



УДК 331.45: 614.876

© А. И. Андреев, В. В. Чекунаев, 2012

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В ВОДЕ ИЗ ПОДЗЕМНОГО ИСТОЧНИКА

Андреев А. И. – д-р тех. наук, проф. кафедры «Безопасность жизнедеятельности», тел.: 407-515, e-mail: bgd@festu.khv.ru; Чекунаев В. В. – инженер кафедры «Безопасность жизнедеятельности», тел.: 407-515, e-mail: bgd@festu.khv.ru (ДВГУПС)

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований объёмной активности радона в воде из подземного источника, расположенного во дворе дома по ул. Большая, г. Хабаровска. Приводится методика определения объёмной активности радона в воде. Обсуждаются риски здоровью населения при использовании воды из подземного источника для питья.

Results of the experimental researches of radon volume activity in the water from the underground source located in the house court yard in Bolshaya st., Khabarovsk, are noticed. The spotting technique of radon volume activity in water is resulted. Risks for health of settling using water from the underground source for drink are discussed.

Ключевые слова: объёмная активность радона в воде, методика определения объёмной активности радона, риски здоровью населения.

Естественная радиоактивность воздуха обусловлена наличием радиоактивных изотопов, возникающих в атмосфере в результате воздействия космического излучения, радиоактивных газов, поступающих из верхних слоёв земной коры и их дочерних продуктов. К таким газам относятся эманации, возникающие при распаде дочерних продуктов урана ^{222}Rn и ^{220}Tn . Основную часть дозы от радона человек получает вместе с вдыхаемым воздухом, находясь в закрытом непроветриваемом помещении. Основной источник радона – почва под зданием. Объёмная активность радона в почвенном воздухе может составлять десятки килобеккерелей [1].

Радон активно мигрирует и в водной среде [2]. Структура Хабаровско - Хехцирской системы поднятий (ХХСП) насыщена многочисленными новейшими, раскрытыми и обводненными разрывными нарушениями. После распада ^{238}U радон поступает в трещинно-поровую систему горных пород, откуда под действием диффузионных и конвективных процессов он переносится в раскрытые, обводненные структуры новейших разрывных нарушений с восхо-

дьящими потоками трещинно-жильных вод, которыми и транспортируется далее к поверхности. Направление восходящему потоку задается действующим на границе «земля-воздух» динамическим барьером. Над уровнем грунтовых вод - в зоне аэрации, где начинает действовать этот барьер, в динамическом равновесии с распадом радона происходит и его накопление. Обобщенная модель этой гидродинамической системы, адаптированной к условиям ХХСП и определяющей характер транспортировки и накопления в ней радона, представлена на рис. 1 [3].

