

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА

Козлова И.А., Юрков А.К. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. Приведены результаты экспериментальных работ по изучению сорбционных свойств соединительных элементов из различных материалов при проведении радиационных исследований, связанных с измерением радона.

Радон, сорбция, соединительные элементы, резина, полиэтилен, силикон, металл.

THE INFLUENCE OF THE MATERIAL OF THE CONNECTING ELEMENTS ON THE MEASUREMENT OF VOLUMETRIC ACTIVITY OF RADON

Kozlova I.A., Yurkov A.K., Institute of Geophysics, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg

Abstract. The results of experimental studies on the sorption properties of the connecting elements made of different materials during radiation research related to the measurement of radon.

Radon, sorption, fasteners, rubber, polyethylene, silicone, metal.

Введение

Исследования почвенного радона, особенно интенсивно проводившиеся в 50–60 гг. прошлого века, носили преимущественно прикладной характер. Основными задачами таких исследований были поиск месторождений радиоактивного сырья и трассирование зон тектонических нарушений. Применяемая в то время методика полевых измерений не предъявляла высоких требований к точности измерений и оборудованию. Поэтому на ряд эффектов, связанных с потерей части радона в соединительных элементах полевой измерительной аппаратуры, не обращали большого внимания. Однако было установлено влияние эффекта сорбции радона на резиновых шлангах (Булашевич и др. 1996; Новиков, Капков, 1965).

Ситуация существенно изменилась при проведении исследований, связанных с изучением радоноопасности помещений и территорий, проведением мониторинговых измерений радона с целью прогноза горных ударов и землетрясений, исследованием эманационных характеристик горных пород и рядом других задач. Использование высокоточной аппаратуры, проведение длительных мониторинговых наблюдений, применение длинных коммутационных линий для транспортировки почвенного радона из труднодоступных мест показали, что в некоторых случаях отмеча-

ется существенное влияние материалов соединительных элементов на измеряемую объемную активность радона. В связи с этим возникла необходимость оценки влияния на измеряемую объемную активность радона сорбционных способностей материалов соединительных элементов.

Целью работы являлось экспериментальное определение относительной сорбционной способности соединительных элементов, изготовленных из наиболее часто употребляемых материалов, – вакуумной резины, полиэтилена, силиконовой резины и металла (нержавеющая сталь X18H10T).

Постановка эксперимента

Для изучения сорбционной способности исследуемых материалов по отношению к радону была изготовлена лабораторная установка, состоящая из измерительного прибора (1), фильтра (2), насоса (3), накопительной камеры (4) источника радона (5) и соединительных (исследуемых) элементов (6) (рис. 1). Установка позволяет проводить измерения объемной активности радона при циркуляционном режиме движения воздуха по всей схеме. Измерение объемной активности радона (OAP) выполнялось радиометром радона Alpha-GUARD, циркуляция воздуха осуществлялась насосом из комплекта радиометра. Накопительная камера представляла собой герметичную емкость объемом 400 см³, в которую помещался источник радона. В

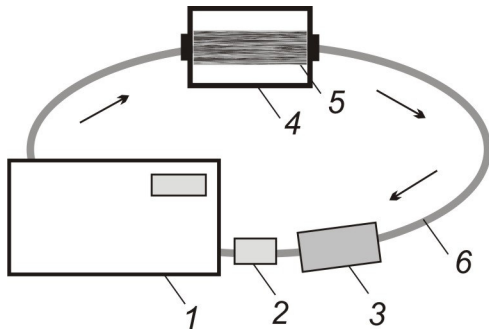


Рис. 1. Блок-схема лабораторной установки для изучения сорбционных характеристик соединительных элементов:
 1 – радиометр радона AlphaGUARD; 2 – фильтр;
 3 – насос; 4 – накопительная камера;
 5 – источник радона; 6 – соединительные элементы

качестве источника использовался один и тот же образец горной породы (керн) с небольшой урановой минерализацией.

Перед началом цикла измерений керн ($L = 5$ см, $d = 4$ см) помещался в накопительную камеру. Одинаковые условия измерений, по начальной объемной активности радона, обеспечивались постоянным временем его накопления. Измерения ОАР проводились в непрерывном режиме с 10-минутным осреднением. Весь цикл измерений, без учета времени накопления начальной объемной активности радона, продолжался двое суток.

