

Радон в окружающей среде г. Киев и г. Афины

Жовинский Э. Я., Крюченко Н. О.

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семененко
НАН Украины, Киев

Приведены данные о содержании радона в строительных материалах, в атмосферном воздухе и подземных водах г. Киев и г. Афины.

Вступление. Земная кора с момента своего образования содержит химические элементы, создающие естественный радиационный фон. В горных породах, почве, воде, растениях и тканях живых организмов содержатся разные радиоактивные изотопы, в т. ч. и радиоактивных семейств, берущих начало от урана-238, урана-235, тория-232.

Как известно, распределение природных радиоактивных элементов в горных породах весьма неравномерно. Наиболее высокое содержание урана свойственно кислым магматическим породам, в частности гранитам. Высоким содержанием урана также характеризуются углеродистые сланцы и осадочные породы, содержащие органику и фосфаты, а также метаморфические породы.

Основные источники радона в недрах – горные породы, содержащие уран и радий: углистые сланцы с содержанием урана более 0,002 %; углеродисто-глинистые сланцы, глауконитовые и углистые пески и песчаники, углеродсодержащие гравелиты и алевролиты – более 0,005 %; граниты верхнего протерозоя, пересеченные разломными зонами – более 0,001–0,003 %; калиевые, микроклиновые и плагиомикроклиновые граниты протерозойско-архейского возраста – более 0,005 %; гранитизированные архейские гнейсы – более 3–5 г/т. Грунты и обломочные отложения, образовавшиеся в результате разрушения данных пород, характеризуются повышенным содержанием урана и радия.

Изучением влияния радона на человека занялись в начале 1980-х годов. Учёные обратили внимание, что концентрация радона в некоторых жилых домах, особенно одноэтажных, значительно превышает предельные нормы, установленные для работников урановых рудников. Было установлено, что вклад космического излучения в формирование общей дозы облучения человека от естественных радиоактивных источников составляет 14 %, внешнее и внутреннее естественное гамма-облучение – по 16 % каждое. Всё остальное радиологическое облучение (54 %, т. е. более половины годовой дозы, а по некоторым данным – 70 %) человек получает, вдыхая радон, облучая свои лёгкие.

Исследование содержания радона в строительных материалах. Основным фактором концентрации радона и торона, формирующим 80 % их поступления в здания, служит геологическое строение территории застройки.

Поэтому необходимо знать литолого-структурные особенности территории.

Содержание Rn в подпочвенном воздухе и в зданиях определяется геологическим строением территории, составом горных пород, содержанием в них природных радионуклидов, наличием тектонических нарушений и другими факторами. В Украине наибольшая потенциальная опасность, обусловленная радоном и тороном, существует в пределах Украинского кристаллического щита.

Для изучения вопроса оценки радонового риска при городском строительстве были рассмотрены строительные материалы, применяемые в г. Киев и г. Афины (рис. 1).

Искусственные вяжущие вещества (такие как гипс и известь) стали изготавливать в Египте более чем за 3 тысячи лет до н. э. Их получали посредством умеренной термической обработки исходного сырья. Возникновение искусственного камня неразрывно связано с появлением бетона.

Одно из самых важных свойств бетона – точно воспроизводить фактуру поверхности, на которой он затвердевает. Именно эта особенность и используется при производстве современных видов искусственных камней, самым первым из которых стал литевой камень. После его изобретения стали появляться самые смелые вариации данного материала. Он имеет много преимуществ перед натуральным, что стало причиной дальнейшего развития отрасли. В частности – малый вес, который позволяет уменьшить нагрузку на несущую поверхность. Благодаря этому становится возможной отделка им даже деревянных стен.

К искусственному камню относится и кирпич, также широко использовавшийся в прошлом веке. Начало двадцатого столетия ознаменовалось так называемым "кирпичным бумом". Кирпич стал основным материалом

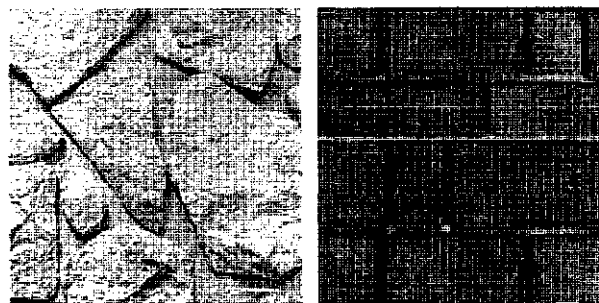


Рис. 1. Искусственные камни, применяемые в строительстве

для строительства, и его популярность до сих пор неизменно высока.