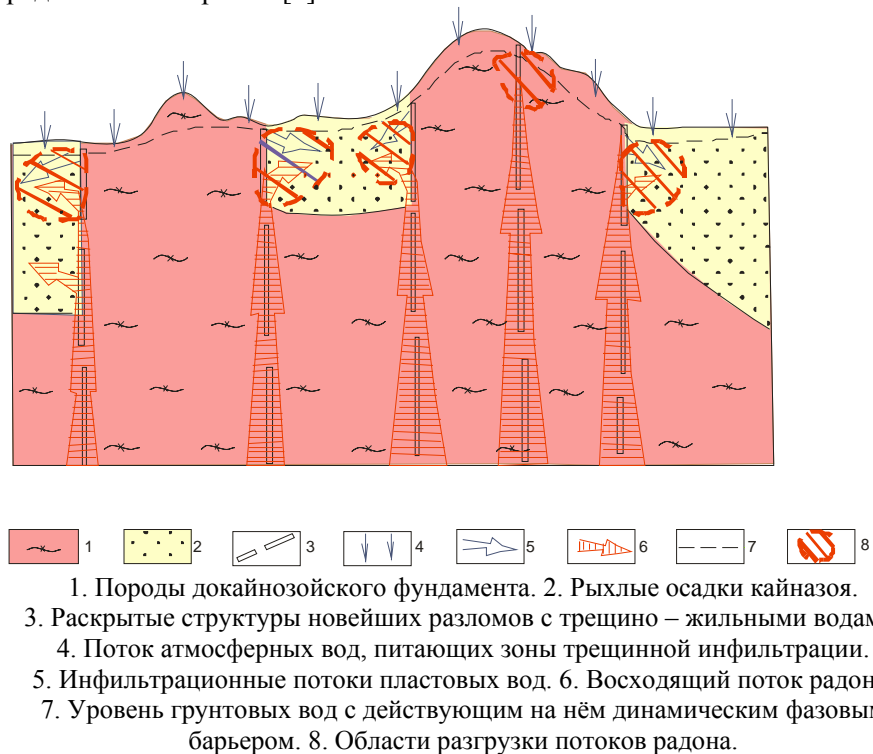


Рис. 1. Модель миграции и накопления радона в структуре ХХСП

Поведение радона в поверхностной зоне ХХСП определяется взаимодействием восходящих потоков трещинно-жильных вод с нисходящими инфильтрационными потоками пластовых вод и трещинно-инфильтрационными системами зоны аэрации. В выходящих на поверхность блоках литифицированных пород докайнозойского фундамента восходящие потоки разгружаются вблизи уровня грунтовых вод. Здесь они взаимодействуют с трещинно-инфильтрационными системами. На выходе из фундамента в рыхлый обводненный осадочный чехол новейших грабен трещинно-жильные воды взаимодействуют с пластовыми инфильтрационными потоками. На поведение радона в этой системе оказывают влияние ряд тесно взаимосвязанных факто-



ров: исходная концентрация ^{238}U в горных породах; характер сейсмогеодинамики; эманулирующая способность горных пород; эффективная пористость пород; растворимость радона; внутренняя структура среды-транспортера.

Целью данных исследований являлось экспериментальное определение объёмной активности радона в воде из подземного источника.

В качестве объекта исследования был выбран источник, расположенный во дворе жилого дома по ул. Большая в г. Хабаровске (рис. 2, 3). По личным наблюдениям авторов данной работы воду из этого источника население разбирает десятками литров.

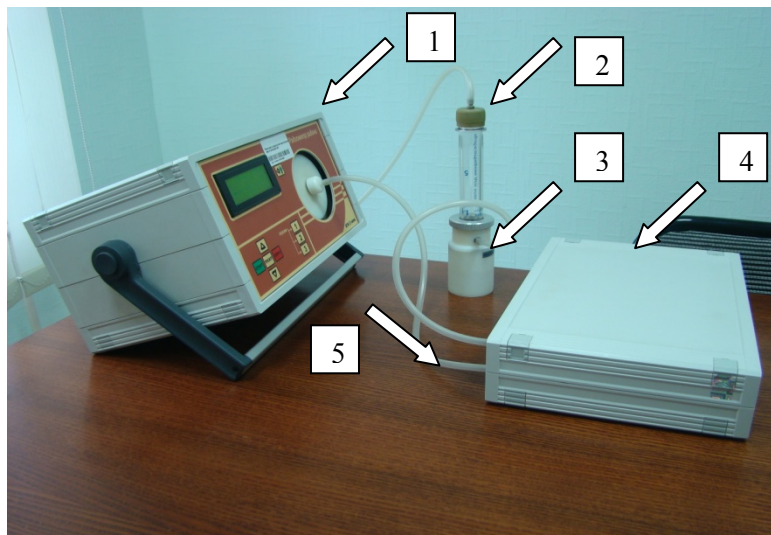


Рис. 2. Общий вид источника летом



Рис. 3. Общий вид источника зимой

Отбор проб из источника осуществлялся в пробирку объемом 0,046 л по методике, изложенной в работе [4]. В лаборатории для проведения измерений собиралась установка рис. 4.



1. Радиометр радона. 2. Пробирка с водой. 3. Барботер.
3. Пробоотборная установка. 5. Соединительные трубки.