Полученные результаты

На рис. 2 приведены записи измерения объемной активности радона при использовании соединительных элементов из раз-

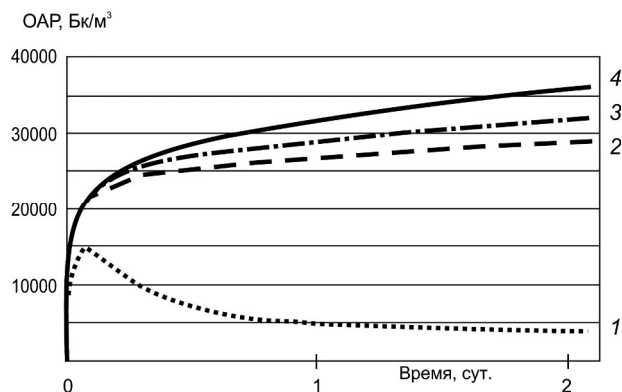


Рис. 2. Изменения объемной активности радона при изменении материала соединительных элементов:
 1 – силиконовая резина; 2 – вакуумная резина;
 3 – полиэтилен; 4 – нержавеющая сталь

личных материалов: вакуумной резины, полиэтилена, силиконовой резины и металла (нержавеющая сталь X18H10T).

Каждый эксперимент начинался с продувки атмосферным воздухом всей схемы. Далее накопительная камера перекрывалась заглушками от остальной циркуляционной схемы, и менялись соединительные исследуемые элементы. После накопления начальной концентрации радона (в данном цикле измерений 7 дней) запускалась циркуляционная схема. Изменение объемной активности радона обусловлено тремя процессами: накоплением, распадом и процессом сорбции на соединительных элементах. В зависимости от преобладания того или иного процесса, происходит увеличение или уменьшение измеряемой объемной активности радона. Поскольку величина сорбции определяется площадью сорбирующей поверхности, то для эксперимента были выбраны соединительные элементы одинакового внутреннего диаметра и длины ($d = 4$ мм, $L = 2,5$ м), т. е. с одинаковой площадью внутренней поверхности.

Из рис. 2 видно, что в случае с силиконовыми шлангами процесс сорбции играет максимально значимую роль. Эффект сорбции не только компенсирует поступление радона из керна за счет его приближения к равновесному состоянию с радием, но и снижает уровень начальной объемной активности до 4000 Бк/м³. В то время как сорбционная способность соединительных элементов из металла, полиэтилена и резины не компенсирует, даже с учетом распада радона, его поступление из керна.

Данный эксперимент показал, что наиболее пригодными при измерениях объемной активности радона, учитывая удобство применения, будут соединительные элементы из полиэтилена.

Исследования по определению зависимости сорбционной способности от площади внутренней поверхности были выполнены для силиконовых шлангов с внутренним диаметром 4 мм и длиной 1,25; 2,5; 5,0 м. Схема и условия проведения этого эксперимента была аналогична предыду-

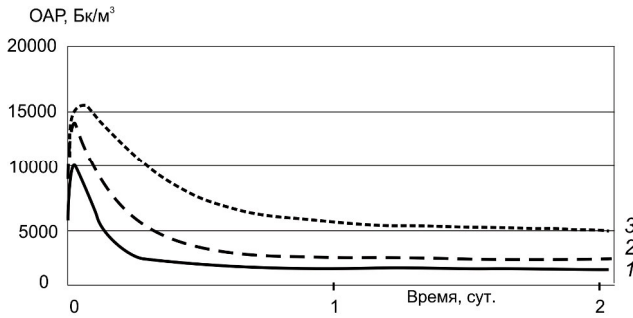


Рис. 3. Изменения объемной активности радона в зависимости от длины шлангов: 1 – 5 м; 2 – 2,5 м; 3 – 1,25 м

щему. Как видно на рис. 3, формы кривых изменения объемной активности радона достаточно близки для шлангов разной длины и имеется обратная зависимость установившейся объемной активности радона от площади внутренней поверхности. Количественная оценка доли сорбированного радона в условиях данного эксперимента не проводилась, так как достаточно сложно было определить уровень начальной объемной активности радона из-за процесса сорбции, который начинался сразу после включения циркуляции.

В следующем эксперименте была предпринята попытка определения сорбционной «емкости» силиконовой резины по отношению к радону. Для этих исследований в лабораторную установку внесли изменения (рис. 4). Убрали накопительную камеру с источником радона. Параллельно с исследуемым соединительным элементом подключили байпасную линию, выполненную из резиновой трубки с внутренним диаметром 2 мм.

