

Раздел пятый

ДИАГНОСТИКА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 621.039:504/622.012.2

АКТИВИЗАЦИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ РАДОНА ПРИ «МОКРОЙ» КОНСЕРВАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

И.В. Удалов

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина

Описывается роль естественного радиоактивного газа радона в суммарной дозе облучения населения в районах закрывающихся угольных шахт Луганской области. Показаны пути распространения радона. Рассмотрены ситуации, приводящие к накоплению радона в опасных концентрациях.

Сложная радиационно-экологическая ситуация возникла при «мокрой» консервации угольных шахт в Луганской области. На некоторых угольных шахтах Луганской области скопилось более 100 тыс. м³ отходов с техногенно-усиленной естественной радиоактивностью, которые по радиационным характеристикам мало в чем уступают отходам уранодобывающих предприятий. Работы по выявлению этих отходов выполнялись в соответствии с приказом Минуглепрома Украины № 654 от 26 декабря 1996 г. по обязательному изучению радиоактивности породных отвалов и являются составной частью общего радиационного контроля на территории производственной деятельности закрывшихся шахт Стахановского региона [2, 4, 7, 8].

Радиоэкологическая обстановка в горнопромышленных регионах области в значительной мере определяется деятельностью угольных шахт, где наблюдаются неминуемое облучение техногенно-усиленными источниками естественного происхождения и радиоактивное загрязнение окружающей среды радионуклидами уранового, ториевого рядов. На Луганщине выявлено три шахты, деятельность которых существенно влияет на общую радиоэкологическую ситуацию в районах их расположения, это — шахты «Луганская», «Пролетарская» и им. Г.Г. Капустина. Первые две из этих шахт ликвидируются, поэтому возникшая проблема рекультивации (консервации) 99 радиационно-опасных объектов и дезактивации загрязненных земель является крайне актуальной для Луганской области. С 1997 г. решение этих вопросов постоянно держится на контроле Государственным управлением охраны окружающей природной среды в Луганской области. Радиоактивное загрязнение, вызванное осаждением радиоактивных осадков после аварии на Чернобыльской АЭС, протянулось с юго-запада на северо-восток, в направлении г. Дебальцево (Донецкая обл.), через города Стаханов и Словяносербск полосой шириной до 20 км и длиной около 60 км. Среднегодовая паспортная доза вероятного облучения колеблется от 0,06 до 0,3 мЗв [3, 4, 8].

Проблема влияния радона на организм человека в районах ведения горных работ не нова.

Исторически вредное влияние радона на человеческий организм было замечено еще в 16 веке, когда таинственная горная болезнь шахтеров длительное время привлекала внимание медиков: смертность от рака была в 50 раз выше, чем среди прочего населения. Значительно позже анализ причин смерти работников шахт на урановых рудниках Европы в Южной Германии и Чехословакии показал, что от 30 до 50% горняков, работающих в урановых шахтах, умирает от рака легких. Поэтому работы по изучению радиационного воздействия радона стали интенсивно развиваться.

До 1980 года ни в одной стране мира не устанавливались нормативы на содержание радона и его дочерних продуктов распада (ДПР) в помещениях. И только в последние десятилетия, когда стало ясно, что радоновая проблема, включая вопросы нормирования и снижения доз облучения, имеет существенное значение, в некоторых странах были введены соответствующие нормативы для существующих и проектируемых зданий, рекомендованные Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ). Некоторые из них приведены в табл. 1 [1, 8].

По данным МКРЗ, процент людей, находящихся в помещениях с повышенным значением эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона, составляет:

$C_{Rn\text{ экв}} > 50 \text{ Бк/м}^3$	- 5%;
$C_{Rn\text{ экв}} > 100 \text{ Бк/м}^3$	- 1%;
$C_{Rn\text{ экв}} > 200 \text{ Бк/м}^3$	- 0,1%;
$C_{Rn\text{ экв}} > 400 \text{ Бк/м}^3$	- 0,01%.

