

УДК 546.296

А.А. Богдасаров, М.А. Богдасаров

РАДОН: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МЕДИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ

Работа посвящена инертному радиоактивному газу радону; дана характеристика его физико-химических особенностей, геологических условий образования, перспектив использования. Рассмотрены негативные аспекты воздействия радона на организм человека, методы защиты от радоновой опасности, вопросы радонотерапии и перспективы ее развития применительно к территории Беларуси.

Медицинская геохимия – стратегически значимая социально ориентированная дисциплина. Изучение обстановок и факторов воздействия геохимических объектов и процессов на здоровье человека позволяет разрабатывать превентивные и лечебно-профилактические меры, необходимые для успешного решения текущих и планирования перспективных задач экономики хозяйствования и воплощения в жизнь различных социальных проектов, в основе которых интересы всех слоев населения. Продвижение данного направления возможно только в условиях свободного доступа к медицинской и геохимической информации любого уровня и публичного обсуждения путей решения социальных, экологических и медицинских проблем.

Радон является химическим элементом VIII группы периодической системы Д.И. Менделеева и наряду с гелием, неоном, аргоном, криптоном и ксеноном относится к семейству инертных газов. Атомный номер радона 86, атомная масса – 222,0176. В природе известно 19 изотопов радона с массовыми числами 204 и от 206 до 224. Искусственным путем получено 16 изотопов. Название элементу дано по наиболее долгоживущему радиоактивному изотопу радону-222 (период полураспада 3,822 суток), образующемуся в результате альфа-распада изотопа радия-226. Последний, в свою очередь, образуется в результате распада урана-238.

Открыт радон в 1900 году немецким ученым Ф. Дорном и английским физиком Э. Резерфордом, который в том же году указал на существование другого изотопа радона-220 (период полураспада 54,5 секунды), названного торонем и являющегося членом радиоактивного семейства тория. Актинон, открытый французским ученым А. Дебьерном, также член радиоактивного семейства тория. Этот природный изотоп радона с массовым числом 219 и периодом полураспада 3,92 секунды – самый короткоживущий. Среди различных продуктов полураспада радона присутствуют изотопы тяжелых металлов: свинец-214 и висмут-214, а также полоний-218 и полоний-214, – являющиеся источником альфа-излучения.

Радон – одноатомный газ без запаха, вкуса и цвета с плотностью 9,73 г/л, температурой кипения –61,9°С и температурой плавления –71,0°С. Химически малоактивен. В одном объеме воды при нуле градусов растворяется 0,507 объема радона. В органических растворителях растворимость радона значительно выше. В спиртах и жирных кислотах растворимость газа возрастает с увеличением их молекулярных весов. Радон хорошо адсорбируется на активированных углях и силикагеле, довольно легко просачивается сквозь полимерные пленки. Собственная радиоактивность радона вызывает его флюоресценцию. Газообразный и жидкий радон флюоресцирует голубым светом,

у твердого радона при охлаждении до азотных температур флюоресценция становится сначала желтой, а затем красно-оранжевой.

Спектр радона аналогичен спектру ксенона и других элементов периодической системы Д.И. Менделеева. Химические свойства определяются его положением в группе инертных газов. По аналогии с ксеноном радон дает молекулярные соединения определенного состава, в образовании которых значительную роль играют силы Ван-дер-Ваальса. Эти соединения, полученные советским радиохимиком Б.А. Никитиным, отвечают формулам $Rn \times 2C_6H_5OH$, $Rn \times 2CH_3C_6H_5$ и $Rn \times 6H_2O$. Из них первые два изоморфны аналогичным соединениям сероводорода, а последнее – гексагидрат радона – изоморфно $SO_2 \times 6H_2O$. В настоящее время эти вещества относят к группе клатратных соединений, или соединений включения. На использовании изоморфизма основан метод количественного выделения радона из смеси с другими благородными газами. Кроме того, исходя из общей устойчивости галогенидов благородных газов должны быть устойчивыми и некоторые галогениды радона, такие как RnF_2 , RnF_4 , RnF_6 и $RnCl_4$. При смещении радона с фтором было идентифицировано малолетучее соединение радона с фтором. Если подвергать фторированию смесь радона и ксенона, то фториды ксенона сублимируют при $50^\circ C$, а фториды радона остаются до $250^\circ C$. Полученное соединение радона с фтором восстанавливается водородом при $500^\circ C$, давая при этом элементарный радон.

