

УДК 539.1

В.Я. ХУСНУТДИНОВА, О.Ф. САВЧУК

Брест, БрГТУ

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Весной 1902 г. Д. И. Менделеев описал опыт (продемонстрированный ему супругами Кюри), который показал, что эманация радона вызывает фосфоресценцию некоторых веществ, например осадка сернистого цинка.

Изучая ионизацию воздуха радиоактивными веществами, супруги Кюри заметили, что различные тела, находящиеся вблизи радиоактивного источника, приобретают радиоактивные свойства, которые сохраняются некоторое время после удаления радиоактивного препарата. Мария Кюри-Складовская назвала это явление индуцированной активностью. Другие исследователи и, прежде всего Резерфорд, пытались в 1899-1900 гг. объяснить это явление тем, что радиоактивное тело образует некоторое радиоактивное истечение, или эманацию (от лат. *emanare* – истекать и *emanatio* – истечение), пропитывающие окружающие тела. Однако, как оказалось, это явление свойственно не только препаратам радия, но и препаратам тория и актиния, хотя период индуцированной активности в последних случаях меньше, чем в случае радия.

Вскоре Резерфорду и Содди удалось доказать, что эманация – это газообразное вещество, которое подчиняется закону Бойля и при охлаждении переходит в жидкое состояние, а исследование ее химических свойств показало, что эманация представляет собой инертный газ с атомным весом 222 (установленным позднее). В 1911 г. Рамзай, определивший атомный вес эманации радия, дал ей новое название “нитон (Niton)” от лат. *nitens* (блестящий, светящийся); этим названием он, очевидно, желал подчеркнуть свойство газа вызывать фосфоресценцию некоторых веществ. Позже, однако, было принято более точное название радон (Radon) – производное от слова “радий”. Эманации тория и актиния (изотопы радона) стали именовать торонем (Thoron) и актиноном (Actinon).

Радон представляет собой тяжелый одноатомный инертный радиоактивный токсичный газ без вкуса, цвета и запаха и может быть обнаружен только специальными приборами. С этим связан интересный исторический случай, весьма поучительный для всех, кто занимается наукой. Когда знаменитый немецкий химик Юстус Либих заболел, ему предложили воспользоваться водами источника Гаштейн в Австрии, известного своими целебными свойствами ещё со времён Парацельса.

Химик не поленился и выполнил анализ воды, но, не обнаружив каких-либо отличий сухого остатка воды от обычной питьевой, отказался от предложенного лечения. Лишь впоследствии было установлено, что основным лечебным фактором подземных вод источника является радон. Еще один интересный случай: первые предприниматели решили приблизить радон всем желающим и продавали тогда за 100 долларов банку («карманный яхимов»), в которую добавляли соли радия. Через трубочку, вставленную в банку добавлялась вода, а через несколько часов ее можно было пить как панацею от всех заболеваний. Согласно мощной рекламе их услугами решил воспользоваться большой американский сенатор Байерс. Итог оказался плачевным – через несколько месяцев он умер и в его костях нашли большую концентрацию радия. В итоге Конгресс Америки большинством голосов принял закон о запрещении продажи лекарств и лечебных средств, содержащих любой радиоактивный элемент.

Радон обладает уникальными свойствами: он лучше других инертных газов растворяется в воде. При охлаждении до минус 62°C радон сгущается в жидкость, которая в 7 раз тяжелее воды (удельный вес жидкого радона почти равен удельному весу цинка). Причем радон без нагревания выделяет большое тепло, поэтому ни один сосуд не может выдержать (плавиться), если бы туда поместили 1 литр радона (по словам профессора Резерфорда, открывшего радон в 1900 г.) [2, с. 296]. Жидкий радон флюоресцирует ярким голубым или фиолетовым цветом. Около минус 71°C радон становится твердым и непрозрачным веществом, излучающим голубое сияние. При обычных условиях радон не вступает в химические реакции и подчиняется закону Генри и другим газовым законам. Процесс выделения радона твердыми телами и растворами называется эманированием. Интенсивность эманирования зависит от температуры, минерального состава, плотности и структуры, водонасыщенности и от ряда других факторов.