Радон попадает в атмосферу помещений различными путями:

- проникает из недр Земли;
- выделяется из строительных материалов (щебень, цемент, кирпич), из которых построено здание;
- привносится с водопроводной водой, бытовым газом и другими продуктами жизнеобеспечения.

Полевые работы по исследованию радиоэкологической обстановки Стахановского региона выполнены Донецкой геологоразведочной экспедицией (Донецкой ГРЭ) ПО «Укруглегеология» (мощность дозы гамма-

излучения на поверхности грунта и эффективная удельная активность естественных радионуклидов в породах горных отвалов) и Украинским научно-исследовательским институтом экологических

проблем (УкрНИИЭП), г.Харьков (мощность дозы гамма-излучения, плотность потока бета- и альфа-частиц на поверхности породных отвалов шахт) в 1999-2005 гг.

Таблица 1

Нормативы ЭРОА радона в воздухе жилых зданий, Бк/м³

Страна	Существующие здания	Будущие здания	Примечания
Швеция	100	100	Принято в 1984 г.
Финляндия	400	100	Принято в 1986 г.
США	80	-	Принято в 1986 г.
Канада	400	-	Предложено в 1985 г.
Германия	200	-	Предложено в 1986 г.
Великобритания	200	50	Предложено в 1987 г.
Россия	200	100	Принято в 1990 г.

Проведенные натурные (полевые) исследования по определению основного загрязняющего радионуклида – радона в приземных слоях воздуха в районе ликвидированных шахт Стахановского региона, показали:

- содержание радона в воздухе вблизи породных отвалов не превышает обычных фоновых значений и составляет 0,3...6,0 Бк/м³; терриконы не являются источником радиоактивного загрязнения атмосферы;

- более высокие концентрации радона, до 22...35 Бк/м³, обнаруживаются в районах бывших отстойников шахтных вод (отстойники бывших шахт «Брянковская» и «Луганская»), главным образом за счет высокой радиоактивности сбрасываемых дренажных вод;

- для бывшей шахты «Луганская» высокое содержание радона в подпочвенном горизонте шламонакопителя (до 180 Бк/м³) обусловлено аномальными концентрациями радона в подземных водах до 800...900 Бк/м³ и более (по результатам опробования выходов подземных вод, данным УкрНИИЭП, 1999).

Повышенное содержание радона зафиксировано в воздухе дегазационных скважин, пробуренных по рекомендациям Макеевского научно-исследовательского института горного дела (МакНИИГД) на участках опасных по выходам метана на шахтном поле шахты им. Ильича, а также в районе обогатительной фабрики шахты «Центральная Ирмино». Это может привести к возможному накоплению радона в подвалах промышленных и жилых помещений. При этом предельно допустимые концентрации (ПДК) радона, установленные по Нормам радиационной безопасности Украины НРБУ-97 (50...100 Бк/м³), могут быть превышены в несколько раз [2, 5, 8].

Источниками выделения метана в Стахановском регионе являлись:

- погашенные, заброшенные шурфы, стволы, сбойки, выходящие на поверхность;
- подработанные ниже поверхности метановой зоны газоносные угольные пласты;

- мощные газоводосные песчаники; скопления газа в выработанных пространствах отработанных пластов и закрытых шахт.

Анализ многолетнего отечественного и зарубежного опытов борьбы с газовыделением на земную поверхность в районе действующих и ликвидированных шахт показал, что для предотвращения неорганизованного выхода газа на земную поверхность из закрытых шахт необходимо осуществлять дегазацию выработанных пространств путем бурения скважин с поверхности [1, 7, 8].