В середине XIX века получил широкое развитие железобетон. Технологии его изготовления применялись ещё до нашей эры, он присутствует в ряде сооружений Древнего Рима, Индии и других стран. Но после получения и организации промышленного выпуска портцемента – основного вяжущего вещества для железобетонных и бетонных конструкций – во второй половине 19 века начинается использование железобетона для массового строительства. Появление способа уплотнения бетонной смеси с помощью вибрирования в 1930-х годах помогло сделать этот материал ещё более долговечным. В XX веке появились технологии применения сборного железобетона, а монолитный железобетон стал использоваться для строительства объектов повышенной сложности.

Давление внутри здания обычно несколько ниже, чем снаружи, в том числе в почве, что может быть вызвано, например, вытяжной вентиляцией, ветром, или разностью температур. Поэтому основным механизмом транспорта радона служит "всасывание". Чем больше контакт здания с почвой, тем более вероятен высокий уровень содержания радона. Концентрация радона будет близка к концентрации его в окружающем воздухе только в хорошо проветриваемой доме с вентилированием подпольного пространства.

Радоновая опасность может идти от строительных материалов, изготовленных на основе природных отходов и техногенных материалов. Содержание радона в сырье для таких строительных материалов, Бк/кг: отходы урановых обогатительных фабрик (США) – 4625, кальций-силикатный шлак (США) – 2140, фосфогипс (ФРГ) – < 574, глинозем (Швеция) – 496–1367, зольная пыль (ФРГ) – 341, гранит (Великобритания) – 170, кирпич (Германия) – 126, природный гипс (Великобритания) – 29, дерево (Финляндия) – 1,1 [2].

Строительные материалы могут быть источником сильного обогащения помещений радоном – 1000–5000 раз и более по сравнению с фоном (0,1–10 кБк/сут). Проникает радон в помещения через любые щели и быстро выносится при проветривании, а также накапливается при облицовке помещений пластиковыми материалами и красками (особенно на эпоксидной основе). На верхних этажах зданий эмиссия радона гораздо ниже, чем в подвалах и на первом этаже. Самая высокая его концентрация отмечена в подвалах (в 8–25 раз выше, чем в атмосфере), а также в ванных комнатах при пользовании горячим душем. Например, для одного и того же помещения содержания таковы, кБк/м³: ванная – 8,5, кухня – 3, столовая – 0,2 [4].

При средней концентрации радона (Rn) в воздухе жилых помещений 25 Бк/м³ риск рака легких у жителей составляет 3–4 случая заболевания на 1000 человек, при ~ 200 Бк/м³ – уже 30–40 случаев. Нормальной концентрацией Rn считается < 40 Бк/м³; проведение защитных мероприятий рекомендуется при 40–190 Бк/м³ и необходимо

при концентрации > 190 Бк/м³. Временные нормы для жилых помещений следующие, Бк/м³: для возводимых новых зданий – < 100, для уже заселенных – < 200, критическое, требующее переселения жильцов – 400 [2, 4].

Распределение радона в помещениях г. Киев и г. Афины. Город Афины – старинный и одновременно строящийся город, высота домов – 2–5 этажей, что связано с тектонической активностью региона. В г. Киев более 60 % домов – кирпичные и панельные в 9 и более этажей, остальная часть – дома, построенные из глины, деревянные и шлакоблочные (это дома постройки 1950–1970 гг.). Так как и в Киеве, в Афинах наряду со старыми постройками ведется активное строительство, рядом с деревянными домами построены дома из кирпича, шлака с разным типом вентиляции.

Авторами были произведены замеры концентрации радона в разных типах зданий с неветилируемыми (рис. 2) и вентилируемыми помещениями. Самыми опасными среди неветилируемых помещений оказываются дома из шлаковых панелей, а самыми безопасными – верхние этажи кирпичных домов. При сопоставлении концентрации радона в помещениях с кондиционированием воздуха кирпичные дома благоприятнее деревянных (рис. 3).

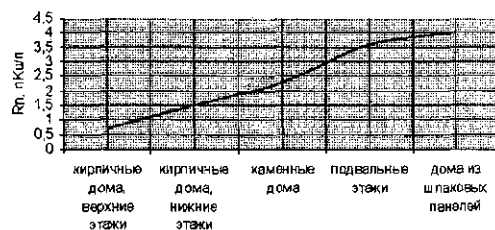


Рис. 2. Концентрация радона в воздухе неветилируемых помещений кирпичных и каменных домов

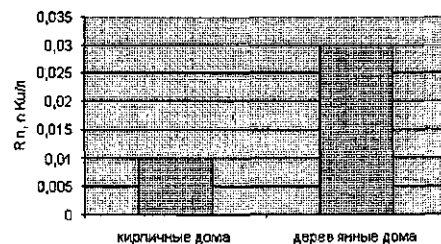


Рис. 3. Концентрация радона в воздухе кондиционируемых помещений кирпичных и деревянных домов

Исследование содержания радона в подземных водах г. Киев и г. Афины. Питание практически всех водоносных горизонтов происходит за счет атмосферных осадков. Наличие тектонических нарушений и фильтрационных свойств обуславливает гидравлическую связь вод основных водоносных горизонтов [3].