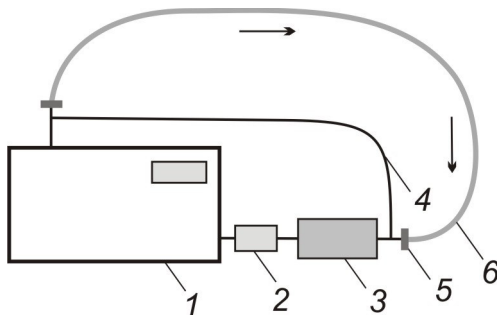


Рис. 4. Блок-схема лабораторной установки для определения сорбционной емкости исследуемых соединительных элементов: 1 – радиометр радона AlphaGUARD; 2 – фильтр; 3 – насос; 4 – байпасная линия; 5 – заглушки; 6 – исследуемые элементы

В качестве исследуемых соединительных элементов использовались силиконовые шланги ($L = 1,0$ м), обладающие, как мы показали выше, наиболее высокой сорбционной способностью. После установки соединительных шлангов (6) из «чистого» материала, в байпасную линию (4) вводилась проба воздуха с высоким содержанием радона из внешнего источника. Затем включался насос (3), и в течение 30 минут через байпасную линию осуществлялась циркуляция воздуха в лабораторной установке для определения начального уровня объемной активности радона. Затем открывались заглушки, и циркуляция осуществлялась через исследуемые соединительные элементы.

На рис. 5 видно, что независимо от начального содержания радона в пробе, запускаемой в циркуляционную схему, характер кривых объемной активности радона практически не меняется. Снижение объемной активности радона до 2000 Бк/м³ (при начальной ОАР = 250000 Бк/м³) свидетельствует о высокой сорбционной «емкости» силиконовой резины по отношению к радону.

Заклучение

Проведение экспериментальных работ по исследованию сорбционной способности соединительных элементов выявило существенное влияние на измеряемую величину объемной активности радона сорбционных эффектов на поверхностях соединительных элементов.

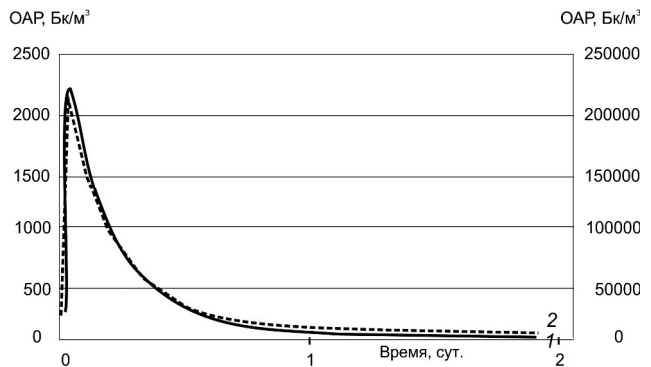


Рис. 5. Изменения объемной активности радона при изменении начальной концентрации радона: 1 – ОАР = 225000 Бк/м³; 2 – ОАР = 2250 Бк/м³

Полученные результаты показали, что погрешность измерений объемной активности радона при использовании соединительных элементов из силиконовой резины существенно больше, чем из полиэтилена, вакуумной резины и металла. Поэтому, несмотря на механические свойства и химическую стойкость к внешней среде, использование силиконовой резины при измерениях объемной активности радона будет вносить существенные погрешности.

Выполненная серия экспериментальных исследований показала, что радон, несмотря на инертность, достаточно сложным образом взаимодействует с веществом. Возможным объяснением его относительно высокой сорбционной способности являются чрезвычайно низкие содержания при проведении экспериментальных работ. В случае радона мы имеем дело с содержаниями не более 10^{-10} об. % (в атмосферном воздухе его содержание примерно 10^{-16} об. %). Тогда как для других инертных газов: гелия, аргона, криптона и ксенона – исследования сорбционной способности проводились для больших концентраций, более 0,001 об. % (Мусиченко, Иванов, 1970; Тимофеев, 1962).

Полученные на данном этапе результаты носят качественный характер и требуют проведения более детальных исследований с целью определения количественных характеристик выявленных сорбционных эффектов.

Работа частично выполнена при поддержке Программы № 4 Президиума РАН и Программы № 6 ОНЗ РАН.

Литература

- Булашевич Ю.П., Уткин В.И., Юрков А.К., Николаев В.В.* Изменение концентрации радона в связи с горными ударами в глубоких шахтах // Доклады РАН. 1996. Т. 346. № 2. С. 245–248.
- Новиков Г.Ф., Капков Ю.Н.* Радиоактивные методы разведки. Л.: Недра, 1965. 759 с.
- Мусиченко Н.И., Иванов В.В.* Закономерности распределения гелия в земной коре и их значение при поисках геохимическими методами месторождений газа, нефти и радиоактивных элементов. (Методические рекомендации). М.: ОНТИ, 1970. 228 с.
- Тимофеев Д.П.* Кинетика адсорбции. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 252 с.