Радон является одним из самых редких элементов в земной коре. Общее его количество до глубины двух километров составляет около 115 тонн. Образующийся в радиоактивных рудах и минералах (уран, торий, радий), радон постепенно поступает на поверхность Земли, в гидросферу и атмосферу. В одном кубическом метре воздуха при нормальных условиях содержится 7×10^{-6} грамм радона. Содержание радона в атмосфере оценивается величиной порядка 7×10^{-17} по весу. Это очень и очень мало, если говорить о его распространенности в атмосфере и в воздухе. Например, в километровом слое воздуха над территорией, равной по площади Минской области, находится всего около 3 мл чистого газообразного радона. Приведем такой пример: на одну молекулу радона в воздухе приходится $1,67 \times 10^{23}$ других молекул, и если бы они превратились в песчинки массой 2,5 мг каждая, то одна «песчинка» радона находилась в песчаной горе массой 418 млрд. тонн. Человечество ежегодно добывает из недр около 15 млрд. тонн горных пород и руд, т.е. при современных масштабах горных работ для разработки такой песчаной горы в поисках одной «песчинки» радона горнодобывающей отрасли промышленности всего мирового сообщества потребовалось бы почти 30 лет. Но кроме воздуха радон постоянно присутствует в воде и в почве и является одним из наиболее токсичных и радиоактивных газов, что, несомненно, представляет собой определенную опасность. Присутствует радон повсеместно и в кристаллических горных породах фундамента, и в осадочных горных породах чехла литосферы, содержащих в своем составе уран и другие радиоактивные элементы (Бразилия, США, Индия, Германия, Чехия, страны Скандинавии, Россия, Грузия, Узбекистан, Таджикистан, Кыргызстан). Отмечен радон и в Беларуси – в местах геологических разломов в Микашевичском гранитном массиве, в Лунинецком, Минском, Барановичском, Шкловском, Дятловском районах, в минерализованных водах различных районов Гродненской и Брестской областей, в некоторых артезианских скважинах.

Интенсивно выделяться из горных пород недр Земли радон начинает, когда они подвергаются сжатию и растяжению при активном возмущении магнитного поля Земли, вызываемом мощными взрывами на Солнце. На Земле их замечают за сутки-двое до приближения «солнечного ветра». Значит, есть время для радоновой профилактики, поскольку самочувствие ухудшают не столько сами магнитные бури, сколько спровади-

рованные ими выделения радона из недр Земли. А это происходит не сразу – вот почему больные люди нередко чувствуют себя хуже совсем не в те дни, которые указываются в прогнозах неблагоприятных дней. При этом необходимо знать, что при интенсивных выбросах радона уровень естественной радиации может более чем в 100 раз превышать фоновый и в 10–15 раз – предельно допустимый.

Радиоактивный газ радон, который не имеет ни запаха, ни вкуса, ни цвета, могут «учуять», помимо специальных приборов, лишь легкие человека, куда радон проникает в виде аэрозолей и оседает в бронхах и альвеолах. По данным ООН, около 20% заболеваний раком легких связано с негативным воздействием этого газа. В США, например, ежегодно из-за радонового облучения от рака легких погибает более 15 тыс. человек, в Индии – более 20 тыс. человек. При дыхании радон и продукты его распада попадают непосредственно в легкие, а затем происходит длительное по времени внутренне облучение организма ничего не подозревающего об этом человека. Подсчитано, что на долю радона приходится до 40% дозы облучения, получаемой населением от интенсивных источников радиации. Установлено, что увеличение концентрации радона во вдыхаемом воздухе вызывает разные физиологические сдвиги во всем организме. Он воздействует на гипофиз и кору надпочечников – органы, которые контролируют приспособительные функции организма, – на вегетативную нервную систему, а через нее и на работу сердца, желудка, других органов и систем. При всплесках концентрации радона примерно на 30% население испытывает тревожное состояние, сердцебиения, приливы крови, у людей начинается мигрень, бессонница, обостряются хронические заболевания.

