

doi.org/10.36073/1512-0902-2026-139-143-146
УДК.539.16; 539.19

О некоторых проблемах измерения радона

Гребенчук Гарри

Центр Экспериментальной Биомедицины им. И.Бериташвили
Тбилиси, Грузия

h.grebenchuk@lifescience.org.ge

harrygrebenchuk@gmail.com

h.grebenchuk@biomedicine.org.ge

Аннотация

Показано, что измерение и описание концентрации радиоактивного газа радона в единицах активности –Беккерелях, так, как это рекомендовано Международной Комиссией по радиационной защите (ICRP) приводит к ошибочной (учтенной) величине этого показателя. Предложен подход для разрешения указанной проблемы.

Ключевые слова: Радон, активность, Беккерель, концентрация в среде

Описание

Благородный радиоактивный газ радон, являющийся продуктом распада радия, достаточно широко распространен и оказывает значительное влияние на живую природу. Высокие концентрации радона наблюдаются в атмосфере и водах подземных выработок и зачастую применяются в лечебных целях.

Согласно ныне рекомендованной и принятой Международной комиссией по радиационной защите (ICRP) методологии, радон следует определять посредством его активности в беккерелях [1].

Основная часть

Как известно, Беккерель является мерой (единицей) числа распадов соответствующего вещества в 1 секунду в конкретном объеме, например, в кубическом метре или литре. При этом обычно предполагается, что все распады принадлежат именно радону, хотя контроля этого не производится и он в таком режиме вряд ли возможен, так как число распадов никак не несет в себе информации об их генетическом происхождении, поскольку оно никак не указывает на их источник, хотя предполагается, что таким источником является собственно радон [2].

Такое предположение может быть подтверждено либо опровергнуто только путем спектрального (энергетического) анализа субатомных частиц, в данном случае, альфа-частиц, порождаемых указанным распадом, что значительно отличается от простого подсчета числа распадов в единицу времени, или, иными словами, активности.

С другой стороны, хорошо известно, что распад атомных ядер радона является каскадным процессом, включающем последовательную генерацию четырех альфа-частиц, четырех электронов и четырех гамма-квантов (см. Табл.).

Если предположить, что главными, наиболее энергетически интенсивными процессами в каскадном распаде радона, связанными с генерацией альфа-частиц, являются именно те, что порождают вышеупомянутые беккерели, тогда окажется, что только один из каждой четверки, самый первый из них, принадлежит собственно радону, а остальные три принадлежат его прогенам, а именно, полонию Po218, полонию Po214 и полонию Po210, т.е. не все альфа-частицы, создающие импульсы в устройстве регистрации активности, генетически принадлежат распаду собственно радона.

Если, кроме того, в каскадном распаде радона в беккерелях будут учтены также и процессы эмиссии β и γ , это еще более повысит ложную информацию о концентрации радона.

Кроме того, если отказаться от подсчета беккерелей и перейти к методу осаждения альфа-частиц на активированном угле, результат также будет тем же – только одна из каждой четверки альфа-частиц будет ответственна за активность собственно радона и, соответственно, его концентрацию в среде. Таким образом, невозможно судить об активности радона в беккерелях, (а также по количеству осажденных на активированном угле альфа-частиц), так как это приводит к ложному учету информации о концентрации радона в среде.

Каскадный распад радона 222Rn

Элемент	Вид распада	Энергия, MeV	Период полураспада
222Rn	α	5,49	3,9235 days
218Po	α	6,0	3,11 min
214 Pb	β	0,67, 0,73	26,8 min
	γ	0,352, 0,30, 0,24	

214Bi	β	1,54, 1,51, 3,27	19,9 min
	γ	0,61, 1,76, 1.12	
214Po	α	7,69	164,3 mks
210Pb	β	0,06, 0,02	22,3 years
	γ	0,044	
210 Bi	β	1,16	5,012 days
	γ	0,27, 0,30	
210 Po	α	5,3	138,376 days
206Pb	Stab.		

Из вышеизложенного следует, что рекомендованный ISRP и поныне действующий метод оценки концентрации радона в беккерелях является некорректным и не способным давать адекватную информацию о его распространенности в естественной среде и, соответственно, опасности для живых организмов [6 -9].