Для исключения проникновения метана на поверхность по трещиноватым породам и тектоническим трещинам разрывных геологических нарушений бурятся скважины для дренирования газа на пути его движения. В тех случаях, когда не удастся обеспечить необходимую эффективность дренирования газа под естественным давлением, применяется периодическая его откачка с помощью передвижной или стационарной вакуумной насосной станции. Параметры и количество дегазационных скважин определяются экспериментально, в зависимости от горно-геологических условий, интенсивности газовыделения и площади опасных зон.

В качестве примера рассмотрим результаты детальных исследований, проведенных на территории промплощадки бывшей шахты «Пролетарская», по обнаружению, оконтуриванию и утилизации 22-тыс. м³ отходов с техногенно-усиленной естественной радиоактивностью [2-4].

Шахта «Пролетарская» являлась сверхкатегорийной по газовому фактору, и ее ликвидация существенно увеличивает вероятность интенсификации миграции газов. Известно, что после прекращения принудительного проветривания метан и углекислый газ начинают накапливаться в выработанных пространствах, создавая там избыточное давление. Кроме того, при обводнении трещиноватых горных пород увеличивается плоскость контакта этих пород с водой, и процессы газовыделения идут быстрее.

Результаты наблюдений показали, что на бывшей шахте “Пролетарская” существует реальная опасность выделения радона. Концентрация радона в подвальных производственных помещениях шахты была превышена в несколько раз по сравнению с ПДК производственных помещений.

Из литературных источников известно, что концентрация радона в помещении прямо связана с его концентрацией (C_{Rn}) в грунтах и породах под домами и коррелирует с содержанием в них радия, а также физическими параметрами грунта, такими как

плотность, пористость, коэффициент эманирования:

$$C_{Rn} = 3,4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{U \cdot K_{эм} \cdot \rho}{\eta},$$

где U – содержание равновесного урана с радием;
 $K_{эм}$ – коэффициент эманирования горной породы;
 ρ – плотность; η – пористость.

Расчетные данные концентрации свободного радона, не входящего в кристаллическую решетку минералов и способного перемещаться по трещинам и порам, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание свободного радона в различных горных породах

Порода	Уран, г/т	Плотность, г/см ³	Пористость, %	$K_{эм}$, %	Радон, Бк/м ³
Песчаники	2,9	2,5	20	30	133
Глины	4,0	2,0	20	40	200
Углистые сланцы	15,0	2,6	20	15	500
Каменный уголь	3,5	1,3	15	35	100
Осадочные породы	2,5	1,8	20	55	80

Установлено, что “мокрая” консервация шахты “Пролетарская” косвенно улучшила проницаемость горных пород и усугубила процессы газовой миграции.

Приведенный анализ обстановки, сложившейся после «мокрой» консервации ряда шахт Стахановского региона, в частности шахт «Луганская» и «Пролетарская», позволяет допустить возможность миграции газов по зонам дробления горных пород и тектоническим трещинам к водозаборным скважинам и заглубленным помещениям в районе расположения пгт. Новотошковское и находящегося в нескольких километрах от него Светличанского водозабора.

Проникновение шахтных газов на земную поверхность и скопление его в подвалах жилых и производственных помещений сопряжено с опасностью удушья людей и воспламенением метана. Закрытие шахт путем “мокрой” консервации существенно активизирует процессы миграции шахтных газов и радона. Накапливающийся метан постепенно заполняет все выработанные пространства, вплоть до верхнего горизонта, а затем начинает проникать на поверхность по ликвидированным горным выработкам (стволам, шурфам, сбойкам). Из них в дни пониженного атмосферного давления нередко выделяется “мертвый воздух” – газоздушная смесь с высоким содержанием углекислого газа и низким (менее 12%) содержанием кислорода.

Основным средством по борьбе с газовой выделением на земную поверхность в районе действующих и ликвидированных шахт считается проведение мероприятий по дегазации выработанных пространств. Дренажное газоподобное движение осуществляется под естественным давлением или с помощью

передвижной, или стационарной вакуумной станции.