Известно, что среди радиоактивных ядов радон – один из самых опасных. Не случайно допустимая для человека доза радона в 10 раз меньше допустимой дозы бета- и гамма-излучения. Уже через час после введения в кровь подопытному кролику сравнительно небольшой дозы радона (10 микрокюри) количество лейкоцитов в крови резко сокращается. Затем поражаются лимфатические узлы, селезенка и костный мозг. В живом организме задерживается не столько сам газ радон, сколько радиоактивные продукты его распада, которые с трудом выводятся из организма. Исследователи, работавшие с твердым радоном, подчеркивают непрозрачность этого вещества. А причина непрозрачности одна: моментальное оседание твердых продуктов распада, которые «выдают» весь комплекс излучений: малопроникающие, но очень энергичные альфа-лучи, бета-лучи и местное гамма-излучение. Продукты распада радона – твердые вещества, которые образуют так называемые аэрозоли; частицы настолько мелкие, что они могут очень долго находиться во взвешенном состоянии в воздухе, вместе с ним попадать в легкие и при неблагоприятных условиях вызвать лейкемию и рак.

Люди должны знать о радоновой угрозе, которая исходит даже от наших домов и квартир. Дело в том, что радон содержится в достаточно больших количествах в некоторых строительных материалах. Например, в красном кирпиче, щебне, глине, песке, цементе и др. Средняя удельная активность дерева – 0,2–0,5 Бк/кг, природного гипса и обычного бетона – 1,5–10 Бк/кг, а некоторых строительных материалов – на порядок выше. Например, в Финляндии применялся материал с активностью 1200 Бк/кг, в Швеции – 2600 Бк/кг, а в США – даже 4600 Бк/кг. Велика активность золы от сжигания угля. Поскольку радон в 7,5 раз тяжелее воздуха, то он медленно накапливается в жилых помещениях, особенно в непроветриваемых. Его количество можно определить только с помощью специальных приборов, что, кстати, постоянно делается в США, Финляндии, Норвегии, Германии, Франции, Англии, Японии. Именно в этих странах были разработаны нормативы, при превышении которых проживание в том или ином здании или работа в нем признается опасным для здоровья и жизни человека. В Швеции около 5 тыс. зданий признали вообще непригодными для проживания из-за чрезвычайно вы-

сокого уровня естественной радиоактивности. Во Франции максимальный уровень радиации за счет выхода радона на поверхность почти в 40 раз выше среднего, а на знаменитых курортах в Ницце и Каннах уровень фоновой радиации иногда повышается в 20 раз – и причиной тому радиоактивный газ радон [3].

Серьезные исследования были проведены в Великобритании, в результате чего в прессе, на радио и телевидении была поднята шумная кампания по поводу «радонового кризиса». Еще бы: более 30% домов в графствах Корнуэлл и Девон имеют активность больше 200 Бк/м³, да и в других частях страны есть такие же проблемы. Нормой содержания радона в жилых домах США, например, признано 50 Бк/м³, а в Беларуси – ровно в два раза больше. Более того, для ранее построенных домов эта норма составляет уже 200 Бк/м³ [3]. Нормы по определению радона в жилых помещениях Беларуси действуют только формально, так как контрольно-измерительной аппаратуры для их повсеместного применения у нас в достаточном количестве, к сожалению, нет. Правда, несколько лет назад медики проверяли ряд домов в Гомельской области, и оказалось, что в 0,1% проверенных домов концентрация радона в воздухе колебалась в пределах от 100 до 1000 Бк/м³. И хотя эти замеры были разовыми, превышение допустимых норм в десятки раз вызывает опасения. В Гродненской области на большой территории наблюдается высокое содержание радона в воде. Повышенное содержание радона в почве, а также источники близлежащих радононасыщенных вод и их использование могут привести к дополнительной дозовой нагрузке.

Кстати, впервые аномально высокие (до 25–28 кБк/м³) концентрации радона в почвенном воздухе тектонически ослабленных зон были определены еще в 1984 году в Гродненской области (а это в 5–6 раз превышает фоновое содержание). Отдельные измерения доз радона в Беларуси, по данным НПО «Перспектива» (Санкт-Петербург), показали, что для жителей Могилевской области они составляют 1,4–2,6 мЗв/год, Гомельской – 1,1–3,4 мЗв/год, Минской – 1,3–2,9 мЗв/год, Гродненской – 1,2–3,2 мЗв/год [6]. Из приведенных примеров видно, что с увеличением объема исследований, с расширением их географии растет количество объектов, где содержание радона превышает предельно допустимые значения, достигая в отдельных строениях весьма больших превышений. В США было показано, что около 3% жилых домов страны имеют превышение нормы в 5–6 раз, т. е. около 300 Бк/м³. Поскольку такое же облучение получает шахтер уранового рудника за 45 часов работы, было принято решение такие дома просто снести, а на новое жилье, возведенное на том же месте, в обязательном порядке выдавать особый документ, указывающий содержание радона [3].