Другие, еще более серьезные вопросы возникают касательно роли Международной комиссии по радиационной защите (ISRP). Эта проблема возникла у нас именно из-за ее роли в реализации вышеупомянутой методологии. Наши попытки связаться с членами ISRP оказались безрезультатными несмотря на то, что мы получаем много материалов об их деятельности.

Наше расследование показало, что вышеупомянутая Комиссия, которая, как утверждает она, состоит преимущественно из врачей, но «также включает и физиков», состоит из четырех членов и находится в Канаде. Нам не удалось найти никакой информации о создании этой Комиссии или о методе ее формирования. Естественно, что при таком составе и неизвестном (нам) методе формирования и не следовало бы ожидать каких-либо иных результатов ее деятельности несмотря на то, что ее методология широко признана и принята на международном уровне (по крайней мере, на постсоветском пространстве).

Простейшим приблизительным способом избежать подобной ситуации при определении концентрации радона является деление зарегистрированной активности радона в беккерелях на 4, то- есть на количество α -частиц, образующихся в процессе каскадного распада одного ядра радона, но это возможно только в случае энергетической дискриминации беккерелей, связанной с другими типами распадов — β и γ .

Другим, более реалистичным методом оценки концентрации радона может быть хорошо известный и упомянутый выше метод аккумуляции альфа-частиц на активированном угле, конечно, модифицированный с учетом принятия во внимание каскадного характера процесса распада с генерацией четырех (4) альфа-частиц и делением результата на 4.

Между тем представляется, что корректный расчет как поглощенной дозы, так и количества нуклидов распада, накопленных (включенных) в организме, возможен только на основе решения хорошо известного уравнения радиоактивного распада.

Уравнение радиационного распада [3-5] есть

$$dN/dt = -\lambda N \quad (1),$$

$$N(t) = N_0 \exp(-\lambda t) \quad (2),$$

где $d(N(t)) = d(N_0(\exp(-\lambda t))) = -\lambda N_0(\exp(-\lambda t)) dt, \quad (3)$

а N_0 является числом радиоактивных ядер в момент времени $t=0$, и λ есть постоянная распада (его вероятность) для радона ^{222}Rn , определяемая из выражения $T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$, или $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$, причем все вычисления в этих выражениях следует выполнять в системе СИ во избежание получения некорректных значений:

$\ln 2 = 0,69314718056$, (безразмерная величина),

$T_{1/2} = 3,8235$ (период полураспада в днях (сутках),

$T_{1/2} = (3,8235 \times 24 \times 60 \times 60) = 330350.4$ (период полураспада в секундах).

Тогда $\lambda = 0,69314718056 / (3,8235 \times 24 \times 60 \times 60) = 0,00000209821$ или $\lambda \approx 2,1 \times 10^{-6} \text{с}^{-1}$.

Кроме того, из того же выражения может быть получена оценка скорости распада радона или, иными словами, его активность при постоянной концентрации N_{const} : этого нуклида:

$$\mu = \frac{dN}{dt} = \lambda N_{\text{const}} \quad (4)$$

Таким образом, устанавливается связь между двумя наиболее важными константами радиационного распада – вероятностью распада λ и его активностью μ при известной концентрации радиоактивных ядер N_0 , или наоборот, концентрацией ядер радона

$$N_0 = \mu/\lambda \quad (5)$$

Из вышеизложенного следует, что утвержденная ИСТС и действующая поныне методика оценки концентрации радона в беккерелях в принципе является некорректной и не способной адекватно отображать эту величину в окружающей среде, а следовательно, и опасность радона для живых организмов [6 -9].

Простейшим приближенным способом избегания указанной ситуации при определении концентрации радона представляется деление зарегистрированной активности радона в беккерелях на 4, т.е. на число α -частиц, генерируемых при каскадном распаде одного ядра радона, но это возможно только в случае энергетической дискриминации беккерелей, связанных с другими типами распада - β и γ .

Другим, более реалистичным методом корректной оценки концентрации радона может быть хорошо известный метод аккумуляции α -частиц на активированном угле в течении фиксированных интервалов времени, конечно, модифицированный для принятия во внимание каскадного характера распада радона с генерацией 4 α -частиц и делением результата на 4.

