

С. П. Высоцкий, д-р техн. наук¹, Л. Г. Левченко², В. Г. Ленский²

1 – Автомобильно-дорожный институт ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка, 2 – Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка

РИСКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДОНА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Рассмотрены риски воздействия радона на здоровье человека. Показано, что Донецкий регион находится в зоне разломов земной коры. Неблагоприятное воздействие радона обусловлено также наличием подработок территорий. Приведены статистические данные по уровню рисков в зависимости от концентрации радона в используемой воде. Уровни защиты от облучения в жилых зданиях зависят от свойств строительных материалов. Приведен метод расчета защитных свойств материалов. Описаны предпочтительные методы очистки воды от радона.

Ключевые слова: радон, радиационные риски, строительные материалы, очистка воды, геологические разломы

Состояние вопроса

В окружающей среде находится достаточно большое количество загрязняющих веществ, которые могут влиять на здоровье человека. По своему происхождению они имеют различную природу. Как правило, это естественные загрязнители или техногенные вещества, образующиеся в результате обширной производственно-экономической деятельности человека [1].

Одним из источников загрязнения среды обитания является радиация. Радиация наносит большой вред здоровью человека. В больших дозах она способна за считанные дни разрушить ткани человека, что в конечном итоге приводит к смертельному исходу. При малой же дозе радиоактивного облучения у человека понижается иммунитет, могут появиться онкологические заболевания или изменения на генетическом уровне, которые проявятся у его потомков в виде различного рода патологий.

Природные и техногенные радионуклиды, космическое излучение и некоторые медицинские процедуры (например флюорография) обеспечивают дозовую нагрузку на население. В настоящее время основную дозу излучения человек за время жизни получает за счет природных радионуклидов (70 %), среди которых первое место занимает радон (^{222}Rn) (30–60 % в зависимости от географического местоположения жилища).

Почти 17 % радиационного облучения человек приобретает во время прохождения медицинских обследований. И только 0,1 % от общего числа радиоактивных излучений приходится на атомные электростанции и другие объекты подобного типа.

Радон-222 – это радиоактивный газ без запаха и вкуса, который является продуктом радиоактивного распада природных радионуклидов уранового ряда. Он является α -излучателем с периодом полураспада – $T_{1/2} = 3,8$ суток [2].

Проникая из-под земли или выделяясь из строительных материалов (бетон, гранит, сланцы, кирпич из красной глины и т. д.), радон накапливается в шахтах, подвалах, на первых этажах домов. Концентрация радона может в 8 раз превышать фоновые показатели, если помещение не проветривается с определенной периодичностью.

В окружающую среду радон поступает из почвы, строительных материалов, воды, при сжигании природного газа. Концентрация радона в атмосферном воздухе в среднем составляет около 5 Бк/м^3 , и существенно различается в зависимости от локализации (рисунок 1).

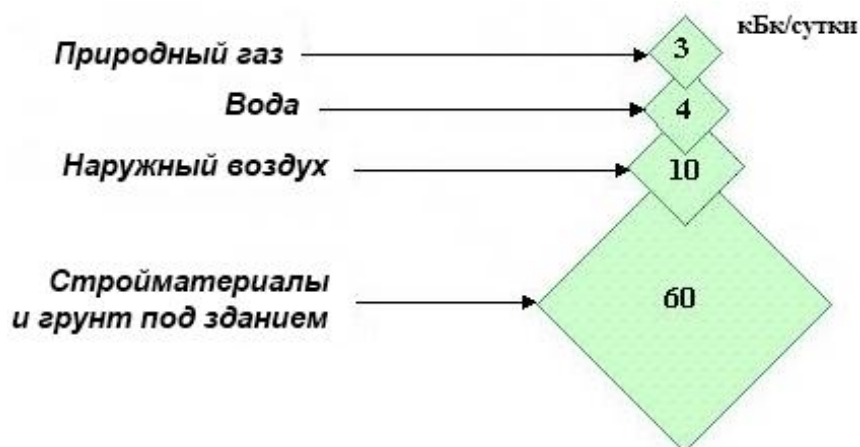


Рисунок 1 – Поступление радона в окружающую среду

В 70–80 годах прошлого столетия были обнаружены высокие концентрации радона в жилых помещениях таких стран, как Швеция и Финляндия. Однако до этого времени ни в одной стране мира не был установлен норматив на содержание радона в помещениях.

В 1987 году опубликованы рекомендации Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) [3], посвященные проблеме заболевания раком от облучения дочерними продуктами распада радона, подтвердив этим приоритет радона в проблеме облучения населения. Были пересмотрены в сторону увеличения коэффициенты перехода от активности к дозе облучения. Развитие этой проблемы нашло отражение в рекомендациях МКРЗ «Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах» [4], опубликованных в 1993 г. В СССР и Украине проблемой радона начали заниматься в конце 80-х годов в связи с расширением знаний о влиянии природной радиоактивности на человека [2].