Методы защиты от радоновой опасности достаточно просты: постоянное проветривание и вентиляция помещений, поддержание правильного баланса давления между внутренней и наружной атмосферой, а также грунтовым газом и использование газонепроницаемых конструкций в строительстве. При этом целесообразно исследовать содержание почвенного радона в предполагаемом месте будущего строительства на стадии проектирования. Расположение отдельных зданий и сооружений, а тем более новых населенных пунктов и поселков вблизи или над гранитоидными массивами или в зоне тектонических нарушений, а также сочетание этих природных факторов может являться причиной повышенного содержания радона в зданиях.

Естественное ионизирующее излучение – это совокупность космических и земных источников радиации. Получаемая землянами доза излучения от космогенных источников изучена достаточно хорошо, и хотя она является предсказуемой, но с трудом поддается регулированию. Ионизирующие источники земного происхождения формируются радионуклидами радиоактивных семейств урана, тория и радия, их короткоживущими продуктами распада (в том числе и радона), а также радиоактивными элемен-

тами периодической системы Д.И. Менделеева (например, калием-40). Их распределение в окружающей среде вместе с космическим излучением определяют естественный радиоактивный фон. Установлено, что основной фон на нашей планете (по крайней мере, пока) создается за счет естественных источников излучения. По данным ученых, доля естественных источников радиации в суммарной дозе, накапливаемой человеком на протяжении всей жизни, составляет 87%. Оставшиеся 13% приходятся на источники, созданные человеком. Из них 11,5% (или почти 88,5% «искусственной» составляющей дозы облучения) формируется за счет использования радиоизотопов в медицинской практике. И только оставшиеся 1,5% являются результатом последствий ядерных взрывов, выбросов с атомных электростанций, утечек из хранилищ ядерных отходов.

Радон образуется в недрах Земли в результате распада урана, который, хоть и в незначительных количествах, но входит в состав практически всех видов грунтов и горных пород. В процессе радиоактивного распада уран превращается в радий-226, из которого, в свою очередь, образуется радон-222. Особенно велико содержание урана в гранитовых породах. В районах, где породообразующими элементами является породы гранитной серии, можно ожидать и весьма высокого содержания радона и его изотопов.

Анализ содержания естественных радионуклидов в различных типах горных пород (по А.П. Виноградову) показывает, что оно закономерно возрастает от пород более щелочных к более кислым и от более древних к более молодым и достигает максимальных значений для кислых магматических пород, к которым относятся широко распространенные на территории Беларуси породы кристаллического фундамента. Естественные радионуклиды, в свою очередь, являются источниками эманаций. Конечным результатом перемещения радона по трещинам и пустотам, имеющимся в горных породах, является его выделение в тектонические трещины (разломы), в перекрывающие рыхлые отложения или в атмосферный воздух, в том числе в пространство под зданиями.

Распространение радона по трещинам, разломам и порам горных пород и почв с момента образования до выхода на поверхность Земли достигает нескольких десятков дней и является практически постоянным. Уран и радий содержатся в земной коре в больших или меньших количествах постоянно, поэтому и радон отмечается на любых территориях повсеместно. Иными словами, практически вся земная кора выделяет радон, который, конечно же, стремится заполнить любые пустоты в земной тверди. Поэтому очень высока, например, концентрация радона в подземных горных выработках, причем не только в тех шахтах, где добываются радиоактивные руды. Мы уже отмечали, что основным источником радиоактивного инертного газа радон является уран. Период полураспада радона – 3,82 суток. Отсюда легко подсчитать, что из 1 т урана за 3,82 суток (если поддерживать постоянное давление) образуется 0,0000023 г радона. Если учесть природные факторы (концентрацию урана, глубину залегания, наличие каналов для выхода на поверхность), степень рассеивания, отсутствие в среднем заметного повышения естественного фона на поверхности, можно сделать вывод о том, на каких урановых запасах мы порой живем. Иначе о радоне не было бы и речи. Радон относительно легко покидает кристаллическую решетку «родительского» дома и попадает в подземные воды, природные газы и воздух. Поскольку наиболее долгоживущим из всех природных изотопов радона является радон-222, то именно его содержание в этих средах максимально – он уверенно держит «пальму первенства» среди всех естественных источников радиации и обуславливает до 30–32% общей радиационной дозы.