Рис.4. Установка для проведения измерений объемной активности радона в воде

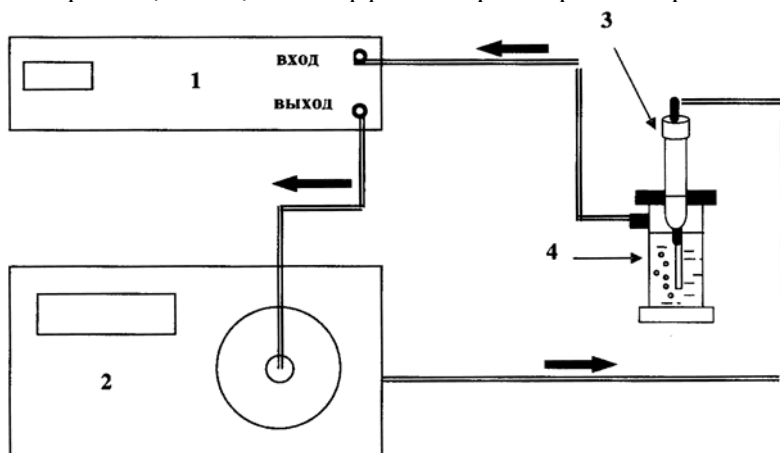
Пробирка с отобранной пробой воды (2) помещалась в барботер (3) и с помощью уплотнительной шайбы фиксировалась в нем. После снятия верхней заглушки с пробирки вода из пробирки самотёком поступала в барботер. Затем с помощью пробоотборной установки (4) создавался поток воздуха, который проходил через воду в барботере. При движении пузырьков воздуха через водный раствор создается значительная поверхность раздела жидкой и газовой фаз, что способствует интенсивному выделению ^{222}Rn из жидкости в газовую фазу. Радон из верхней части барботера через соединительные трубки (5) поступал в измерительную камеру радиометра (1). Продолжительность перевода радона из барботера в измерительную камеру радиометра, в соответствии с требованиями методики [4], составляла 5 мин. Функциональная схема установки для проведения измерений объемной активности радона в воде представлена на рис.5 [4].

Каждая проба воды измерялась 5 раз. В измеренных пробах также регистрировался торон активностью 1 – 4 Бк. Результаты измерений оформлялись протоколом. Объемная активность радона в подземном источнике рассчитывалась по формуле [4]:



$$Q_n = \{Q \times [\alpha + (V_1/V_2)] - [Q_\phi \times (V_1/V_2)]\} \times \exp(\lambda \times t), \quad (1)$$

где Q – объёмная активность радона (среднее значение по пяти пробам), Бк/л;
 Q_ϕ – фон радиометра, Бк/м³; V_2 – объём измерительной камеры радиометра, л;
 V_1 – объём отобранной пробы воды в пробоотборник, л; t – время, прошедшее от окончания отбора пробы воды до начала измерений, мин.; постоянная распада радона, мин.⁻¹; α – коэффициент растворимости радона в воде.



1. Пробоотборное устройство. 2. Радиометр.
3. Пробирка с водой. 4. Барботер с рассекателем.

Рис. 5. Функциональная схема установки для проведения измерений объёмной активности радона в воде

Изменение объёмной активности радона в воде из подземного источника показано на рис. 6.

Измерения проводились в период с 05.07.2011 г. по 27.12. 2011 г. Объёмная активность радона в воде в рассматриваемый период менялась от 1024 ± 307 Бк/л до 513 ± 154 Бк/л. Среднее значение объёмной активности радона в воде за этот период составило 776 ± 233 Бк/л.

В соответствии с нормами радиационной безопасности [5] критическим путем облучения людей за счет ^{222}Rn , содержащегося в питьевой воде, является переход радона в воздух помещения и последующее ингаляционное поступление дочерних продуктов радона в организм. Уровень вмешательства для ^{222}Rn в питьевой воде составляет 60 Бк/л. Определение удельной активности ^{222}Rn в питьевой воде из подземных источников является обязательным.

Необходимо отметить, что ^{222}Rn и ^{220}Tn являются промежуточными продуктами распада ^{238}U и ^{232}Th . Согласно схемам распада ^{238}U и ^{232}Th [6] стабильными изотопами в семействах урана и тория являются ^{206}Pb и ^{208}Pb .



Рис.6. Изменение объёмной активности радона в воде из подземного источника

ДВГУПС не располагает аппаратурой, с помощью которой можно определять концентрацию свинца в воде. Известно [7], что при употреблении воды с повышенным содержанием свинца могут развиваться острые или хронические отравления организма человека. Острое отравление свинцом может привести к смерти человека. Хроническое отравление свинцом развивается при постоянном употреблении малых концентраций свинца, который имеет свойство накапливаться в организме. Симптомы отравления появляются при достижении концентрации свинца в крови 40 – 60 мг/100 мл. При этом наблюдаются поражения центральной и периферической нервной систем, кишечника, почек. Кроме того, свинец блокирует работу ферментов, участвующих в синтезе гемоглобина.

Существующие нормативные документы [6, 9] определяют гигиенические требования к качеству питьевой воды централизованного водоснабжения и к воде, расфасованной в емкости. Эти же документы включают обобщённые показатели по содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации. Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Предельно допустимая концентрация свинца (суммарно) не должна превышать 0,03 мг/л.