Что же касается медицинских аспектов, то эпидемиологические исследования обнаружили прямую связь между облучением радоном в жилищах и возникновением рака легких. Было установлено, что с увеличением коллективной дозы облучения населения увеличивалось количество заболеваний раком легких, заболеваний органов кроветворения, генетических нарушений. Наиболее характерным является увеличение заболеваний легких в связи с высокой чувствительностью бронхиальных клеток к продуктам распада радона, обладающих высокой ионизирующей способностью.

По данным МКРЗ величина относительного риска возникновения рака легких среди наблюдаемых 32000 горняков урановых шахт равна примерно трем, что значительно выше аналогичной величины риска от всех видов рака, установленного в прижизненных исследованиях жертв атомных бомбардировок в Японии. В Швеции было установлено, что относительный риск возникновения рака в 1,5 раза выше для жителей тех домов, где концентрация радона в воздухе превышала 400 Бк/м^3 , по сравнению с остальным населением. В России предварительные расчеты показали, что количество случаев заболеваний раком легких, обусловленное радоном и продуктами его распада, может составить 1,5 млн случаев за 70 лет (за период жизни одного поколения).

Проникая в организм, радон может начать разрушать живые клетки. Особенно велика опасность при вдыхании воздуха с концентрацией радона более чем 200 Бк/м^3 . Облучение высокими дозами радиации может вызвать лейкемию и другие разновидности раковых заболеваний.

Цель исследований

Оценка рисков, связанных с воздействием радона на организм человека, и определение эффективности различных защитных мероприятий для предотвращения вредного воздействия радона в бытовых условиях.

Основной материал исследований

Радон проникает в легкие и вызывает облучение биологических тканей, что приводит к возникновению рака легких. Согласно результатам многолетних исследований, частота смертности населения США от облучения радоном составляет до 20 тыс. случаев в год. Более того, по оценке Научного Комитета ООН по действию атомной радиации, радон вместе со своими дочерними продуктами радиоактивного распада ответственен примерно за 75 % годовой индивидуальной эффективной дозы облучения человека (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Вклад радона в суммарную дозу облучения населения в некоторых странах

| Страна | Вклад (%) | Страна | Вклад (%) |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| Весь мир | 36 | Финляндия | 90 |
| США | 55 | Россия | 30 |
| Англия | 50 | Украина | 70–75 |

Недавние исследования немецких ученых по контролю влияния радона на организм человека, а также экстраполяция данных, полученных из урановых подземных выработок, показали, что необходимо учитывать соответствующий вклад радона в риск возникновения рака легких у населения. Более высокие концентрации радона в помещении, как правило, зависят от возможности радона проникать из окружающей почвы.

Исследование выявило следующие результаты:

- наличие радона в домах следует рассматривать как причинно-следственную связь рака легких у курильщиков и некурящих;
- риск развития рака легких увеличивается пропорционально с увеличением концентрации радона. Отношение экспозиции выглядит примерно линейным без признаков порога.

По общеевропейской оценке наличия радона в домах была сделана оценка доли от смертей, вызванных раком легких у населения Европы. После 2000 года, по исследованиям научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН), среднее значение концентрации радона составляет около 60 Бк/м³ в жилых помещениях стран Европейского Союза, предполагается линейное увеличение риска на 16 %.

Концентрация радона до 100 Бк/м³ приводит к увеличению до 9 % доли смертей от рака легких и до 2 % всех смертей от рака. В абсолютном выражении это означает, что около 20000 случаев смертей в год от рака легких происходит в ЕС в связи с воздействием на организм человека радона.

Ионизирующее излучение от продуктов распада радона крайне опасно и отражается на здоровье населения. При средней концентрации радона в жилых помещениях (25 Бк/м³) смертность от рака легких составляет 3–4 человека на 1000.

Для значений концентраций радона в воздухе квартир (50 Бк/м³) риски воздействия радона и несчастные случаи при выполнении домашней работы почти сравнимы друг с другом.

При концентрации радона 200 Бк/м³ (концентрация, зарегистрированная в некоторых квартирах) раком легких заболеет 30–40 человек из 1000, что становится сравнимым с риском работы на урановых рудниках. При концентрациях порядка 1000–3000 Бк/м³ – с риском курения (для некурящих и курящих соответствующие цифры составляют 34 и 590 человек из 1000). Таким образом, вклад радона в смертность человека от рака легких заметен только для некурящих. Для курящих этим видом риска можно пренебречь.