Концентрация радона в воздухе зависит в первую очередь от геологической среды. Так, граниты и горные породы гранитной серии, в которых много урана, являются активными источниками радона, в то время как над поверхностью морей и крупных озер радона практически нет. Многое зависит и от метеоусловий: во время дождей

микротрещинки, по которым радон поступает из почвы, заполняются водой, снежный покров и ледяная корочка препятствуют доступу радона в воздух – происходит как бы герметизация путей выхода радона на поверхность земли. Летом же, в период оттаивания, возможно усиление потока эманации на поверхность. Перед землетрясениями наблюдается повышение концентрации радона в воздухе, вероятно, благодаря более активному обмену воздуха в грунте вследствие роста микросейсмической активности.

Интересен (пока на уровне дискуссий) вопрос о важной роли собственно атмосферных источников радона в поверхностных грунтах. Так, по данным М.И. Автушко [1] обнаружена прямая связь концентрации радона в атмосфере Земли и параметрами его эманирования с поверхности земной суши в атмосферу. Эти данные показывают, что общее содержание радона в атмосфере значительно превышает то количество, которое поступает в атмосферу из земной коры. Очевидно, что избыток радона в атмосфере обусловлен его поступлением из вещества, содержащегося непосредственно в самой атмосфере. Авторы в зависимости от природы вещества, постоянно содержащегося в атмосфере, выделяют две группы: земные и космические. К первой группе отнесено находящееся в атмосфере вещество, содержащее уран: продукты вулканических извержений, частицы пыли, перемещаемые ветром, выбросы промышленных предприятий. Во вторую группу включено метеоритное вещество, большая часть которого сгорает в атмосфере. По количеству доставляемого на земную поверхность урана-238, продуцирующего радон, этот источник не уступает земным источникам. Так, одна тонна метеоритного вещества в среднем содержит 1г урана-238, который способен продуцировать $1,2 \times 10^4$ беккерелей радона.

Ранее мы отмечали некоторые области в Беларуси с повышенным содержанием радона. В геолого-структурном отношении к ним относятся регионы, связанные с Белорусским кристаллическим массивом, Микашевичским кристаллическим выступом, частично с Припятским прогибом и Подляско-Брестской впадиной. По данным БелНИГРИ, более 20% территории республики относится к разряду радоноопасных, что связывается как с неглубоким залеганием гранитоидов кристаллического фундамента, так и с широким развитием активных разрывных нарушений, дренирующих глубинные зоны эманирования. Установлено аномальное распределение радона в почвенном воздухе надразломных зон в пределах Воложинского грабена, обнаружены аномальные содержания радона в почвенном воздухе надразломных зон на Скидельском, Рогачевском, Дуброхинском и Горецко-Шкловском участках (до 15,0–25,0 кБк/м³). Подобные данные получены также и для ряда зон тектонических разломов Минска. С разрывными нарушениями связывается повышение концентрации радона в почвенном воздухе, что подтверждается работами М.И. Автушко, А.В. Матвеева, Л.А. Нечипоренко [2; 7]. При этом радоновые аномалии увязываются не только с возрастанием урановой минерализации горных пород в зонах дизъюнктивных дислокаций, но и с протекающими активными геодинамическими и геохимическими процессами. Более того, практически подтверждено существование зависимости между содержанием радона в грунтах и геодинамическими факторами, параметры влияния которых накладываются друг на друга, что определяет сложно-периодическую картину флюктуации измеренных данных.

О радоноопасности территории Беларуси говорят интересные данные геологов по содержанию радона в подземных водах и артезианских скважинах. В Гродненский, Минской и Витебской областях геофизические условия способствуют интенсивному выделению радона из почвы. Кроме того, в Гродненской области на большой территории наблюдается высокое содержание радона в воде. Повышенное содержание радона в почве, а также источники близлежащих радононасыщенных вод и их использование могут привести к дополнительной дозовой нагрузке. Территории Беларуси в целом

свойствен обширный спектр разнообразных по составу и свойствам минеральных вод и рассолов. Исключением являются участки в пределах Белорусской антеклизы и Полесской седловины, где вскрыта зона целиком пресноводного разреза осадочного чехла, хотя и здесь известны радоновые подземные воды.