В результате наблюдений за газовой выделением на земную поверхность на территории горных отводов закрытых шахт Стахановского региона установлено следующее:

- затопление горных выработок не вызвало прекращения выделения шахтных газов на поверхность;
- дренажное газоподобное движение по дегазационным скважинам под естественным давлением значительно снизилось, а в некоторых случаях полностью устранило выделение метана на поверхность;
- двухчасовые откачки газа из выработанных пространств вакуумной установкой позволили на 1...2 месяца полностью предотвратить выход метана на поверхность.

Учитывая тот факт, что Стахановский район находится на границе с шахтой “Пролетарская” и закрытие шахт носит региональный характер, можно с уверенностью предположить, что наличие дегазационных скважин снизит остроту проблемы в районе исследований. Необходимо отметить, что в данном случае мероприятия по борьбе с выделением метана будут аналогичны мероприятиям по борьбе с выделением радона. Контроль за содержанием радона в подвалах жилых помещений надо сочетать с контролем загазованности подвалов и наличием в них метана и углекислого газа.

После выявления подобных мест концентрации вышеперечисленных газов необходимо принять меры по изолированию подвальных помещений от почвы (бетонирование полов), возможно, потребуется покрытие полов герметизирующим составом, а самый простой метод борьбы – принудительное проветривание

подвальных помещений. Уровень концентрации радона в воздухе подвалов и домов зависит от естественной и искусственной вентиляции помещения. Анализ активности радона при воздухообмене показывает, что даже однократный воздухообмен за 1 ч снижает концентрацию радона на два порядка.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.И. Уткин. Газовое дыхание Земли // *Соросовский образовательный журнал*. 1997, №1, с. 57 – 64.
2. *Нормы радиационной безопасности Украины НРБУ-97*. Киев, 1997.
3. М.В. Бабаев, Б.Я. Пятко, И.В. Удалов. Особенности радиационной ситуации при закрытии угольных шахт (шахта “Пролетарская” ГХК Луганскуголь) // *ВАНТ. Серия ФРП и РМ*. 2003, №6, с.133-135.
4. Г.Д. Коваленко, К.Г. Рудя. *Радиоэкология Украины*. Киев: КНУ, 2001, 167с.
5. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України // *Офіційний вісник України*. 2005, №23, с.198-278.
6. І.К. Решетов, І.В. Удалов, В.К. Янчев. Вплив реструктуризації шахт на еколого-радіологічний стан підземних вод // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2006, №3 (33), с. 22–28.
7. І.К. Решетов, І.В. Удалов. Радіаційно-екологічна обстановка на шахтах, що закриваються, Стахановського регіону Луганської області // *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. Зб. наук. ін. / УкрНДЦЕП. Харків: ВД “Райдер”, 2005, с. 48–57
8. І.В. Удалов, О.А. Улицький. Особливості радіаційно-екологічної ситуації при закритті вугільних шахт / *Труди XVIII Міжнародної конференції по фізиці радіаційних явлень і радіаційному матеріалознавству. Алушта, Крим*, 2008, с. 368.

Статья поступила в редакцию 16.06.2010 г.

АКТИВІЗАЦІЯ ВИДІЛЕННЯ РАДОНУ ПРИ «МОКРІЙ» КОНСЕРВАЦІЇ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

I.V. Udalov

Описується роль природного радіоактивного газу радону в сумірній дозі опромінення населення в районах вугільних шахт, що закриваються в Луганській області. Показано шляхи розповсюдження радону. Розглянуто ситуації, що приводять до накопичення радону в шкідливих концентраціях.

ACTIVATION OF RADON RELEASE ON “WET” CONSERVATION OF COIL MINES

I.V. Udalov

The role of natural radioactive gas – radon in a population irradiation total dose, due to shut down of coil mining’s of Lugansk district is described. The ways of radon distribution are shown. The situation resulting to radon accumulation in dangerous concentration, are considered.