Раньше роль крайне редкого, инертного, неустойчивого элемента в нашей жизни была незаметной. В 80-е годы прошлого столетия бурно заговорили о вреде радона, когда жители богатых стран Швеции, Дании, Норвегии стали поголовно умирать от рака. Эти холодные страны очень бережно относились к электроэнергии и поэтому первые утеплили свои дома стеклопакетами (герметизировали свои дома и здания) и не знали, что надо часто проветривать, чтобы избавляться от радона. [1, с. 29]

Почему радон, имея только короткоживущие изотопы не исчезает из атмосферного воздуха совсем? Оказывается он постоянно поступает в атмосферу из земных пород:  $^{222}\text{Rn}$  – при делении ядер  $^{238}\text{U}$ , а  $^{220}\text{Rn}$  – при делении ядер  $^{232}\text{Th}$ .

Вследствие разности температур (следовательно, разности плотностей) воздуха внутри и вне помещений начинает действовать механизм “подсоса” радия в здание, за счет чего без хорошей вентиляции концентрация радона повышается.

Ученые и специалисты во всем мире лишь недавно осознали тот факт, что проблема радона носит глобальный характер и затрагивает значительную часть населения планеты. Это связано с тем, что с радоном человек сталкивается в той или иной степени повсюду: дома, на отдыхе, в ресторане, на работе, в кинотеатре, на лечении и т. д. Везде, где нет хорошей вентиляции создаются предпосылки для скопления радона, повышения его уровня до опасной черты. На Международной конференции «Радон – 2000 достижения и задачи», прошедшей в марте 1992 г. в Лондоне, впервые акцентировалось внимание, что от радона и его дочерних продуктов распада возможно погибает больше людей, чем от других нетрадиционных факторов загрязнения окружающей среды.

Можно сказать, что ни с одним из элементов периодической таблицы Менделеева не связано столько легенд и суеверий, как с наиболее редким газом – радоном. История его открытия и изучения уже насчитывает 100 лет, а в настоящее время о нем должна знать любая домохозяйка. Среди естественных источников ионизирующего излучения наибольшую радиационную опасность имеет радон и его продукты распада, находящиеся в воздухе и зданиях. Их вклад в суммарную дозу облучения человека от естественных источников составляет от 40 до 75%. Тем более студенты строительных специальностей обязаны знать механизмы и пути поступления радона в здание, знать основные принципы и способы пассивной и активной системы противорадоновой защиты, а также классификацию типов технических решений и самостоятельно уметь выбирать тип противорадоновой защиты. Должны уметь проводить радиоэкологический мониторинг для обеспечения гарантии соблюдения норм всех строящихся зданий и сооружений перед сдачей их в эксплуатацию.

Наиболее приемлемыми для таких измерений являются СИ на основе пассивных угольных пробоотборников активных уровней по ЭРОА изотопов радона в атмосфере исследуемого объекта.

В лабораторной работе «Исследование специфики распределения Cs-137 в почвенных горизонтах» студенты могут сами определить объемную активность предшественников радона в данном грунте. Измерения проводятся на радиометре «ADANI» 91-M, что позволяет быстро получить информацию о содержании природных радионуклидов в строительных материалах и этим помочь радиационному мониторингу строительных материалов.

В зависимости от численных значений эффективной удельной активности студенты узнают к какому классу относятся эти материалы и где их можно конкретно использовать для строительства домов, учреждений или дорог.

Студенты группы «Экспертиза и управление недвижимостью» должны знать, что цена квартиры в одном и том же доме должна зависеть от активности радона в помещении, значит, идентичные квартиры на нижних этажах должны стоить дешевле, чем на более высоких этажах. Кроме того нельзя продавать квартиры и дома, если среднегодовая эквивалентная объемная равновесная активность радона будет превышать  $400 \text{ Бк/м}^3$ . При этом должна быть проведена противорадоновая защита.