Но от радона есть и вполне определенная польза, на что в последние годы все больше и больше обращается внимание. Способность радона адсорбироваться на металлических поверхностях и не диффундировать вглубь позволяет использовать его для определения поверхности металлических предметов. Радон успешно применяют в геологии для качественной оценки сохранности кристаллической структуры радиоактивных минералов, используемых изотопной геохронологией. С помощью радоноксенонового метода определяется возраст урановых минералов, а сам радон применяется в качестве радиоактивного газа для исследования утечки трубопроводов, скорости движения газов, изготовления радон-бериллиевых источников нейтронов.

Выделение радона твердыми телами, содержащими материнский элемент (эманирование), зависит от температуры, влажности и структуры тела и меняется в очень широких пределах. Отсюда большие возможности эманационного метода исследования твердых веществ. На определении концентрации радона в поверхностном слое воздуха основаны эманационные методы разведки урановых и ториевых руд. По эманационным аномалиям геофизики судят о содержании радиоактивных руд в различных участках земной коры на больших глубинах. Сравнительно недавно учеными было установлено повышение концентрации радона и некоторых других элементов в подземных водах, находящихся вблизи эпицентра землетрясения, что позволило создать метод прогноза землетрясений, который уже не раз оправдывал себя на практике.

Изучение радона помогает исследовать состояние и дефекты различных материалов, в частности, радоновыми индикаторами успешно пользуются для контроля противогазов на их герметичность. Радон помогает следить за ходом технологических процессов в производстве таких необходимых материалов, как сталь и стекло. В сельском хозяйстве радон используется для активации кормов домашних животных, в гидрологии – для исследования взаимодействия грунтовых и речных вод. И, конечно, радон издавна используется в медицине, где с помощью радоновых ванн и целого ряда специфических операций на основе радоновой воды лечатся многие заболевания.

Опасное воздействие радиации на организм человека общеизвестно. По данным ООН, в ежегодной дозе облучения, получаемой человечеством, доля воздействия продуктов от вредных испытаний составляет всего 0,7%, от работы АЭС – 0,3%, а вот доля медицинских исследований (рентген, радио- и лазеротерапия) гораздо выше – 34% всей годовой дозы. Сопоставима с этой долей природных источников радиации (естественный фон излучения, зависящий от геологических и планетарных факторов) – 22%. Основная же доля радиации приходится на воздействие атмосферных продуктов распада радиоактивного газа радона – 43%. Так что радон намного опаснее Чернобыля и его негативных последствий [4]. И несмотря на это, радон полезен, особенно радоновые воды. При этом они могут быть как из естественных источников, содержащих радон, так и из искусственных, насыщенных радоном.

Природа на удивление изобретательна и многообразна. То, что крайне опасно и порой смертельно, может при определенных обстоятельствах приносить ощутимую пользу. Например, лечение ряда заболеваний методом радиотерапии, при котором происходит облучение организма человека радоном. Причём в организм проникает около 1% радона, содержащегося в воде. Радиоактивность (в том числе и радоновая) в малых дозах является жизненно необходимым условием, стимулирующим защитные и иные функции организма. Поэтому можно твердо говорить, что радон хоть и опасен, но чрез-

вычайно полезен и нужен, особенно больным людям. Здоровье человека и увеличение продолжительности жизни является в настоящее время самой актуальной проблемой человечества. Она зависит, прежде всего, от условий жизни, окружающей среды, экологического и экономического благополучия, рациона питания и медицинского обслуживания и лечения, в том числе и радонового.

Основные запасы лечебных радоновых вод обнаружены в трещиноватой зоне пород кристаллического фундамента, обогащенной радиоактивными элементами. Воды вскрыты на территории Гродненской области (Новогрудок, Привалки, Поречье, Дятлово, Рыбаки, Новоелья), Минской области (Несвиж) и Брестской области (Молчадь, Барановичи). Водовмещающими породами являются трещиноватые гнейсы, граниты, гранитогнейсы, диориты и габбро. Самый перспективный район ограничивается на юге Гродненской области линией Новоелья–Дятлово–Щучин и простирается в северном направлении до границы с Литвой. Подземные воды, содержащие радон, вскрыты в неглубокозалегающих от поверхности породах фундамента и добываются из четырех источников-скважин глубиной 270–311 метров.

