

И.С.Подымов, Т.М.Подымова

*Южное отделение Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН, г.Геленджик***ЭКСПРЕСС-МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ
РАДОНА НАД ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

Представлен экспресс-метод исследований объемной активности радона по суммарной объемной активности дочерних продуктов распада изотопов радона. Показаны преимущества экспресс-метода по сравнению с лабораторными. Эмпирическим путем выведено уравнение, связывающее энергию объемной активности радона с суммарной энергией дочерних короткоживущих продуктов распада его изотопов. Полученные результаты могут быть использованы при исследованиях радоноопасности территорий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *радон, объемная активность радона, радоновый потенциал территории, методы исследований*

При постановке задачи исследования радонового потенциала Таманского п-ова встал вопрос о выборе метода измерения концентрации радона. На первом этапе исследований был реализован метод лабораторного анализа отобранных в процессе натуральных исследований проб [1]. Для этих целей был разработан специальный стенд [2], закуплены для него измерительные и управляющие модули, разработаны алгоритмы проведения замеров и обработки. По показаниям радиометра на стенде рассчитывалась концентрация радона в пробах и плотность потока радона с единицы поверхности. Далее, по модели переноса изотопов радона и продуктов их распада в атмосферу, полученная плотность потока пересчитывалась в распределенную в пространстве объемную активность радионуклидов. При таком методе результаты анализа одной пробы появлялись не ранее, чем через 3 суток. Высокая трудоемкость лабораторного метода не позволяла произвести детальное радоновое картирование исследуемых территорий. Так возникла задача разработки экспресс-метода, который позволил бы произвести оперативную съемку объемной активности радона над исследуемыми поверхностями.

Рассмотрим физические свойства продуктов распада радона. Естественная смесь изотопов радона представлена тремя нуклидами, принадлежащими рядам распада ^{238}U (^{222}Rn – радон), ^{232}Th (^{220}Rn – торон) и ^{235}U (^{219}Rn – актинон). Все они – достаточно жесткие альфа-излучатели. Распадаясь, изотопы радона превращаются в твердые радиоактивные изотопы, не имеющие отношения к группе инертных газов. В силу чрезвычайно малой продолжительности существования, эманации актинона и торона не способны к миграции на сколько-нибудь заметные расстояния от ядер-предшественников. Самый долгоживущий изотоп радона (^{222}Rn), имеющий период полураспада 3,825 суток, спустя 20 суток распадается на 97 %. В связи с этим, в наших дальнейших рассуждениях мы ограничимся рассмотрением дочерних короткоживущих продуктов распада радона (^{222}Rn), в цепочку распада которого входят изотопы ^{218}Po , ^{214}Pb и ^{214}Bi .

Согласно [3], эквивалентной равновесной объемной активностью радона (ЭРОA_{Rn}) для неравновесной смеси короткоживущих дочерних продуктов распада в воздухе называется объемная активность радона (OA_{Rn}), которая находится в равновесии с дочерними короткоживущими продуктами распада и имеет такую же величину скрытой энергии. Другими словами можно сказать, что величина скрытой энергии объемной активности радона равна энергии распада дочерних короткоживущих продуктов и описывается уравнением:

$$\text{ЭРОA}_{\text{Rn}} = \text{OA}_{\text{Rn}} \cdot F = 0,1046A_{\text{Po}} + 0,5161A_{\text{Pb}} + 0,3793A_{\text{Bi}}, \quad (1)$$

где ЭРОA_{Rn} – эквивалентная равновесная объемная активность радона; OA_{Rn} – объемная активность радона; F – коэффициент равновесия между OA_{Rn} и энергией распада дочерних продуктов; A_{Po} , A_{Pb} , A_{Bi} – объемные активности дочерних короткоживущих продуктов распада. Уравнение (1) лежит в основе экспресс-метода исследований OA_{Rn} в приповерхностном слое.

Для лабораторного эксперимента использованы спектроскопический измеритель концентрации радона *Canary* и $\beta\gamma$ -радиометр *GMC-320* (рис.1).