Радон относится к газам, которые прекрасно растворяются в воде, поэтому подземные воды легко насыщаются радоном. В подземных водах концентрация радона-222 составляет до $200 \cdot 10^{-12}$ кюри/л; в водах источников и ручьев – до $3-10000 \cdot 10^{-12}$ кюри/л; в речных водах – $0,2-0,3 \cdot 10^{-12}$ кюри/л [5]. Радон попадает в дом с водой и также может скапливаться в значительных количествах в кухнях и ванных комнатах (рисунок 2).

Растворенный в воде радон действует двояко. С одной стороны, он вместе с водой по-

падает в пищеварительную систему, с другой стороны – люди вдыхают выделяемый из воды радон при ее использовании. Когда вода вытекает из крана, происходит выделение радона, в результате чего концентрация радона в кухне или ванной комнате может в 30–40 раз превышать его уровень в других помещениях (например в жилых комнатах). Ингаляционный способ воздействия радона считается более опасным для здоровья [6].

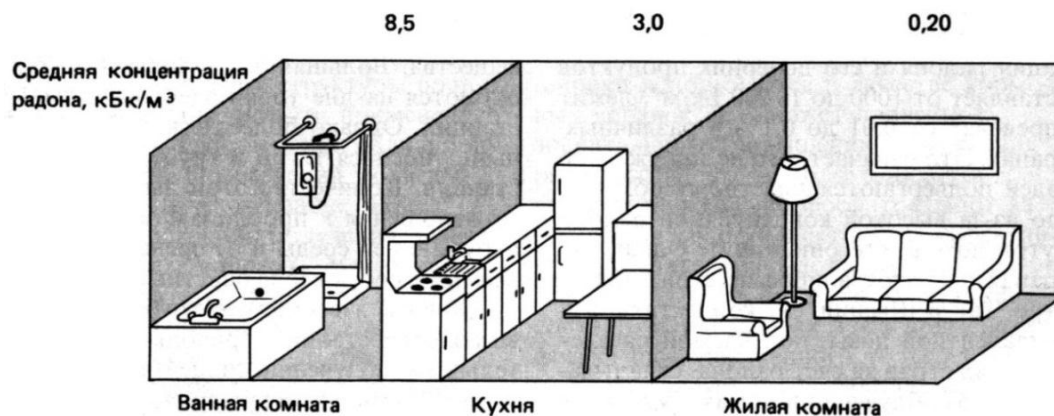


Рисунок 2 – Накопление радона в разных комнатах

По указанным оценкам риск развития рака легких существенно зависит от концентрации радона в воде (таблица 2).

Таблица 2 – Частота заболеваний раком легких в зависимости от концентрации радона в помещении

| Концентрация радона | Частота заболеваний в случаях на количество жителей |
|---------------------|---|
| 1000 р Ки/л | 3–13 на 10 000 |
| 10 000 р Ки/л | 3–13 на 1000 |
| 100 000 р Ки/л | 3–12 на 100 |

Для предотвращения вредного воздействия радона при его поступлении с водой в жилое помещение применяют несколько вариантов предварительной очистки воды. Наиболее предпочтительным является удаление радона методом аэрации из воды, разбрызгиваемой через форсунки или при контакте воды с воздухом в насадочной колонне. Насадка выполняется из колец Рашига, Палля, седел Берли и др. (рисунок 3).

В США нашел применение метод удаления радона за счет сорбции на активированном угле. Однако такое решение является опасным вследствие риска облучения человека сконцентрированным радоном и продуктами его вторичного распада.

Увеличение в обществе предпочтений проживания в естественных условиях, новые правила для энерго- и ресурсосбережения и интерес к строительству из недорогого сырья ставят перед промышленностью задачи применения новых достижений в области строительных материалов. Изоляция зданий от проникновения радона, особенно в районах, подверженных выходу радона на поверхность, является насущной проблемой.

В этой связи были проведены измерения, при проверке влияния свойств строительных и изоляционных материалов, для определения коэффициента диффузии и плотности материала на проницаемость радоном. Естественно, герметичность материала зависит от его составляющих. Таким образом, используемая длина диффузии, как безразмерный фактор между диффузионной длиной и толщиной материала, используется в виде критерия.