Воды холодные (9–11°C), слабоминерализованные (0,4–0,6 г/л), слаборадоновые (185–1480 Бк/л), ионно-солевой состав гидрокарбонатный магниево-кальциевый. Воды напорные, самоизливающиеся (статические уровни на 0,4–0,7 м превышают отметки земной поверхности). Запасы 40,6–304,0 м³/сут. Водообильность скважин варьируется в широких пределах (0,6–4,0 л/сут при понижении 7–50 м). Используются они при лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата, сердечнососудистых, неврологических, гинекологических и урологических заболеваний.

Данные воды приурочены непосредственно к сводовой части Белорусского кристаллического массива. Водовмещающие отложения – граниты, гранодиориты и гранитогнейсы архейского возраста. Месторождение (здесь впоследствии был построен санаторий «Радон») источника – в пределах зоны активного водообмена, где подземные воды трещинного типа циркулируют в тектонически нарушенных зонах горных пород. Непосредственно на территории санатория «Радон» лечебные воды вскрыты скважинами № 3 и № 4. Кроме того, радоновые гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды вскрыты скважиной № 36 в районе города Дятлово Гродненской области, скважиной № 18 в Несвиже Минской области и скважинами № 7 и № 8 у деревни Молчадь Барановичского района Брестской области (месторождения Новоельянинское).

Понятие «радоновая вода» объединяет некоторые подклассы лечебных минеральных вод гидрокарбонатного класса. Например, в деревне Рыбаки Гродненской области вскрыты гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды на глубинах около 145–150 метров, их минерализация не более 0,3–0,4 г/л, объемная активность радионуклидов не превышает значений от 200–250 до 1300–1500 Бк/л [5; 8].

Для более полномасштабного понимания распространения радона на территории Беларуси необходимо завершить районирование радоноопасных участков, составить карты радоногидрологического опробования, оптимизировать проведение научных исследований и усилить контроль над содержанием природных радионуклидов в питьевой воде и воздухе. В целом же проблемы повышенного содержания радона волнуют сегодня людей не только в Беларуси, но и во многих других странах мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автушко, М.И. Геохимическое поле радона в поровом воздухе почв над погребенной трубкой взрыва / М.И. Автушко, К.Н. Буздалкин // *Литасфера*. – 1995. – № 3. – С. 158–160.

2. Автушко, М.И. Проявление линейных нарушений в концентрациях радона в покровных отложениях Воложинского грабена / М.И. Автушко, А.В. Матвеев, Л.А. Нечипоренко // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 1996. – Т. 40, № 6. – С. 92–94.
3. Богдасаров, А.А. Радон: минусы и плюсы коварной невидимки / А.А. Богдасаров. – Брест : Брестская типография, 2008. – 64 с.
4. Гофман, Дж. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущих поколений / Дж. Гофман. – Мн. : Высшая школа, 1994. – 574 с.
5. Кудельский, А.В. Радиоактивное загрязнение и прогноз состояния природных вод Беларуси / А.В. Кудельский // Природные ресурсы. – 1997. – № 4. – С. 41–51.
6. Лобач, Д.Б. Радон в Беларуси / Д.Б. Лобач // Промышленная безопасность. – 2006. – № 12. – С. 13–14.
7. Матвеев, А.В. Линеаменты территории Беларуси / А.В. Матвеев, Л.А. Нечипоренко. – Мн. : ИГН НАН Беларуси. – 2001. – 124 с.
8. Ясовеев, М.Г. Экомониторинг минеральных вод и лечебных грязей / М.Г. Ясовеев. – Мн. : Медэлектроника, 2002. – С. 392–396.

A.A. Bogdasarov, M.A. Bogdasarov. Radon: Physical and Chemical Characteristics and Geological Aspects of Health Problems

The article is devoted to inert radioactive gas radon. In this paper we give a characterization of physical and chemical characteristics, the geological conditions of education, the prospects for the use of radon. The article deals with the negative aspects of radon exposure on the human organism, methods of protection against radon hazard, issues of radon therapy and the prospects of its development on the territory of Belarus.