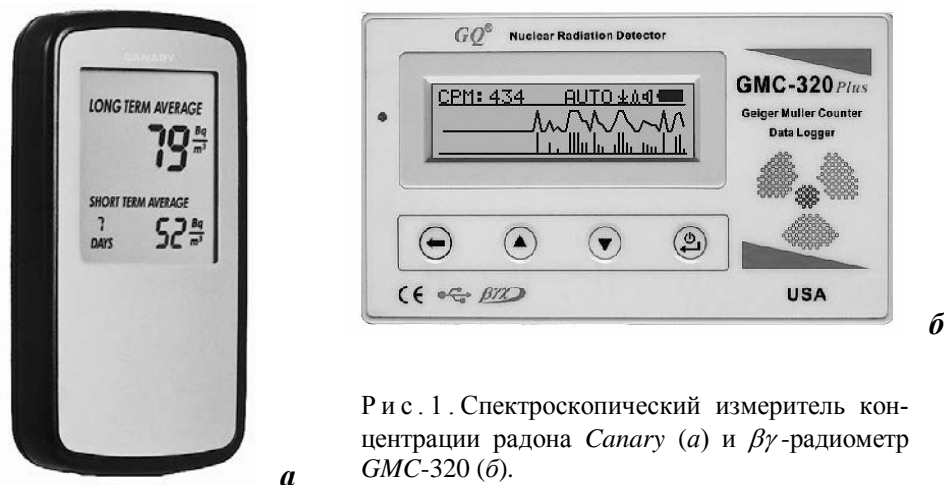
Радиометр не имеет возможности фиксации энергии распада упомянутых изотопов полония, свинца и висмута по отдельности. По этой причине сделано допущение о фиксировании средней суммарной энергии распада этих изотопов. В этом случае уравнение (1) упрощается до формулы:

$$\text{OA}_{\text{Rn}} = K \cdot A_{\text{Po+Pb+Bi}}, \quad (2)$$

где K – коэффициент равновесия между объемной активностью радона и суммарной энергией распада дочерних короткоживущих продуктов; $A_{\text{Po+Pb+Bi}}$ – суммарная энергия распада дочерних короткоживущих продуктов.

В формуле (2) входной параметр – суммарная энергия распада дочерних короткоживущих продуктов, фиксируемая радиометром *GMC-320*, выходной параметр – объемная активность радона.

Постановка эксперимента. В лабораторных условиях, на стационарном стенде были установлены измеритель радона и радиометр. Логика их работы такова. Радиометр *GMC-320* ежесекундно фиксирует наличие или отсутствие распада и выводит на дисплей осредненные за минуту данные.



Р и с. 1. Спектроскопический измеритель концентрации радона *Canary* (а) и $\beta\gamma$ -радиометр *GMC-320* (б).

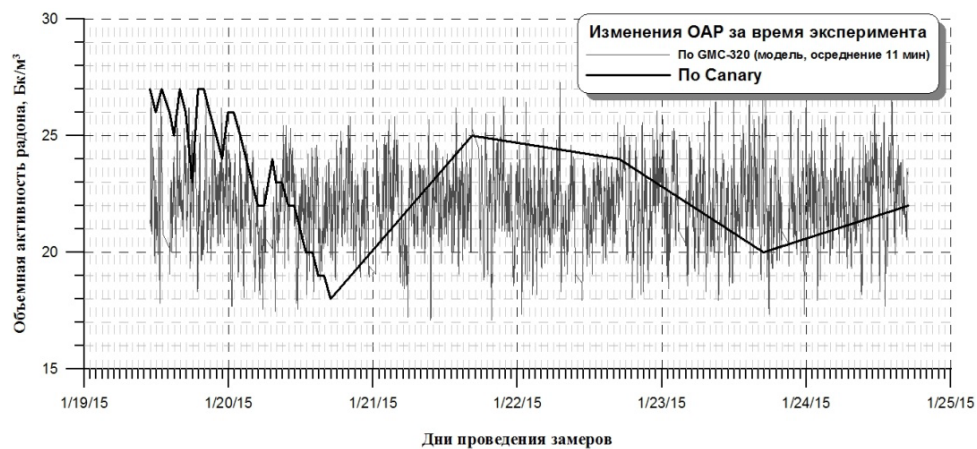
В память прибора записываются результаты всех замеров. Размера памяти хватает на 10 суток непрерывной записи. Измеритель радона *Canary* выводит на дисплей первый результат замеров через час. В таком режиме он работает 1 сутки. Через сутки прибор переходит в другой режим. Показания изменяются один раз в сутки. Дисплей прибора состоит из двух индикаторов. На одном отражаются средние значения OA_{Rn} за короткий период (до 7 последних суток), на другом – средние за весь период измерения. Результаты замеров записываются в память. Память прибора рассчитана на 5 лет непрерывной записи. Автономность питания – 3 года. Смена батарей не приводит к стиранию записанных результатов.