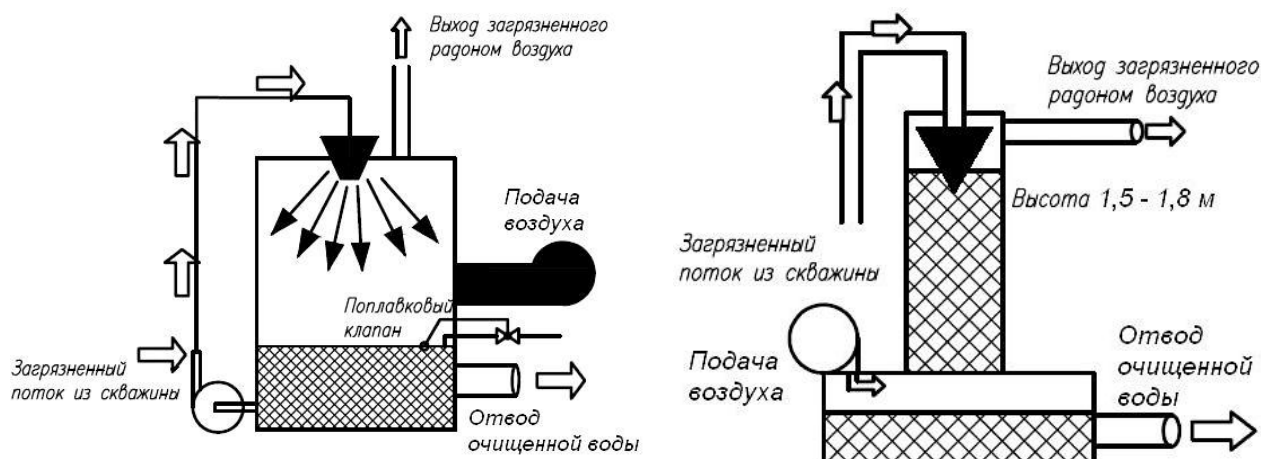


Рисунок 3 – Методы удаления радона из воды, поступающей в жилое помещение

Принцип измерения состоит в определении потока радона из камеры с высокой концентрацией радона во вторую камеру, с гораздо более низким его содержанием. Диффузный поток радона через пористые среды описывается законом Фика. В случае, когда проникновение газа может рассматриваться только в одном направлении, содержанием радона внутри среды (наполнителя) можно пренебречь:

$$\frac{\partial c(x,t)}{\partial t} D \frac{\partial^2 c(x,t)}{\partial x^2} - \lambda c(x,t), \quad (1)$$

где $c(x,t)$ – концентрация радона внутри образца, Бк/м³;

D – постоянный диффузионный коэффициент для радона (м²/с);

λ – константа распада радона (м²/с).

Коэффициент диффузии рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{\Phi l \sinh(d/l)}{p_{eff} [c_o - c_d \cosh(d/l)]}, \quad (2)$$

где Φ – норма выхода концентрации потока радона, Бк/м²с;

p_{eff} – эффективная пористость, доля типового объема, занятая открытыми порами;

$c_o = c(x=0)$ концентрация радона в резервуаре, Бк/м³;

$c_d = c(x=d)$ концентрация в помещении, Бк/м³;

d – толщина материала, м;

$l = (D/\lambda)^{1/2}$ – длина диффузии радона, м.

Скорость выхода определяется путем измерения растущей концентрации в измерительной камере, за время между двумя последующими определениями измерений, и сечения потока проникновения радона. В связи с тем, что длина диффузии l является функцией D , коэффициент диффузии рассчитывается численно итерационным методом.

Коэффициент диффузии не зависит от толщины образца материала. В противоположность этому, поток через образец уменьшается с увеличением толщины. Чтобы получить независимый параметр, который определяет герметичность, используется показатель толщины образца и длины диффузии. Если проницаемость образца в три раза меньше диффузионной длины, то через него проходит менее 5 % от начальной концентрации радона и материал считается радононепроницаемым.

Результаты измерений некоторых строительных и изоляционных материалов приведены в таблице 1 (результаты нескольких образцов приведены к средним значениям).

В общем, коэффициент диффузии исследуемых строительных материалов изменяется в пределах 10^{-9} до 10^{-6} м²/с, что соответствует диффузионной длине от 6 до 100 см. Таким образом, материал должен иметь нереальную толщину, до 300 см, чтобы получить определенный уровень защиты. Только некоторые бетоны, особенно с полимерными примесями, могут препятствовать диффузии. Полимеры заполняют большую часть пористой среды и закрывают путь диффузии через материал.

Изоляционные материалы имеют различные свойства. При коэффициентах диффузии меньше чем 10^{-11} м²/с длина диффузии составляет менее 2 мм. Черный бутылкаучук не имеет высокой плотности для проницаемости радона. Содержание сажи или графита приводит к открытой структуре и нарушению сплошности по отношению к пропуску радона. Результаты измерений по использованию некоторых строительных и изоляционных материалов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Экспериментальные средние значения коэффициента диффузии и длины диффузии ²²²Rn для некоторых материалов