Регулярные измерения концентрации радона на линии активных геологических разломов могут помочь в предсказании землетрясений. Перед сильным землетрясением наблюдается резкое увеличение концентрации радона в термальных водах и почвенном газе (в 2-5 раз за 7-18 дней, в зависимости от магнитуды ожидаемого землетрясения), и резкое уменьшение концентрации радона до уровня ниже среднего непосредственно после землетрясения. Сопоставляя данные по радону с данными других сейсмических методов наблюдений, можно более детально судить о геологических процессах, про-



текающих в земной коре, вероятных сроках и силе землетрясений, направлениях преимущественного распространения сейсмической волны и, таким образом, решать фундаментальные вопросы геотектоники и сейсмологии [10].

Анализ изменения объёмной активности радона в воде подземного источника показывает, что в период 06.09.2011 по 27.09.2011 величина объёмной активности радона в воде подземного источника менялась незначительно в пределах погрешности измерений. Увеличение объёмной активности радона в воде отмечается 04.10.2011, а затем происходит уменьшение объёмной активности радона 18.10.2011 и 25.10.2011. Причём, 25.10.2011 значение объёмной активности радона в воде было минимальным за весь период наблюдений.

По данным [11] 14.10.2011 произошло землетрясение с магнитудой $m_b = 5,9$ с координатами lat 54.09, lon 123.77 (Амурская область, посёлок Скородино), на глубине 15 км.

Изменение объёмной активности радона в воде исследуемого источника согласуется с выводами работы [10]. За 10 дней до землетрясения происходит заметное (в 1,4 раза) увеличение объёмной активности радона. Через 11 дней после землетрясения объёмная активность радона в воде уменьшается в 1,5 раза по сравнению со средним значением. Для использования радона в воде в качестве газа – индикатора ожидаемого землетрясения необходимы дальнейшие исследования для выявления достоверных связей между событиями.

По результатам экспериментальных исследований содержания радона в воде из подземного источника можно сделать следующие выводы:

1. Объёмная активность радона в воде из подземного источника за период наблюдений с 05.07.2011 г. по 27.12. 2011 г. менялась от 1024 ± 307 Бк/л до 513 ± 154 Бк/л. Среднее значение объёмной активности радона в воде за этот период составило 776 ± 233 Бк/л.

2. Среднее значение объёмной активности радона в воде подземного источника, из которого население разбирает, воду в 12,9 раз превышает уровень вмешательства для радона в питьевой воде.

3. Необходимо проводить работы для определения в воде подземного источника концентраций свинца, семейств урана и тория.

4. За 10 дней до землетрясения в Амурской области магнитудой в 5,9 объёмная активность радона в воде подземного источника увеличилась в 1,4 раза. Через 11 дней после землетрясения происходит уменьшение объёмной активности радона в 1,5 раза ниже среднего значения.

Библиографические ссылки

1. *Экспериментальные исследования динамики поступления радона в служебные помещения* / А.И. Андреев, М.Б.Медведева // Вестник Тихоокеанского государственного университета. Сентябрь, 2011 № 3 (22)



2. Семенов Е.Н., Матюха В.А., Козырев А.С. и др. Кинетика перераспределения радона между жидкой и газовой фазами // Материалы II Международной конференции. Томск, 2004
3. Радон как индикатор сейсмогеодинамической активности /А.И. Андреев, А.А. Коковкин, М.Б. Медведева // Безопасность в техносфере. – 2011. - № 5
4. *Пробоотборное* устройство ПОУ – 04. Методика измерения объёмной активности ^{222}Rn в воде с помощью радиометра типа РРА. Государственная система обеспечения единства измерения. М.: 2007.
5. *Нормы* радиационной безопасности НРБ – 99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523 – 09
6. Черкасов Е.Ф., Кириллов Е.Ф. Радиационная гигиена: учебник / под ред. Академика АМН СССР проф. Ф.М. Кроткова. – М.: Медицина, 1974
7. *Химический* состав водопроводной воды и его влияние на организм человека. – Режим доступа:
 1. Fictionbook.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://fictionbook.ru/author/lora_mtlik/celebnaya_voda_jivaya_mertvaya_svyataya_/read_online.html?page=2
 8. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества
 9. СанПиН 2.1.4.1116-02. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в ёмкости. Контроль качества.
 10. *Исследования* вариации концентраций радона в воздухе подземных сооружений ташкентского метрополитена. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.positrontechnology.com/bericht.htm>
 11. *Геофизическая* служба Российской Академии Наук. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ceme.gsras.ru/ccd.htm>