

безопасности жизнедеятельности (ДРО МАНЕБ) В. Д. Мартовицкий подчеркивает: «Экологическая проблема стала одной из актуальных проблем современного общества не только в рамках отдельных регионов, таких, например, как Донбасс, она приобрела общепланетарные масштабы» [10].

Мировая общественность сегодня бьет в набат, провозглашая экологические и природоохранные лозунги. Мы в техногенно перегруженном регионе планеты только начинаем делать первые шаги в этом направлении, и многие из нас не осознают всю серьезность экологической проблемы как таковой. Поэтому необходимо внедрение в учебный процесс общеобязательных экологических дисциплин с целью формирования у подрастающего поколения экологического сознания и обогащения его экологическими знаниями. Решению экологической проблемы необходимо уделять должное внимание во всех структурах государственного управления. К этому надо прибавить активные усилия самых широких слоев населения. Очень важно выполнение на практике принятых законодательных актов.

Для оздоровления атмосферы нужен систематический вневедомственный контроль над промышленными выбросами с помощью инструментальных замеров. Решение данного вопроса, в частности, требует внедрения нового и повышения эффективности уже задействованного в производстве пылегазоочистного оборудования.

Библиографический список

1. **Про підсумки роботи Держуправління екології та природних ресурсів в Донецькій області в 2003 році та завдання на 2004 рік. Доповідь першого заступника начальника Держуправління Б.П. Земського (основні положення) // Наш край. – 2004. № 4, февраль.**
2. **Большая советская энциклопедия. В 30-ти томах. – Т. 21. – М., 1984.**
3. **Полянский Н. Возвращаются пыльные бури // Наш край. – 2003. № 9, май.**
4. **Колесников Б. В. Обращение о необходимости срочных мер по преодолению критического состояния окружающей природной среды Донецкой области // Вечерний Донецк. – 2002, сентябрь.**
5. **Карагодов И. А. «Зеленые легкие» Донбасса: состояние, проблемы и пути их решения // Наш край. – 2003. № 23, декабрь.**
6. **Полянский Н. Слово о зеленом друге // Наш край. – 2003. № 17, сентябрь.**
7. **Обзоры состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах Донецке и Макеевке за 1985–2003 гг. Материалы Донецкого центра гидрометеорологии.**
8. **Камуз А. М. Вещества нелегкие поражают легкие // Мир здоровья. – 2004. № 13, апрель.**
9. **Справочник по борьбе с пылью в горнодобывающей промышленности / Под ред. Кузьмича А. С. – М., 1982.**
10. **Мартовицкий В. Д. Экологическая и промышленная безопасность в Донбассе как часть общеевропейской проблемы // Наш край. – 2003. № 11, июнь.**

© Камуз А. М., Воевода Б. И. 2004

УДК 622.333.012.2+504(477.61)

ЗАБОРИН М.С., БОГУН Л.Д., ВОЕВОДА Б.И. (ДонНТУ)

ЛИКВИДАЦИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ (НА ПРИМЕРЕ СТАХАНОВСКОГО РАЙОНА ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Рассмотрены динамика уровней подземных вод после ликвидации группы шахт за период три – пять лет. Затронуты явления и процессы подтопления земной поверхности, подвижек горного массива, газовыделения, сопровождающие восстановление природного гидрогеологического режима.

Антропогенное воздействие на окружающую среду в Донбассе имеет более чем столетнюю историю. Оно, в основном, связано с добычей угля и других полезных ископаемых, деятельностью предприятий тяжелой промышленности. В последнее десятилетие дополнительно к ним возникли негативные воздействия, связанные с реструктуризацией угольной промышленности, которая,

преимущественно, осуществляется в виде ликвидации шахт и угольных разрезов. Реструктуризация была начата в 1996 – 1997 г.г. На начало 2003 г. уже ликвидированы или подлежат ликвидации 90 шахт бассейна [1].

Добыча угля в Донбассе в течение длительного времени вызвала значительные изменения состояния массива горных пород и земной поверхности. Во многих местах произошло увеличение трещиноватости и, как следствие, уменьшение прочности горных пород, образовались значительные объемы выработанного пространства, изменились режимы гидро- и газовой проводимости горных массивов, а также гидродинамическая структура подземных вод. На некоторых площадях образовались депрессионные воронки больших размеров (до 15 км) и значительные по площади оседания земной поверхности. Кроме того, на поверхности накопилось огромное количество складированной пустой породы, что выводит из севооборота немало сельскохозяйственных угодий и негативно влияет на все сферы окружающей природной среды.