| Материал | Толщина, 10 ⁻³ м | Коэффициент диффузии, 10 ⁻⁶ м ² /с | Длина диффузии, 10 ⁻³ м | Оценка |
|--|--------------------------------|--|--|-------------|
| Гипс | 100 | 2,35 | 1100 | проницаемые |
| Пемза | 150 | 1,50 | 850 | проницаемые |
| Известняк | 150 | 0,34 | 400 | проницаемые |
| Кирпич | 150 | 0,35 | 400 | проницаемые |
| Песчаник | 100 | 2,20 | 1000 | проницаемые |
| Пенобетон | 100 | 1,30 | 800 | проницаемые |
| Тяжелый бетон | 100 | 0,007 | 60 | проницаемые |
| Полимерный бетон | 40 | <10 ⁻⁶ | 7 | плотные |
| Гранит | 30 | 0,053 | 160 | проницаемые |
| Стеклопакет из вспененного стекла | 70 | <10 ⁻⁶ | <0,7 | плотные |
| Асфальтоасбест | 3 | 10 ⁻⁶ | 0,7 | плотные |
| Битум | 3 | <10 ⁻⁶ | <0,7 | плотные |
| Полиакриловая пленка | 1 | <10 ⁻⁶ | <0,7 | плотные |
| Силиконовая резина | 3 | <10 ⁻⁶ | <0,7 | плотные |
| Свинцовая фольга | 0,1 | <10 ⁻⁶ | <0,7 | плотные |
| Резина на основе бутилового каучука | 1,5 | 10 ⁻⁵ | 2 | проницаемые |
| Полиуретановое покрытие | 5 | <10 ⁻⁶ | <0,7 | плотные |
| Пленка пластика | 3 | <10 ⁻⁶ | <0,7 | плотные |
| Эпоксидная смола | 3 | <10 ⁻⁶ | <0,7 | плотные |

Таким образом, однозначно нельзя делать выводы об эффективности уплотнительных свойств некоторых материалов при их использовании в строительной практике. Например, исследуемые пластины, изготовленные из пеностекла, были плотными, однако битум не закрыл швы между ними. В другом случае в результате недостаточного количества клея стыки были проницаемыми. И даже небольшие проколы в изолирующей пленке могут способствовать прохождению радона.

Большинство материалов, используемых для изоляции здания от влаги и теплового потока, являются изолирующими от радона. Но внимание необходимо обращать на обработ-

ку материалов в целом и особенно на стыки между строительными элементами. Сварочные швы и уплотнения из клея должны быть обработаны надлежащим образом, чтобы препятствовать возможности проникновения радона.

К сожалению, стандартные бетоны, а также многие другие строительные материалы не препятствуют миграции радона в достаточной мере. Необходимо в каждом конкретном случае подходить осторожно к устройству основания, чтобы избежать сильно связанной системы пор, и следовательно снижать диффузию. До сих пор только полимерные бетоны или комбинация бетона и пленки с полиуретановым покрытием соответствуют показаниям, подходящим для восстановления домов, подверженных воздействию радона.

Чтобы получить оценку эффекта ремонта здания при «радононепроницаемости» изоляции, нужно оценить отношение потока радона из окружающей почвы к концентрации его внутри здания.

При оценке площади необходимо учитывать, что если концентрация радона внутри почвы порядка 100 кБк/м^3 , а весь подвал «радононепроницаемый», то для всех стен и пола критерий $D/L \geq 3$ выполнен, расчетный выход радона Φ меньше, чем $0,001 \text{ Бк/м}^2$, $C = 3,6 \text{ Бк/м}^2 \text{ ч}$.

Оценка концентрации радона в подвале может быть проведена по формуле:

$$C_{Rn} \approx \Phi \cdot S \cdot \nu, \quad (3)$$

где S – соотношение между поверхностью и объемом подвала 2 м^{-1} ;
 ν – скорость вентиляции $0,4 \text{ ч}^{-1}$.

В этом случае потоки радона достигают концентрации 18 Бк/м^3 . Таким образом, критерий является полезным и может выполнить желаемое уменьшение вредного воздействия повышенного содержания радона.

Материалы исследований указывают на то, что в принципе невозможно выделить группу «радоноизолирующих материалов» без проведения измерений. Даже небольшие изменения в составе, например примесь графита в резиновых изделиях, могут изменить диффузионные свойства материала.

Источником поступления радона являются радононосные тектонические зоны, которые характеризуются резко аномальными (во много раз превышающими местный геохимический фон) концентрациями радона, четко выраженными линейными размерами (как правило, ширина таких зон составляет от десятков до сотен метров при протяженности во многие сотни и тысячи метров). Концентрация радона в атмосфере домов, располагающихся над такими зонами, может достигать ураганно-высоких значений до десятков тысяч Бк/м^3 .

Географически Донецкая область находится на кристаллическом щите. Зонами эколого-геологического риска тектонической природы являются участки тектонической неустойчивости, связанные с активными зонами разломов. Это наиболее проницаемые участки земной коры (рисунок 4).

