sciences (IGEM RAS), Moscow

The main ecological and geochemical feature of uranium extraction industry is a receipt of natural radionuclides (ERN) of radioactive families ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th in environment. Radiating pollution is generally caused by natural ^{238}U and products of its disintegration, such as long-living alpha-nuclides ^{230}Th and ^{226}Ra , as well as short-living alpha-nuclides ^{222}Rn (radon) and products of its disintegration. The most dangerous of these products are ^{210}Po , ^{210}Bi and ^{210}Pb . Radon is potentially radioactive carcinogen. Some especially human dangerous radionuclides are formed in the course of its disintegration. The most dangerous of these radionuclides is ^{210}Po . Polonium poisoning of human body can be predicted in 15–20 years of continuous inhalation of air with radon aerosols. In this regard in areas of uranium ores production and processing it is extremely important to carry out annual calculation of radiating risks under irradiation by radon and affiliated products of its disintegration.

Keywords: radiating pollution; radon exhalation; sources of radioactive aerosols; polonium poisoning of human body; heap leaching.

Утвержден Национальный стандарт

оценки соответствия объектов недвижимости экологическим требованиям

ГОСТ Р 54964-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости» вводится в действие с 1 марта 2013 года. (полный текст см. <http://www.mnr.gov.ru/greenstandarts/detail.php?ID=129237>)

Документ формирует нормативно-методическую базу для реализации комплексной системы обеспечения качества объектов недвижимости и содействия в проведении работ по унификации требований к влиянию объекта недвижимости на окружающую среду и человека.

Стандарт согласовывает интересы и потребности строительной отрасли с широкими требованиями экологического характера, а также является первым шагом на пути создания в России системы обязательного обеспечения экологической безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов недвижимости.

Национальный стандарт включает ряд экологических требований к объектам недвижимости, в том числе использование экологически чистых строительных материалов легального происхождения и энергоэффективных источников энергии, экономное потребление воды и активное использование строительных отходов.

Создание Национального стандарта стало итогом совместной работы Минприроды России, Минрегиона России и НП «Центр экологической сертификации — Зеленые стандарты». При разработке документа был учтен опыт применения Системы добровольной сертификации объектов недвижимости «Зелёные стандарты», а также корпоративного олимпийского «зелёного» стандарта ГК «Олимпстрой».