Но, несмотря на указанные изменения экосистемы, сформировалось состояние определенного природно-техногенного равновесия. Массовая ликвидация шахт вызвала новое коренное изменение окружающей среды. Появились новые экологические проблемы, решение которых пока еще не найдено. К основным из них следует отнести:

- изменение гидрогеологического режима. В результате этого возникает реальная угроза безопасности соседним работающим шахтам, подтопление и затопление застроенных территорий и сельскохозяйственных земель, изменение химического состава подземных и поверхностных вод;

- изменение физико-механических свойств пород и, как следствие, активизация геомеханических процессов в результате затопления горных выработок и массива горных пород;

- проникновение шахтных газов на земную поверхность, в здания и сооружения.

К настоящему времени во многих районах Донбасса проявились негативные последствия ликвидации шахт. К одному из них относится Стахановский район Луганской области, который относится к Алмазно-Марьевскому угледоугольному району. Здесь, за период 1996 – 1998 г.г. закрыты семь близрасположенных друг от друга шахт: “Замковская”, “Брянковская”, “им. Ильича”, “Максимовская”, “им. И.В. Чеснокова”, “Центральная-Ирмино”, “Бежановская”. На сегодняшний день здесь подтоплены значительные территории, активизировались оседания земной поверхности, наблюдаются многочисленные факты выхода шахтных газов на поверхность.

Главнейшей проблемой ликвидации шахт является восстановление естественных уровней подземных вод, сдвинутых в период эксплуатации, а также подтопление земной поверхности. Обводнение горного массива, в том числе и на инженерно освоенных глубинах (основания, фундаменты, коллекторы, подземные коммуникации и т.п.) может создать значительные проблемы хозяйственной деятельности человека. Но кроме самого явления подтопления, также существует проблема загрязнения почв, поверхностных и грунтовых вод, в т.ч. и местных источников водоснабжения (колодцы, скважины). Это объясняется тем, что на начальных этапах восстановления подземные воды имеют высокую минерализацию и загрязнены как различными химическими элементами, так и органическими веществами.

Согласно исследованиям, проведенным специалистами ГК «Укруглеструктуризация» и ПО «Востокдонбассгеология», на всех ликвидированных шахтах в течение первых 2 - 3 лет происходит заполнение подземными водами горных выработок. На следующем этапе, который занимает 5 – 10 лет, происходит заполнение порового и трещиноватого пространства пород [2]. При этом, в наиболее пониженных местах рельефа происходит развитие процессов подтопления.

На территории ликвидированных шахт Стахановского района естественным базисом эрозии является р. Лугань и ее правые притоки р.р. Камышеваха и Лозовая. В поймах указанных рек после ликвидации шахт предусматривалось развитие процессов подтопления (глубина залегания подземных вод менее двух метров от поверхности). При разработке проекта инженерной защиты окружающей природной среды Стахановского региона, специалистами «Луганскгипрошахт» по каждому шахтному полю давались следующие прогнозные оценки по масштабам и срокам подтопления [3]. В пределах поля шахты «Замковская» прогнозировалось подтопление поймы р. Лозовая площадью 0,37 км² к 2002 году. По полю шахты «Брянковская», прогнозировалось подтопление поймы р. Лозовая к 2002-2003 гг. площадью 1,87 км². В пределах поля шахты «им. Ильича» прогнозная площадь подтопления должна была составить к 2004 г. – 0,67 км², поля шахты «Максимовская» к 2005 г. площадь подтопления - 0,18 км². Подтопление прогнозировалось в пойме реки Камышеваха. По полю шахты «им. И.В. Чеснокова» подтопления не прогнозировалось. Прогнозная площадь подтопления поймы р. Лугань, расположенной в пределах поля шахты «Центральная-Ирмино», должна была составить к 2005 г. 0,89 км².

Наблюдения за восстановлением уровней подземных вод (УПВ) производились по 53 гидронаблюдательным скважинам, пробуренным на горные работы и водоносный горизонт зоны выветривания.