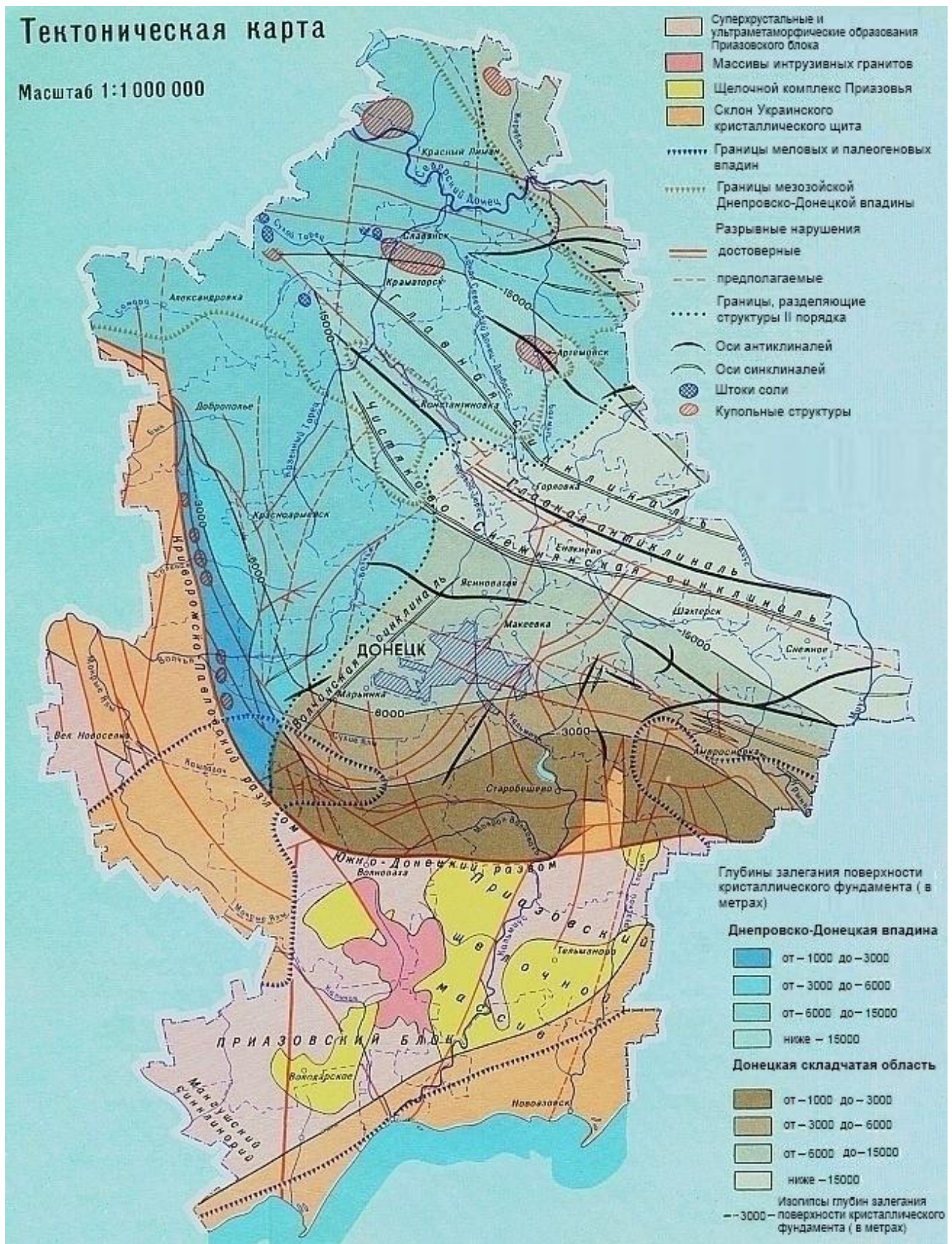


Рисунок 4 – Тектоническая карта Донецкой области

Концентрация эманации в геодинамических зонах незначительна по сравнению с аномалиями над рудными телами, однако эти аномалии можно фиксировать на общем эманационном фоне, свойственном горному массиву. Проведенные исследования на различных

геологических участках Донбасса показывают, что активные в современную эпоху разломы и участки их пересечений приводят к разнообразным нарушениям окружающей среды и накоплению в почвах опасных количеств радона. Было установлено, что эманирование покровных отложений усиливается в зонах деформаций над активными разломами коренного массива.

Из опыта отечественных и зарубежных исследований известно, что радон в таких зонах способен накапливаться в подвальных помещениях и нижних этажах жилых зданий [7].

На площади наиболее крупных разломов Приазовского блока Украинского щита проведена газовая съемка по почвенным отложениям, которая позволила выявить высокую геодинамическую активность и проницаемость данного тектонического узла. Особенность таких узлов разрывных структур – высокая степень изменчивости геодинамической активности и проницаемости недр во времени. Это проявляется в изменении концентраций радона в подземных водах данного участка во времени от 8 до 300 Бк/дм³ и более, учитывая то, что концентрации радона в водах 100 Бк/дм³ [8].