В результате исследования содержания радона в подземных водах разных районах Киева и Афин (рис. 4) авторы пришли к выводу, что различия несущественны.

К северу от г. Афины, на острове Эвия (или Эвбея) находится уникальный SPA отель Thermae Sylla, на территории которого бьют из земли два источника с содержанием радона и сероводорода. Повышенное содержание ра-

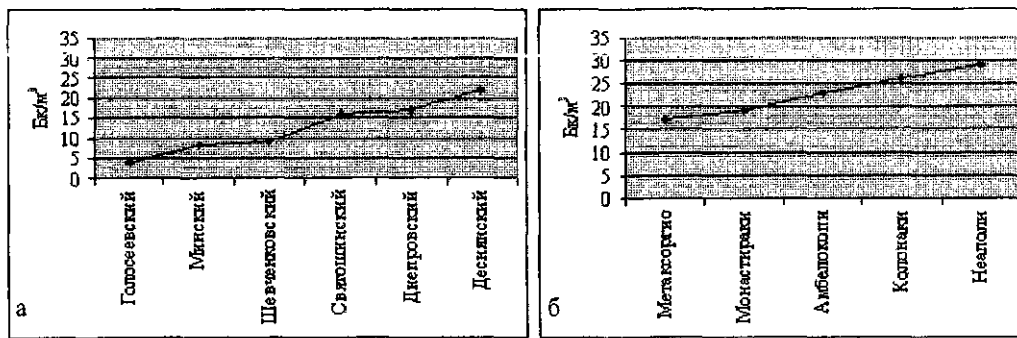


Рис. 4. Содержание радона в подземных водах некоторых районов г. Киев (а) и г. Афины (б)

дона в водах служит подтверждением наличия тектонических нарушений в этой местности.

Исследования родников по содержанию радона проводились в Киеве. В целом, родниковый сток формируется в зоне активного водообмена, представляющей собой толщу обводненных пород неогенового и четвертичного возрастов, родники дренируют первые от дневной поверхности водоносные горизонты [1].

Горизонт в четвертичных делювиальных отложениях широко распространен на водоразделах и склонах. Питание этого горизонта, как и других, осуществляется за счет инфильтрации талых вод, атмосферных осадков; горизонт подвержен техногенному загрязнению: утечкам из водонесущих коммуникаций, потерям технических вод и промышленных стоков, уменьшению испарения с дневной поверхности (из-за асфальтовых покрытий). Разгрузка вод четвертичного горизонта имеет место по древним и современным речным долинам и балочным понижениям рельефа в местах разрыва слабопроницаемых глин и суглинков, перекрывающих водовмещающие пески.

Атмосферные осадки при инфильтрации через почво-грунты городской агломерации в грунтовые воды обогащаются вредными компонентами "культурного" слоя. Имеет место и подток в грунтовые воды стоков техногенного происхождения (утечки из водонесущих коммуникаций, мест депонирования отходов и др.), приводящий к подтоплению и загрязнению отдельных территорий, особенно в центральной части города. Первые от дневной поверхности водоносные горизонты на территории города не защищены от загрязнения. Практически все родники характеризуются нестабильным в течение года качеством воды, что связано с указанным выше загрязнением грунтовых вод. Несанкционированные свалки промышленных отходов приводят к загрязнению подземных вод нитратами, нефтепродуктами, тяжелыми металлами.

Разработка методики постоянного мониторинга. Для мониторинга радона обычно используют радиометры, регистрирующие альфа-излучение дочерних продуктов распада радона и торона. Однако, более перспективным считается измерение спектров, позволяющее установить активности и концентрации всех ДПР (дочерних продуктов распада). Это дает возможность не только более точно определить степень радоновой опасности, но также правильно и экономически обосновано выбрать сценарий мер по уменьшению радоновой опасности в каждом конкретном помещении. При экспертизе помеще-

ний часто применяют устройства, которые суммируют результаты измерений за длительный промежуток времени. Обычно для этого используют чувствительные к альфа-излучению пленки. Но они имеют ряд существенных недостатков. Весьма актуальной является задача полностью электронного накопительного прибора с компьютерной обработкой результатов.

