

УДК 622.822

Портола Вячеслав Алексеевич, д.т.н., профессор
(КузГТУ, г. Кемерово)
Portola Viacheslav A., professor, doctor of engineering sciences
(KuzSTU, Kemerovo)

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РАДОНОВЫХ СЪЕМОК
ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОЧАГОВ САМОВОЗГОРАНИЯ**

**EXPERIENCE OF SHOOTING RADON
CENTERS FOR DETECTION AUTO-IGNITION**

Аннотация

Приведены результаты исследования содержания радона в атмосфере действующих горных выработок и выработанного пространства. Показано, что содержание радона в атмосфере выработанного пространства существенно превышает допустимые санитарные нормы. Отмечено, что на поверхности над выработанным пространством могут образовываться радоновые аномалии из-за аэродинамической связи с выработанным пространством.

Abstract

The results of the study of radon in the atmosphere of existing mine workings and goaf. It is shown that radon concentrations in the atmosphere generated pro-space greatly exceeds the permissible sanitary norms. It is noted that on the surface over the open area can form radon anomalies due to the wind due to the open area.

Одним из газов, присутствующих в рудничной атмосфере, является радон. Это инертный газ без цвета и запаха, имеющий плотность $9,9 \text{ кг/м}^3$. В отличие от большинства рудничных газов радон-222 радиоактивным и представляет собой промежуточный продукт распада урана-238. Период полураспада U^{238} равен $4,51 \cdot 10^9$ лет, что сравнимо с возрастом земли. В результате α - и β -распада из урана последовательно образуются долгоживущие радионуклиды - уран-234 с периодом полураспада $2,48 \cdot 10^5$ лет и торий-230 с периодом полураспада $7,52 \cdot 10^4$ лет. После α -распада тория-230 образуется радий-226, который и является источником возникновения радона. Период полураспада радия-226 равен 1600 лет. Образующийся при его α -распаде инертный газ радон-222 имеет период полураспада 3,82 суток.

Содержание радионуклидов в горных породах зависит от их первоначальной активности, а также от процессов переноса грунтовыми водами. В горных породах содержание естественных радионуклидов может отличаться в десятки и даже сотни раз. Так, в угле удельная активность урана-238 колеблется в пределах от 3 до 520 Бк/кг, а в почве его содержание составляет 10 -50 Бк/кг [1, 2].

При добыче угля часть молекул радона, образовавшегося из радия-226, выносятся из внутреннего объема кусков угля и пород в рудничную атмосферу за счет начального импульса, передающего кинетическую энергию разлетающимся при распаде частицам, а также под действием молекулярной диффузии. На поверхности угля и пород сорбируется некоторое количество радона, а остальная часть разносится потоками воздуха по горным выработкам или выносятся на земную поверхность. Принято, что естественный радиационный среднегодовой фон радона в воздухе вне помещения составляет 6 Бк/м³ [1].

Повышение температуры не сказывается на скорости распада радия. Однако вынос радона в воздух при нагревании горных пород может возрасти за счет возникновения дополнительных площадей контакта с газовой средой. Причиной этого может быть образование новых трещин от градиентов температуры и давления, а также освобождение поверхностей пор и имевшихся трещин от испаряющейся воды. Кроме того, существенно увеличить вынос радона в воздух способны потоки пара, появляющиеся при испарении естественной влаги, содержащейся в горных породах, и рост коэффициента молекулярной диффузии при возрастании температуры. Согласно проведенным экспериментам [3], нагрев угля и породы до температуры 80-120 °С приводит к увеличению объемной активности радона в окружающем воздухе в 2-3 раза, что позволяет использовать радон для обнаружения процесса самонагрева.

Проведенными исследованиями [4,5] установлено, что радон хорошо транспортируется в горных породах. Например, результаты изучения перемещения радона в горном массиве, приведенные в [4], показали, что скорость переноса радона в породах пузырьками геогаза (в том числе через грунтовые воды) может значительно превышать скорость диффузии в воздухе. С помощью контроля за выделением радона возможно обнаружение разрывных нарушений, перекрытых наносами 50, 100 и 400 м [6]. Благодаря хорошим транспортным свойствам радон может использоваться в качестве трассера при изучении движения газов и воды [7].

В настоящее время на угольных шахтах предусмотрено проведение радоновых съемок в очистных забоях после первичной посадки кровли для определения фонового содержания радона в рудничной атмосфере. Определение плотности потоков радона предусмотрено и на земной поверхности над выработанным пространством лав для обнаружения и локализации оча-

гов самовозгорания. Однако радон может накапливаться в выработанном пространстве и без наличия очага самовозгорания за счет повышенного содержания радия в породах и дробления угля и горных пород. На шахтах Кузбасса были проведены исследования содержания радона в действующих выработках и выработанном пространстве.

Для измерения объемной активности радона в рудничной атмосфере использовался адсорбционный метод. Замеры осуществляли в два этапа. На первом этапе производили отбор пробы воздуха через адсорбер. В шахтных условиях для этого использовали ручной пробоотборник объемом 8,5 дм³. Продолжительность отбора пробы составляла 10 минут. На втором этапе проводили измерение активности адсорбированного радона по гамма- или бета-излучению короткоживущих продуктов распада радона. Интервал времени между окончанием пробоотбора и началом измерения находился в пределах от 3 до 24 часов. Для замера активности радона использовали гамма- радиометр РГА-20П и полевой гамма- и бета радиометр УИП-01К.