На разрывном нарушении, расположенном в пределах северной части Восточного Донбасса на Южном склоне Воронежской антеклизы (Ростовская область), исследования пространственного распределения концентраций радона на Миллеровском, Глубокинском и Каменском ключевых участках показали, что геодинамически активные зоны отражаются в аномалиях повышенного содержания радона и превышают ПДК (100 Бк/м³) в 9–70 раз. Концентрации радона в почвенном воздухе изменяются от 88 до 533 Бк/м³, а также характеризуются контрастным распределением значений и достигают 778 Бк/м³ (средняя концентрация по профилю – 314 Бк/м³) [9]. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования концентрации радона в почвенном воздухе в качестве геоиндикатора современных движений земной коры и подтверждают приводимые в литературе представления о взаимосвязи движений и пространственной изменчивости газовых полей.

Проанализировано количество онкологических заболеваний органов дыхания в трех районах города Горловки. Статистические данные по заболеваниям в жилых помещениях, в зависимости от этажности, представлены на рисунке 5.

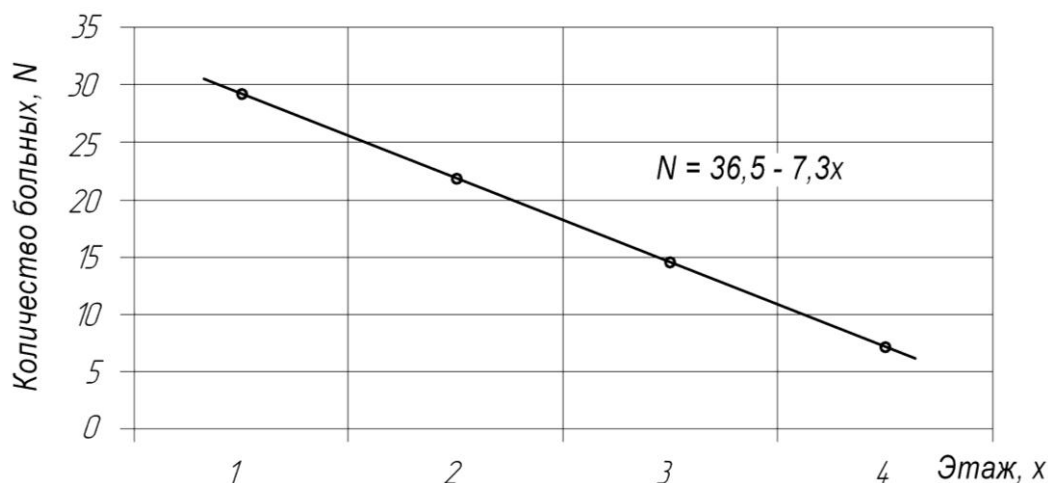


Рисунок 5 – Корреляционная зависимость количества онкологических заболеваний от этажности проживания

Полученные данные позволяют статистически спрогнозировать количество заболеваний верхних дыхательных путей у людей, проживающих в многоэтажных домах ($x > 7$), и доказывают, что чем выше этажность проживания, тем меньше случаев заболеваемости.

Выводы

1. Определены основные факторы вредного воздействия радона на организм человека.
2. На основании анализа длины диффузии приведены сравнительные характеристики защитных свойств различных материалов, используемых в строительстве.
3. В процессе анализа онкологических заболеваний жителей городов, расположенных на геологических разломах, выполнена корреляция зависимости риска заболеваний от этажа проживания.
4. Обоснованы рекомендации по очистке воды, поступающей в жилые помещения, от радона.
5. Приведены уровни концентраций радона в разных комнатах жилых помещений.

Список литературы

1. Naturally Occurring Radon. UK Geohazard Note // British Geological Survey. – 2012, May. – P. 1–4.
2. Keller, G. The Radon Diffusion Length as a Criterion for the Radon Tightness / G. Keller, B. Hoffmann / Institute of Biophysics, University of Saarland, Universitätsklinik. – Homburg-Saar, Germany, 2005. – P. 1–4. – [D66421].
3. Риск заболевания раком легких в связи с облучением дочерними продуктами распада радона внутри помещений. Публикация 50 МКРЗ ; пер. с англ. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 112 с.
4. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах. Публикация 65 МКРЗ : доклад Международной комиссии по радиологической защите ; пер. с англ. – М. : Энергоатомиздат, 1995. – 68 с.
5. Алехин, В. И. Разломы земной коры как зоны экологического риска / В. И. Алехин // Проблемы экологии. Экологическая геология / ДонНТУ. – Донецк, 2004. – Вып. 1–2. – С. 172.
6. A Comparison of Radon-in-Water Mitigation Systems / Zigmunt F. Dembek [et al.] // The International Radon Conference. – 1993. – P. 75–82.
7. Robillard, Paul D. Reducing Radon in Drinking Water / Paul D. Robillard, William E. Sharpe, Bryan R. Swistock / US Department of Agriculture and Pennsylvania Counties Cooperating // Agricultural and Biological Engineering. – 2010. – P. 135–138.
8. Алехин, В. И. Особенности геохимии почвенных отложений на участке пересечения Северно-Волновахского и Викторовского разломов / В. И. Алехин, В. А. Корчемагин, П. В. Койнаш // Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна. – 2003. – Вип. 55. – С. 120–125.
9. Клещенков, А. В. Геоморфологические и газогеохимические индикаторы современных движений земной коры (на примере Восточного Донбасса) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / А. В. Клещенков. – Краснодар, 2010. – 24 с.