Скорость восстановления естественных уровней подземных вод зависит от многих факторов. В их числе горно-геологические и гидрогеологические условия, завалы горных выработок, наличие воздушных и газовых «пробок» в выработанном пространстве, наличие сбоек с соседними шахтами. Процессы подъема (темпы и уровни) подземных вод в процессе затопления шахт, ожидаемая зона разгрузки и интенсивность подтопления территории в значительной мере зависят от перераспределения подземного стока в гидравлически взаимосвязанных между собой шахтах и характера нарушения, существовавшего до закрытия шахт гидродинамического режима.

Данные наблюдений показали, что оправдываемость прогнозных оценок по уровенному режиму и срокам возникновения зон подтопления достаточно высокая, за исключением поля шахты «Замковская».

Реальная ситуация восстановления УПВ по каждому шахтному полю характеризуется следующим образом.

В пределах поля шахты «Замковская», после остановки водоотлива 1996 г. не произошло резкого подъема УПВ. Колебания уровней с момента начала наблюдений во всех скважинах не превышали 1 – 3 м и к прогнозируемому времени зона подтопления отсутствовала. Лишь на небольшом участке подземные воды с самого начала ведения наблюдений залегают на глубине одного метра от поверхности. Отсутствие устойчивого подъема УПВ объясняется перетоком подземных вод с шахты «Замковская» на шахту «Анненская» по трещиноватым породам зоны выветривания. Наличие связи между шахтами подтверждается увеличением на шахте «Анненская», начиная с 1996 г. притока воды в горные выработки. В 1996 г. – 289 м³/час, в 1997 – 360 м³/час, в 1998 г. – 506 м³/час, в 1999 г. – 440 м³/час, в 2000 г. – 470 м³/час.

Шахта «Анненская» была ликвидирована в 2000 г. На протяжении трех лет шло заполнение депрессионной воронки. В 2003 г. подземные воды на обеих шахтах вышли на близкие отметки. Начиная с января 2003 г. в наблюдательных скважинах, пробуренных на поле шахты «Замковская» отмечен рост УПВ на 3 – 7 м и на момент последнего замера в апреле 2003 г. подземные воды залегают на глубинах 5 – 7 м от поверхности.

К сожалению, наблюдения за динамикой УПВ были прекращены. Вполне резонно предполагать формирование зоны подтопления прогнозируемых размеров к настоящему времени.

В пределах поля шахты «Брянковская», после остановки водоотлива 1996 г. отмечен рост уровней подземных вод по всем наблюдательным скважинам. Площадь подтопления на апрель 2002 года составила 0,3 км² (прогнозируемая 1,87 км²). Для снижения последствий подтопления в скиповом стволе №6-ббис была сооружена водопонижающая установка.

После анализа данных наблюдений за динамикой подземных вод в наблюдательных скважинах и оценки степени влияния производимой откачки на снижение УПВ в массиве, был сделан вывод о неоднородном характере динамики подземных вод. В виду высокой тектонической нарушенности горного массива было сделано предположение о блоково-площадном характере восстановления УПВ. Сплошность горного массива в пределах шахтного поля осложнена двумя крупными надвигами субширотного простирания - IV Брянским и Безымянным, расположенным относительно друг друга с севера на юг соответственно. Скиповый ствол расположен в висячем крыле IV Брянского надвига и лежащем крыле Безымянного.

Интересная картина наблюдается в двух скважинах, расположенных на водораздельном пространстве. В скважине, расположенной в лежащем крыле IV Брянского надвига в течение всего 4-летнего периода наблюдений отмечен стабильный рост УПВ, который на ноябрь 2004 г. залегал на абсолютной отметке 164,50 м. В скважине, находящейся в висячем крыле IV Брянского надвига и одновременно в висячем крыле апофизы, относящейся к указанному надвику УПВ, начиная с декабря 2000 г. находился на отметках УПВ в стволе. На ноябрь 2004 г. УПВ в этой скважине находился на отметке 111,35 м, в стволе – 107,7 м. Характер изменения УПВ в стволе и скважине и в дальнейшем был идентичен.

Таким образом, тектонические нарушения субширотного простирания играют роль малопроницаемого экрана. Нарушения субмеридионального простирания имеют высокую проводящую способность.