ლიტერატურა-REFERENCES

1. The 2007 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103.
2. Идентификация радиоактивных источников и устройств – Серия изданий МАГАТЕ по физической ядерной безопасности (In Russian), No 5. STI/PUB/1278/ 978-92-0-449623-9.
3. Мухин К.Н.– Введение в ядерную физику (In Russian), – Госатомиздат, 1963.
4. Grebenchuk H., Gogebashvili M., Ivanishvili N., Nadareishvili D.– Patent of Georgia P 2020 7206 B,- Method for determination the radiation dose absorbed by a biological object under the influence of radon, priority 09-10-2019, registration 21-12-2020.
5. Grebenchuk H., Gogebashvili M., Ivanishvili N., Nadareishvili D.- Patent of Georgia P 2021 7304 B - Method for assessing and predicting the complex biological effects of radon, priority 16-07-2020, registration 05-10-2021.
6. Grebenchuk H., Gogebashvili M., Ivanishvili N.- Long-term effects of the cumulative impact of low concentrations of radon on the body and mechanisms of their implementation. Researchgate.net, July 2021, DOI: 10.13140/RG.2.2.15656.08960, Research Interest Score 2.1.
7. Grebenchuk H., Gogebashvili M., Nadareishvili D., Ivanishvili N.- The role of Lead 210Pb in the manifestation the effects of radon exposure on living organism: a conceptual analysis. - Radiobiology and Radiation Safety, Vol.1, 2021, p.p. 26-33, ISSN 2667-9787.
8. Gogebashvili M., Ivanishvili N., Grebenchuk H.- Modern approaches to radiation risk management in urban areas (systems) – International Scientific-Practical Conference, Tbilisi, Georgia, “Biomedical aspects of dangers, caused by the methodological shortcomings of radiobiological studies, conducted in Georgia.” November 16-17, 2021.
9. Grebenchuk H., Gogebashvili M., Nadareishvili D. Ivanishvili N.- The problem of Lead 210Pb in the manifestation of the effects of the radon exposure on living organism: a conceptual analysis. - In the book “Systemic, Cellular and Molecular Mechanisms of Physiological Functions and Their Disorders, Charter 3, p.p. 23-33, – Proceedings of Iv.Beritashvili Center for Experimental Biomedicine, Edd. - N.Nachkebia and N.Mitgavaria, Nova Medicine and Health.

doi.org/10.36073/1512-0902-2026-139-143-146

UDC: 539.16; 539.19

On Some Issues in Radon Measurement /Grebenchuk H./ Transactions IHM, GTU. -2026. -vol.139. -pp.143-146. - Georg., Summ. Georg., Eng.Rus.

It has been shown that measuring and describing the concentration of radioactive radon gas in Becquerel activity units, as recommended by the International Commission on Radiological Protection (ICRP), results in an erroneous (quadrupled) value for this indicator. An approach to resolving this problem is proposed.

doi.org/10.36073/1512-0902-2026-139-143-146

უკ:539.16; 539.19

როდონის ცვლილების ზოგიერთი პრობლემების შესახებ /გრებენჩუკი გ./სტუ-ის ჰმი-ის შრომათა კრებული-2026.-ტ.139.-გვ. 143-146. -ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ნაჩვენებია, რომ რადიოაქტიური აირი რადონის კონცენტრაციის გაზომვა აქტივობის ერთეულებში - ბეკერელებში ისე, როგორც ეს არის რეკომენდებული რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის (ICRP-ს) მიერ იწვევს მის მცდარ (გაოთხმაგებულ) მნიშვნელობას. შეთავაზებულია აღნიშნული პრობლემის გადაჭრის გარკვეული მიდგომა

doi.org/10.36073/1512-0902-2026-139-143-146

УДК: 539.16; 539.19

О некоторых проблемах изменения родона /Гребенчук Г./Сб. Трудов ИГМ ГТУ. - 2026. – том 139. - с. 143-146. - Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус.

Показано, что измерение и описание концентрации радиоактивного газа радона в единицах активности – Беккерелях, так, как это рекомендовано Международной Комиссией по радиационной защите (ICRP) приводит к ошибочной (учетверенной) величине этого показателя. Предложен подход для решения указанной проблемы.