Установленные на стенд приборы в течение 5 суток вели запись флуктуаций радиоактивной обстановки окружающей среды. Поскольку в процессе распада дочерних короткоживущих продуктов происходит только β -излучение [4], радиометр переведен в режим фиксирования β -лучей. За 604800 с зафиксировано: 164060 распадов, средняя объемная активность радона (OA_{Rn}) и средняя суммарная энергия распада дочерних короткоживущих продуктов ($A_{Po+Pb+Bi}$). Полученные значения подставлены в формулу (2), из которой найден коэффициент равновесия между объемной активностью радона и суммарной энергией распада дочерних короткоживущих продуктов (K). Формула (2), с найденным коэффициентом, имеет вид:

$$OA_{Rn} = 1,357A_{Po+Pb+Bi} . \quad (3)$$

Выражение (3) представляет собой эмпирическую модель расчета OA_{Rn} по энергии распада дочерних короткоживущих продуктов радона. График изменения OA_{Rn} за время эксперимента по показаниям измерителя концентрации радона *Canary* и график, рассчитанный с помощью уравнения (3) по показаниям радиометра *GMC-320*, показаны на рис.2.

Главный результат лабораторного эксперимента выражается в том, что экспресс-метод расчета OA_{Rn} по энергии распада дочерних короткоживущих продуктов достаточно точно повторяет результаты замеров, сделанные спектроскопическим методом. Кроме этого, метод позволяет на порядки



Р и с . 2 . Графики изменения OA_{Rn} за время лабораторного эксперимента по показаниям измерителя радона *Canary* и по модели.

увеличить скорость производства замеров OA_{Rn} и увидеть, какие изменения OA_{Rn} происходят внутри временных интервалов, недоступных для исследований классическим методом.

Как заключение, экспресс-метод можно рекомендовать для технологий оперативного мониторинга состояния окружающей среды, прогнозирования и ликвидации ее загрязнения радионуклидами.

Исследования проводятся в рамках проектов РНФ 14-17-00547, 14-50-00095 и РФФИ 13-05-96508 р_юг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Подымов И.С., Подымова Т.М.* Исследование плотности потока радона с водных и грунтовых поверхностей Таманского полуострова // Международный семинар «Экология прибрежной зоны внутренних морей» (Геленджик, 3-6 июля 2014 г.).– Геленджик: ООО Интертехнологии, 2014.– С.41-49.
2. *Подымова Т.М., Подымов И.С.* Лабораторный стенд для измерения удельной активности радона в пробах воды и грунта на основе прибора Radon gas detector HS71512 // XXV Международная береговая конференция «Береговая зона – взгляд в будущее» (Сочи, 13-17 октября 2014 г.).– М.: Геос, 2014.– 2. – С.100-102.
3. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации. Доклад НКДАР ООН за 1988 г. в 2-х томах.– М.: Мир, 1992.– 560 с.
4. *Яковлева В.С.* Измерение плотности потока радона и его изотопов с поверхностей.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011.– 174 с.

Материал поступил в редакцию 06.11.2015 г.

I.S.Podymov, T.M.Podymova

RAPID METHOD FOR INVESTIGATIONS OF RADON VOLUME ACTIVITY ABOVE THE EARTH'S SURFACE

A rapid method for investigations of radon volume activity by the total volumetric activity of radioactive decay of the daughter products of radon isotopes is presented. The advantages of the rapid method are shown compared with the laboratory method. The equation of dependence the energy of radon volume activity from the decay energy of

short-lived isotope has been calculated empirically. The results are possible to use for investigations of radon-dangerous territories.

KEYWORDS: radon, volume activity of radon, radon potential of territory, research methods