Вместе с тем, недостаточно ясной остается картина влияния разрывных нарушений на восстановление УПВ в скважинах, расположенных в пойме реки Лозовая. По-видимому, здесь кроме влияния разрывных нарушений на восстановление УПВ, значительную роль

играет высокая экзогенная трещиноватость горного массива. Для более однозначного подтверждения сделанного вывода, необходимы дальнейшие исследования. Но, вместе с тем, следует отметить, что знание условий формирования разрывных нарушений, палеотектонических особенностей района, наряду с изучением гидрогеологических особенностей региона, позволит более точно прогнозировать восстановление уровней подземных вод в различных тектонических блоках и таким образом более обоснованно проектировать защитные мероприятия.

В пределах поля шахты «им. Ильича» наблюдения велись с 1996 по декабрь 2002 г. За период наблюдений отмечен стабильный рост УПВ по всем наблюдательным скважинам и по состоянию на декабрь 2002 г. в пойме реки Камышеваха сформировалась зона подтопления площадью 30 га, т.е. 45 % от прогнозируемой к 2004 г.

В пределах поля шахты «Максимовская» на момент окончания наблюдений в декабре 2002 г. изменений окружающей среды, связанной с подтоплением территории не наблюдалось. Дальнейшая картина динамики УПВ неизвестна. По аналогии с гидрогеологическими процессами, происходящими на других шахтных полях, следует ожидать дальнейшее восстановление УПВ и формирование зоны подтопления в пойме реки Камышеваха.

В пределах поля шахты «им. И.В. Чеснокова», ввиду его расположения на водораздельном пространстве, подтопления территории не отмечено, что соответствует прогнозным оценкам.

В пойме реки Лугань, которая подработана шахтой «Центральная-Ирмино», на конечный момент наблюдений отмечено формирование зоны подтопления площадью 40 га.

Не менее важной является проблема изменения химического состава подземных вод. Вопрос формирования химического состава подземных вод после ликвидации шахт является недостаточно выясненным. В общем случае, для всех ликвидированных шахт, прогнозируется увеличение минерализации подземных вод в 2 – 2,5 раза, по сравнению с естественными условиями, в течение четырех – пяти лет после закрытия. Кроме того, подземные воды приобретают кислую реакцию. Основой при составлении прогноза изменения химического состава подземных вод послужили материалы откачки затопленных в период Великой отечественной войны шахт. Откачиваемые тогда подземные воды имели кислую реакцию, при этом минерализация, по сравнению с эксплуатационным режимом, возросла в 2-2,5 раза.

Поэтому был сделан прогноз в сторону увеличения минерализации и уменьшения концентрации ионов водорода

Проблема изменения химического состава приобретает особую актуальность ввиду развития интенсивной техногенной трещиноватости горного массива в местах отработки пластов угля. Ранее изолированные водоносные горизонты, вследствие этого, получают гидравлическую связь. При восстановлении естественных УПВ происходит смешение вод глубоких горизонтов, имеющих высокую минерализацию, с водами вышележащих водоносных горизонтов. В результате этого возникает реальная угроза местным источникам водоснабжения.

Минерализация подземных вод рассматриваемых шахтных полей в период эксплуатации не превышала 4,0 – 4,1 г/дм³, составляя в среднем 2,0 – 2,8 г/дм³ (табл. 1).

Табл. 1. Минерализация шахтных вод в период эксплуатации, прогнозируемая и фактическая после ликвидации шахт

Наименование шахты	Минерализация, г/дм ³		
	в период эксплуатации	прогнозируемая	фактическая на апрель 2003 г.
«Замковская»	1,6-2,0	2,4	1,4 – 2,0
«Брянковская»	2,3	6,0	0,6 – 4,0
«им. Ильича»	2,8-3,0	6,0	1,2 – 3,2
«Максимовская»	4,1	8,2	1,2 – 1,3
«им. И.В. Чеснокова»	2,1-2,2	6,0	н.з.
«Центральная-Ирмино»	4,0	8	3,6

Наблюдения за изменением химического состава подземных вод в течение пяти лет (с 1998 по 2003 г) показали, что ожидаемого повышения минерализации не произошло. Лишь в отдельных пробах, отобранных в пределах полей шахт «Брянковская» и «им. Ильича», величина минерализации соответствовала прогнозным оценкам. Практически не претерпел трансформации и показатель рН. Кислая (слабокислая) реакция подземных вод отмечена

лишь в нескольких пробах, отобранных по шахтам «Брянковская и «им. Ильича» в 2002 и 2003 г.г. При этом, если в 2002 г. показатель рН имел значение $<7,0$, то в пробе, отобранной в 2003 г. подземные воды имели нейтральную, близкую к слабощелочной реакцию.

