

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РАДОНООПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ЗАСТРОЙКИ НА ПРИМЕРЕ ИЗМЕРЕНИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЧЕШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

К.О. Шилова

Научный руководитель доцент Н.К. Рыжакова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Введение

Установлено, что наиболее значимым источником радиоактивного излучения является радон и его дочерние продукты распада, создающие более половины дозы от всех природных источников. В связи с этим в настоящее время при производстве инженерных изысканий участков застройки проводятся радиационно-экологические исследования, составной частью которых является оценка радоноопасности территории. В России при оценке радоноопасности измеряют плотность потока радона методом накопительных камер [3]. Основным недостатком этого метода является большая вариабельность результатов измерения, что ставит под сомнение объективность получаемых оценок. В странах Европы в качестве критерия радоноопасности в основном использовалась объемная активность радона в подпочвенном воздухе (далее поровая активность радона), измеренная на глубине 0.8...1м. Однако данная величина не позволяет достоверно определить количество радона, выходящего на поверхность грунтов. Поэтому за рубежом в последние годы для оценки радоноопасности территорий используют категориально-численную величину – радоновый индекс. Однако, не выработано единого мнения о методологии и методах определения данной величины. В частности, в разных странах для определения радонового индекса используют различные входные параметры – поровую активность, концентрацию радия, газопроницаемость грунтов, особенности геологического строения подстилающих пород [2,4]. Так, например, в Чехии определение радонового индекса места застройки основано на расчете численного показателя – радонового потенциала, входными параметрами для которого является третий квартиль набора данных поровой активности радона и третий квартиль данных газопроницаемости грунта, измеренных на глубине 0.8м [4]. В Германии для определения радонового индекса используют максимальные значения этих же величин, измеренных на глубине 1м [2]. Во Франции за индикатор принимают значения газопроницаемости грунтов, а также учитывают геологическую структуру подстилающих пород [1]. Целью данной работы является измерение и анализ величин, используемых при оценке радоноопасности территорий застройки в Российской Федерации (РФ) и Чешской Республике (ЧР).

Методы оценки радоноопасности

В Российской Федерации территория считается безопасной, если плотность потока радона не превышает $80 \text{ мБкм}^{-2}\text{с}^{-1}$. В работе для определения плотности потока радона использован метод «двух глубин», основанный на измерении поровой активности на двух небольших, отличающихся в два раза, глубинах. В соответствии с диффузионной моделью переноса радона через однородные почвогрунты получено следующее выражение для расчета плотности потока радона [5]:

$$ППП = \frac{\lambda \cdot h_1 \cdot OA_1 \cdot \eta}{(2 - \frac{OA_2}{OA_1}) \cdot \ln(\frac{OA_2}{OA_1} - 1)}, \quad (1)$$

где $ППП$ – плотность потока радона; OA_1, OA_2 – поровая активность радона, измеренная на глубинах h_1 и $h_2 = 2h_1$, η – пористость грунта; λ – постоянная распада радона. Одно из основных достоинств метода «двух глубин» состоит в том, что вариабельность поровой активности значительно меньше, чем плотности потока радона.

В Чешской Республике определение радонового индекса места застройки основано на измерении поровой активности и газопроницаемости на глубине 0.8 м. По результатам измерений рассчитывается радоновый потенциал RP , входными параметрами для которого являются третий квартиль набора данных поровой активности радона (OA_3) и третий квартиль набора данных газопроницаемости грунтов (k_3):

$$RP = \frac{OA_3 - OA_{min}}{-\log k_3 - 10}, \quad (2)$$

где OA_{min} – минимальное значение поровой активности, которое принимают равным 1 кБкм^{-3} . Если $OA_3 < OA_{min}$, то территория с точки зрения радонового риска считается безопасной. В противном случае по формуле 2 рассчитывается радоновый потенциал, и по классификационной таблице 1 определяется радоновый индекс RI .