Объемную активность радона в воздухе определяли по формуле

$$C = \frac{A \exp(\lambda t)}{V \eta},$$

где A - активность сорбента, Бк; λ - постоянная распада радона (0,00755 ч⁻¹); η - относительная эффективность адсорбции радона (0,8 отн. ед.); V - объем отобранной пробы воздуха (8,5·10⁻³ м³); t - интервал времени между окончанием пробоотбора и началом измерений, час.

Результаты измерений объемной активности радона в рудничной атмосфере выработанного пространства шахт Кузбасса показали, что наблюдаются существенные колебания содержания радона в воздухе от 80 до 5630 Бк/м³. Наибольшее влияние на величину объемной активности радона оказала степень изоляции выработанного пространства. Так, в верхнем и нижнем кутке лав объемная активность радона обычно находилась в пределах 100-200 Бк/м³. В изолированных выработанных пространствах содержание радона резко возрастало без наличия очагов самовозгорания. Например, пробы воздуха, набранные в скважинах шахты «Байдаевская» показали, что объемная активность радона достигала значения 5638 Бк/м³.

В действующих выработках шахт концентрация радона существенно меньше. Согласно проведенным на шахтах Кузбасса замерам объемная активность радона в воздухе выработок колеблется от 15 до 200 Бк/м³, в большинстве случаев не превышая 100 Бк/м³. В очень редких случаях, когда выработка примыкала к выработанному пространству, содержание радона превышало эти показания. Так, на шахте «Есаульская» концентрация радона достигала 790 Бк/м³.

Таким образом, проведенные шахтные исследования показали, что объемная активность радона в рудничной атмосфере может существенно меняться и зачастую значительно превосходить допустимые санитарные нормы. В наибольшей степени на содержание радона в рудничной атмосфере влияет естественная радиоактивность горных пород, в которых пройдены горные выработки, а также скорость воздушной струи. Обследование рудничной атмосферы показало, что при допустимом среднегодовом уровне эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов радона в рудничной атмосфере 200 Бк/м^3 , он достигает в ряде случаев $4000 - 6000 \text{ Бк/м}^3$. Особенно высоко содержание радона в атмосфере изолированных длительное время горных выработок.

Учитывая высокое содержание радона в выработанном пространстве, можно сделать вывод, что на земной поверхности над отработанными запасами угля возможно возникновение аномальных потоков выделения радона. Причиной выноса радона на земную поверхность может быть перепада давления газа, между выработанным пространством и атмосферным воздухом. При нагнетательном способе проветривания шахты, создающем избыточное давление воздуха в горных выработках по сравнению с атмосферным воздухом, на земной поверхности возможно образование радоновых аномалий в местах образования аэродинамической связи. Второй причиной возникновения радоновых аномалий на поверхности может быть появление тепловой депрессии от очага самовозгорания.

Поэтому проведение только радоновой съемки для обнаружения и локализации очагов самовозгорания в выработанном пространстве недостаточно. Необходима поверхностная съемка не только радона, но и индикаторных пожарных газов. Только при совпадении аномалий радона и пожарных газов можно делать выводы о наличии очага самовозгорания. Применение одновременно поверхностных съемок радона и пожарных газов позволила точно контролировать местонахождение очага эндогенного пожара и тенденцию его поведения на шахте им. Ленина [8] при демонтаже ранее изолированного комплекса.

Литература

1. Ионизирующее излучение: Источники и биологические эффекты. НКДАР. Доклад за 1982 г. Генеральной Ассамблее (с приложениями).- Т.2. Нью-Йорк, ООН.- 1982.
2. Облучение от естественных источников ионизирующего излучения. НКДАР. Тридцать третья сессия. Вена, 25-29 июня 1984.
3. Портола В. А. Локация очагов подземных пожаров с поверхности / В. А. Портола ; под ред. В. А. Колмакова ; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2001. –176 с.

4. Перенос радона в горном массиве: модели и экспериментальные данные. Статья 1.. Бондаренко В.М., Иванова Т.М. // Изв. вузов. Геол. и разведка.- 1999.- № 4.- С. 118-125.

5. Киселев Н.Н., Чуйченко И.Н., Алехин В.И., Николенко Н.Т. Применение эманационно-трекового метода при картировании тектонических нарушений // Уголь Украины.- 1991.- № 8.- С. 56-59.

6. The method of control of radon progeny hazard by means of foam insulation of gobblins / Skowronek J. // Mining Sci.- 1999, № 2.- 255-276.

7. Radon monitoring in soils and water / Surbeck H. // Radiat. Meas.- 1993.- № 22.- 4.

8. Портола В.А., Игишев В.Г., Марков А.С. Опыт демонтажа угледобывающего комплекса, изолированного при самовозгорании угля // Уголь.- 2004. - № 1. - С. 49-51.