По состоянию на апрель 2003 г. подземные воды по всем шахтным полям не отвечали прогнозным параметрам (см. табл.1). Таким образом, процесс формирования химического состава подземных вод занимает более длительное время, чем предполагалось.

Основные мероприятия для защиты водозаборов и каптажей подземных вод, в основном, сводятся к поддержанию уровня минерализованных подземных (шахтных) вод на определенных глубинах, обеспечивающих невозможность их подтягивания к каптажным сооружениям [1].

Заполнение горных выработок и горного массива подземными водами обуславливает активизацию подвижек земной поверхности. Наиболее значительные сдвиги земной поверхности происходят над разрывными нарушениями, крутопадающими пластами, в замковых частях антиклиналей, а также над горными выработками, проведенными на небольших (до 80 м) глубинах [1].

В период с 2001 по 2003 год на полях ликвидированных шахт изучаемого района производились наблюдения за сдвигами земной поверхности.

Установлено, что по всем шахтным полям произошла активизация оседаний земной поверхности, величины которых, по различным участкам составили от 10-15 до 100 мм [1].

Сдвиги вызвали дополнительное повреждение зданий и сооружений, которые ранее испытывали влияние подработки.

Из 32 исследуемых зданий, в 27 (82 %) отмечено увеличение раскрытия трещин. В 15 зданиях размер трещин увеличился от 1 до 5 мм, в 12 – более чем на 5 мм. Кроме того, в 10 зданиях также отмечено увеличение числа трещин [4].

Наряду с вышеуказанными проблемами, связанными с ликвидацией шахт, существует еще одна, не менее важная – газовыделения. Поэтому в связи с ликвидацией шахт защита подработанных густонаселенных территорий от газа приобретает особую актуальность. Проникновение шахтных газов к земной поверхности вызывает загазирование подвалов, жилых и производственных помещений, что сопряжено с опасностью удушья людей и воспламенении метана.

После завершения выемки угля газоотдача из горного массива, находящегося под влиянием очистных работ, постепенно сокращается, но остается довольно высокой в течение нескольких десятилетий. Известно также то, что обводненность путей миграции газов не является достаточным препятствием для проникновения его на поверхность. Известны случаи, когда метан выделялся на поверхность и по прошествии 70 лет после закрытия шахты (шахта №3-Збис, г. Донецк и др.) [1].

Участки, опасные по выделению шахтных газов на земную поверхность, приурочены к площадям подработки и, как правило, ограничены ими. Анализ горно-геологических и горнотехнических условий показывает, что опасными по газовой выделению зонами являются выходы газо-водоносных песчаников в замковых частях антиклиналей, выходы пород, залегающих в кровле отработанных пластов в замковых частях антиклиналей, выходы разрывных нарушений, участки в радиусе 25 м над устьями погашенных и погашаемых горных выработок [1].

На территории ликвидированных шахт Стахановского региона установлено 13 участков, опасных по выделению шахтных газов площадью 14,9 га. Общее количество зданий, находящихся в пределах данных участков составляет 108 [5].

Для защиты зданий были пробурены 38 дегазационных и 25 наблюдательных скважин. Дебиты газовой смеси составляют от 0,01 до 4,9 м³/мин. При этом содержание метана в газовой смеси изменяется от 2 до 30 - 37,5 %, а углекислого газа от 2,1 до 12-13 % [1].

Откачки газа, как правило, полностью прекращают его выделение. Но вместе с тем, несмотря на высокую эффективность защитных мероприятий, необходимо ведение постоянных наблюдений за газовой выделением на территориях ликвидированных шахт.