С. П. Высоцкий¹, Л. Г. Левченко², В. Г. Ленский³

1 – Автомобильно-дорожный институт ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка, 2,3 – Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка

Риски воздействия радона на организм человека

Рассмотрены риски воздействия радона на здоровье населения. Показано, что Донецкий регион находится в зоне разломов земной коры. При этом выделение радона является основным источником радиационного воздействия на человека. Приведенные статистические исследования по онкологическим заболеваниям показали, что жители первых этажей домов имеют значительно более высокие риски возникновения указанных заболеваний. Рассмотрены риски опасных воздействий радона по отдельным помещениям в квартирах. Наиболее радоноопасные уровни имеют место в ванных комнатах и кухнях.

Приведены уровни защитных характеристик строительных материалов, что позволяет выбрать уровни приемлемой защиты для жилья.

Вклад радона в суммарную долю облучения для населения Украины составляет 70–75 %. Однако этот процент увеличивается для населения, которое проживает в зоне геологических разломов и территорий размещения залежей урановой руды.

Широко применяемые в строительстве строительные материалы: кирпич, гипс, пенобетон, тяжелый бетон и известняк являются проницаемыми для радона. Большинство материалов, используемых для изоляции зданий от влаги и теплового потока, являются изолирующими от проникновения радона в жилое помещение.

Частота заболеваний раком легких увеличивается пропорционально изменению концентрации радона в

используемой воде. Для предотвращения выделения радона из подземной воды при ее применении для коммунальных нужд, обоснованы методы очистки воды в насадочных колоннах и со спринклерным распределением потока очищаемой воды. Обоснована опасность использования систем очистки в колоннах, заполненных активированным углем.

РАДОН, РАДИАЦИОННЫЕ РИСКИ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОЧИСТКА ВОДЫ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗЛОМЫ

S. P. Vysotskiy¹, L. G. Levchenko², V. G. Lenskiy³

1 – Automobile and Highway Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka,

2, 3 – Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka

Risks of Radon Impact on the Human Organism

Risks of radon impact on human health are considered. It is shown that the Donetsk region is located in the zone of crustal faults. Here the release of radon is the main source of the radiation influence on human. Given statistical studies of oncological diseases have shown that the inhabitants of ground floors have significantly higher risks of these diseases. The risks of hazardous radon effect on separate rooms in apartments are considered. The most dangerous radon levels are in bathrooms and kitchens.

The levels of protective characteristics of building materials are given. It allows to select acceptable protection level for housing.

The radon contribution to the cumulative ratio of the irradiation for Ukrainian population is 70–75 %. However, this percentage increases for the population living in the zone of crustal faults and areas of uranium ore deposits.

Such widely used building materials as bricks, gypsum, aerated concrete, heavy concrete and limestone are permeable to radon. Most materials used for insulation of buildings against moisture and heat flow are insulating from radon penetration in home accommodation.

The incidence of lung cancer increases in proportion to the alteration of radon concentration in the water used. To prevent the release of radon from the underground water when using it for municipal needs methods of water purification in packed columns and with sprinkler flow distribution of treated water are grounded. The risk of using purification systems in columns filled with activated carbon is grounded.

RADON, RADIATION RISKS, PROTECTION, BUILDING MATERIALS, HOUSING, FLOOR, WATER PURIFICATION, CRUSTAL FAULTS

Сведения об авторах:

С. П. Высоцкий

SPIN-код: 7497-0100
Телефон: 0506498436
Эл. почта: kf-ebg@adidonntu.ru

Л. Г. Левченко

SPIN-код: 8905-0027
Телефон: 0507806350
Эл. почта: lubovj@i.ua

В. Г. Ленский

Телефон: 0509727129
Эл. почта: lenskiy_rak@mail.ru

Статья поступила 22.12.2015

© С. П. Высоцкий, Л. Г. Левченко, В. Г. Ленский, 2017

Рецензент: А. П. Карпинец, канд. хим. наук, доц. АДИ ГОУВПО «ДонНТУ»