Радон, торон и продукты их распада ионизируют воздух. Выявляется связь между уровнем концентрации радиоактивных газов и степенью ионизации воздуха (аэрионный режим) в жилых помещениях зданий различного назначения. Очевидно, следует оценивать риски заболеваний людей на основе комплексного изучения уровней радоноопасности и степени ионизации воздуха в жилых и производственных помещениях.

Радон служит доминирующим фактором облучения населения наиболее опасными для здоровья альфа-частицами, а обеспечение радонобезопасности проживания людей – важной проблемой.

Выводы. В результате работы над проектом были выбраны места постоянных наблюдений за содержанием радона в воздухе, воде поверхностных и подземных водотоков с целью проследить динамику изменения содержаний.

Во время мониторинга радона в строительных материалах определено, что радон, проникая в помещения через любые щели, быстро выносится при проветривании. На верхних этажах зданий эмиссия радона гораздо ниже, чем в подвалах и на первом этаже. Самые высокие его концентрации отмечены в подвалах (в 8–25 раз выше, чем в атмосфере). Также большое значение имеет конструкция здания и степень вентиляции помещений: самыми опасными среди неветилируемых помещений являются дома из шлаковых панелей, а самыми безопасными – верхние этажи кирпичных домов; среди помещений с кондиционированием воздуха кирпичные дома благоприятнее деревянных.

При сопоставлении результатов определений радона в г. Киев и г. Афины установлено содержание радона в пределах нормы и в этих городах не является опасным для здоровья человека.

Рекомендации. Радон может находиться в высокой концентрации в почве и скальных породах, содержащих радиоактивные минералы. Его можно обнаружить в почве, содержащей определенные типы промышленных отходов, таких, как пустая порода из урановых и фосфатных шахт. На открытом пространстве радон имеет такую низкую

концентрацию, что, обычно не вызывает беспокойства. Однако внутри закрытых объемов (таких, как жилье) радон накапливается. Уровень содержания радона в закрытом пространстве определяется как составом строительного материала здания, так и концентрацией радона в почве под зданием. Наиболее эффективный способ снизить концентрацию радона в воздухе помещений – проветривание жилых и рабочих комнат, кухни и ванной комнаты. Причём как естественное, так и искусственное (вентиляция, вытяжки). Так однократный воздухообмен за 1 час снижает концентрацию радона на два порядка. Более всего снижает содержание радона в воде её аэрация. Интенсивен процесс дегазации воды при её разбрызгивании, испарении, а также кипячении. Кроме того, необходимо: не использовать строительные радононасыщенные материалы; стены домов окрашивать двумя слоями краски, или оклеивать обоями; грунт под строениями герметизировать

бетоном или др. способом; в цокольной части дома должны быть отверстия для выхода радона; полы первых этажей всячески герметизировать; колодезную, артезианскую воду отстаивать (до недели).

В случае использования воды артезианских скважин для хозяйственно-питьевого водоснабжения каждый источник (скважина или группа скважин, которые используются одновременно) должен иметь паспорт радиационного качества воды.

Анализы проводятся в лаборатории. Проба воды объемом ~ 1 литра отбирается для анализа в герметичный сосуд. Анализ должен быть проведен в течении нескольких дней с момента отбора пробы. Проверка качества воды должна проводиться не реже одного раза в пять лет.

Постоянный мониторинг радона на основе его определения в почвах, подземных водах и воздухе необходим для оптимальных условий жизни людей.

Исследование выполнено в рамках совместного проекта научно-технического сотрудничества между Министерством образования и науки Украины, Национальным университетом Афин (Греция), и компанией "Terra Mentor": "Оценка радонового риска при городском планировании (мониторинг и стратегия)" (договор № М/68-2006 от 21.03.2006 г.).

1. Жовинський Е. Я., Комов І. Л., Крюченко Н. О. Вміст радону-222 і фтору в підземних водах м. Києва // Мінерал. журн. – 2004. – С. 28–35.
2. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов. – Москва: Экология, 1997. – В 6-ти т.
3. Карачев И. И. Радиационно-гигиеническая и гидрогеологическая оценка воды сеноманского и юрского водоносных горизонтов, используемых для водоснабжения г. Киева. – К.: УНГЦ МЗ Украины, 1991. – 19 с.
4. Основные проблемы радоновой безопасности / Рецензент Г. Т. Остапенко. – К.: Логос, 2005. – 351 с.

Наведено дані щодо вмісту радону в будівельних матеріалах, в атмосферному повітрі і підземних водах м. Київ і м. Афіни.

In the article the data on research of maintenance of radon in build materials are resulted, in atmospheric air and underground waters of Kiev and Athens.