В настоящее время практически во всех развитых странах ведется детальное изучение радоновой ситуации на строительных площадках перед началом строительства. Скурпулезно проводится анализ на содержание радионуклидов урано-ториевого ряда, печатаются карты радоновой безопасности, разрабатываются меры по уменьшению степени влияния радона.

Источником радона в подземных водах являются горные породы, содержащие радиоактивные элементы. Поэтому концентрация радона в водах зависит от концентрации материнских элементов в горных породах, омываемых ими, коэффициента эманирования, пористости или трещиноватости горных пород и скорости движения воды (расхода потока). Рыхлые или трещиноватые породы характеризуются повышенной концентрацией радона (зоны тектонических нарушений, кора выветривания и т. д.).

Но данным шведских ученых более 60 тысяч шведов ежедневно потребляют воду с содержанием радона выше  $1000 \text{ Бк/л}$ , что приводит к 50 случаям заболевания раком легких в год. Концентрация радона в ванной комнате в 30-40 раз превышает его уровень в жилых комнатах [1, с. 28]. Гораздо опаснее пользоваться горячим душем, так как радон с горячим воздухом, попадая в легкие может вызвать микроожог легкого, что может привести к заболеванию раком. По данным МКРЗ в США число лиц, получающих в бытовых условиях дозу облучения на легкие больше дозы шахтеров урановых рудников составляет около миллиона человек. В наших странах ситуация не лучше. К сожалению и физик Рамзай, который работал с радоном умер от рака легких.

Для минеральных и лечебных вод устанавливаются специальные нормативы и в разных странах они различны. Так в Италии принята норма в  $48 \text{ Бк/л}$ , в Польше  $375$ , в Чехии  $1192$ , во Франции  $370$ . В Рос-

сии по существующим стандартам к радоновым минеральным водам относятся воды с содержанием радона выше 185 Бк/л.

Студенты всех специальностей факультета «Водоснабжения и гидромелиорации» должны знать как эффективно бороться с радоном в воде. Один из наиболее результативных методов борьбы – аэрирование воды (“пробулькивание” воды пузырьками воздуха, при котором весь радон улетает на ветер). Для индивидуальных пользователей скважинной воды необходимы фильтры на основе активированного угля – это отличный адсорбент для различных загрязнителей и для радона.

Кроме того студенты должны знать, что курение в 10 раз усиливает негативное воздействие на организм газа радона. По данным службы общественного здоровья США радон является второй по серьезности причиной возникновения рака легких после курения, что вытеснило индустрию табакокурения в наши страны.

При вдыхании в легкие за 1 минуту попадают миллионы радиоактивных атомов радона, которые избирательно накапливаются особенно в гипофизе и коре надпочечников и концентрируются в сердце, печени и других жизненно важных органах. Растворяясь в крови и лимфе радон и его продукты распада быстро разносятся по всему телу и массированно облучают все тело и способны вызвать рак легких. Радон свободно растворяется в жирах и накапливается в мозге человека, что приводит к заболеванию раком крови. Радон очень «любит» жирную пищу, поэтому повторно пользоваться тем же маслом и жиром запрещено. Они становятся канцерогенными.

Большие возможности открываются при использовании радона в качестве геохимического показателя, что связано с особенностями его гидрогеохимии, соотношением изотопов и условиями миграции. Это позволяет использовать радон при оценке масштабов водообмена, решении вопросов взаимодействия подземных и поверхностных вод, установлении интенсивностей инфильтрационного питания. Радон может помочь и при выявлении характера трещиноватости, распространения разломов, глубины их заложения. Существенна роль радона в комплексе показателей предвестников землетрясений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радиация. Дозы, эффекты, риск / перевод с английского – М. : Мир, 1988. – 79 с.
2. Таубе, П.Р. От водорода до... нобелия? / П.Р. Таубе, Е.И. Руденко. – М. : Высшая школа, 1961. – 331 с.