Ликвидация шахт оказывает сильное воздействие на окружающую среду. К сожалению, вопросы защиты территорий, расположенных в пределах ликвидированных и ликвидируемых шахт, зачастую решаются не в должном объеме. Это создает серьезную угрозу безопасности проживания людей и нормальному функционированию предприятий в угледобывающих регионах. Решение этих вопросов должно рассматриваться на государственном уровне и финансирование исследований по данной тематике, а также реализации защитных мероприятий должно осуществляться в необходимом объеме.

Библиографический список

1. **Техногенные** последствия закрытия угольных шахт Украины / Ю.Н. Гавриленко, В.Н. Ермаков, Ю.Ф. Кренида и др. - Донецк, 2004. - 631 с.
2. **Ермаков В.Н., Семенов В.А., Улицкий О.А. и др.** Развитие процессов подтопления земной поверхности под влиянием закрывающихся шахт. «Уголь Украины». – 2001. - №6. – с. 12 – 15.
3. **«Комплексный проект инженерной защиты ОПС территории Стахановского региона в связи с закрытием группы шахт»:** Отчет о результатах проведенных исследований 2 этапа по комплексной оценке состояния геологической среды Стахановского региона / «Луганскгипрошахт»; Луганск, 1998. - 270 с.
4. **Гавриленко Ю.Н., Ковалев К.В., Ермаков В.Н. и др.** Геомеханический мониторинг при затоплении выработок ликвидированных шахт Стахановского региона. «Уголь Украины». – 2004 г. - №5. - с.32 – 34.
5. **Комплексный проект защиты территории Стахановского региона в связи с закрытием группы шахт:** Отчет о выполненных работах / «Луганскгипрошахт» Луганск 2000. - 522 с.

© Заборин М.С., Богун Л.Д., Воевода Б.И. 2004

УДК 551.24.03+504

АЛЕХИН В. И. (ДонНТУ)

РАЗЛОМЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ КАК ЗОНЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

На примере Донбасса и Приазовского блока Украинского щита рассмотрены вопросы строения разломных зон, особенностей их активизации в неотектонический и современный этапы развития земной коры. Показаны формы проявления разломных зон в молодых покровных и почвенных отложениях. Рассмотрена роль разломов земной коры в формировании зон экологического риска, обусловленных нарушениями окружающей среды (оползни, карст и др.) и опасным уровнем концентрации в почвах ряда химических элементов.

Разрывные нарушения в земной коре являются одним из главных источников нарушений и загрязнений окружающей среды. Так глубинные разломы характеризуются длительной историей развития с многочисленными, вплоть до настоящего времени, этапами активизации. Разрывные нарушения в значительной степени влияют на формирование рельефа дневной поверхности Земли, развитие овражно-балочной системы. Часто вдоль этих структур из недр Земли к поверхности идут потоки ювинильных флюидов, наблюдается интенсивный вертикальный водогазообмен.

Для зон разрывных нарушений характерна повышенная трещиноватость, дезинтеграция и водонасыщенность пород. Вдоль них активно развивается карст, наблюдаются интенсивные водоперетоки, устанавливается гидравлическая связь поверхностных и подземных вод. В результате всех этих явлений в зонах динамического влияния разрывных нарушений наблюдается разуплотнение и оседание несущих грунтов, инфильтрация поверхностных загрязнителей в водоносные горизонты питьевого назначения, формирование ландшафтных аномалий с высокими концентрациями химических элементов и веществ различных классов опасности на геохимических барьерах. В зонах влияния разломов часто наблюдаются деформации земной поверхности, приводящие к нарушениям целостности зданий, сооружений, дорог, трубопроводов и т.д. Следует также отметить формирование аномалий радиоактивного газа радона в покровных отложениях над разломами, что послужило теоретической основой применения эманационной (радоновой) съемки для картирования разрывных нарушений на закрытых площадях [1]. В 70-е годы прошлого столетия было установлено новое явление – прямая связь интенсивности радоновых аномалий с геодинамическими процессами в земной коре и в зонах разломов [2]. Это явление послужило основой новому направлению исследований в геологии – структурно-геодинамическому картированию (СГДК) [2-5]. В последние годы все больше внимание уделяется радоновой опасности и особенно в зонах влияния активных в современную эпоху разломов [6 - 8]. Весьма актуальна эта проблема для населенных пунктов. Известно, что основное поступление радона