Таблица 1

Классификационная таблица для оценки радонового индекса (RI) по значениям радонового потенциала

Радоновый потенциал (RP)	Радоновый индекс (RI)
$RP < 10$	Низкий
$10 < RP < 35$	Средний
$RP > 35$	Высокий

Методы измерения

Измерения поровой активности радона в РФ проводили в летний сухой период с 05.08.14 г по 29.08.14г. на площадке г. Томска, предназначенной для строительства жилого дома. На участке были выбраны контрольные точки, расположенные на расстоянии 10 м друг от друга. В каждой точке с помощью ручного бура пробуривали по два шпура глубиной 0.4 м и 0.8 м, расстояние между которыми не превышало 50 см. В каждой точке проводили по два – три измерения поровой активности радона на двух глубинах; всего проведено 30

измерений. Для измерения поровой активности использовали радиометр PPA-01M-03 и пробоотборники, входящие в комплект пробоотборного устройства ПОУ-04. Помимо этого, методом режущего кольца определяли плотность и пористость грунта. Удельную активность радия-226 измеряли в геометрии сосуда Маринелли с объемом 1л с помощью γ -спектрометра на основе полупроводникового германиевого детектора GEM-76.

Измерения поровой активности и газопроницаемости в Чешской Республике проводили в летний период 2014г. на площадке размерами 9 м × 30 м в 30-ти контрольных точках, расположенных на расстоянии 3 м друг от друга. В измерениях поровой активности радона использовали систему RM-2, которая включала в себя полые стержни, заостренные наконечники, шприц, два типа детекторов (ионизационные камеры и камеры Лукаса) и считыватель ERM-3. Для измерения поровой активности стальной полый стержень с закрепленным наконечником вбивали на глубину 0.8 м. На полый стержень устанавливали фильтр; для отбора проб почвенного воздуха использовали шприц объемом 150 мл. Измерения газопроницаемости проводили прибором RADON JOK.

Результаты измерений

Средние значения удельной активности радия, пористости и плотности сухого грунта составили 26.5 Бк·кг⁻¹; 0.4 отн.ед; 1.4 г·см⁻³. Дисперсии выборок равны 2.3Бк·кг⁻¹; 0.03 отн.ед; 0.07 г·см⁻³; коэффициенты вариации удельной активности радия, пористости и плотности равны соответственно 8.8%, 7.3% и 5.6%, т.е. грунт на изучаемом участке достаточно однороден по своим физическим свойствам. Значения поровой активности радона, измеренные в Российской Федерации на глубинах 0.4 м и 0.8 м, находятся в интервалах 0.52...2.88 кБк·м⁻³ и 0.86...3.76 кБк·м⁻³. Средние значения для данных выборок составили 1.74 кБк·м⁻³ и 2.25 кБк·м⁻³; дисперсии выборок равны 0.5 кБк·м⁻³ и 0.6 кБк·м⁻³; коэффициенты вариации поровой активности на глубинах 0.4 м и 0.8 м составили 28 % и 27%. Значения плотности потока радона, рассчитанные по формуле 1, находятся в интервале 0.2...2.3 мБк·м⁻²·с⁻¹, следовательно, обследованная площадка не является радоноопасной. Среднее значение и дисперсия плотности потока радона равны 0.87 мБк·м⁻²·с⁻¹ и 0.52 мБк·м⁻²·с⁻¹; коэффициент вариации составил 60%.

Значения поровой активности, измеренные в Чешской Республике камерами Лукаса и ионизационными камерами, лежат в интервале 77...370 кБк·м⁻³ и 85...377 кБк·м⁻³. Средние значения для ионизационных камер и камер Лукаса практически совпадают и составляют 153 кБк·м⁻³, что свидетельствует о высокой достоверности полученных результатов. Дисперсии выборок поровой активности, измеренной камерами Лукаса и ионизационными камерами, равны 68 кБк·м⁻³ и 65 кБк·м⁻³; коэффициенты вариации составили 45% и 43%. Значения газопроницаемости лежат в интервале 0.0052...18 м²·с⁻¹, откуда видно, что максимальное значение газопроницаемости более чем на три порядка больше минимального. Среднее значение и дисперсия газопроницаемости составили 6.6 м²·с⁻¹ и 7.47 м²·с⁻¹; коэффициент вариации этой величины равен 113%. Для определения категории радоноопасности территории определены третий квартиль набора данных поровой активности радона (185 кБк·м⁻³) и третий квартиль данных по газопроницаемости грунтов (18 м²·с⁻¹), после чего проведен расчет радонового потенциала территории по формуле 2, значение которого равняется 21. В соответствии с классификационной таблицей 1 данной территории присваивается средняя категория радоноопасности.

Выводы

Используемые для оценок радоноопасности величины плотности потока радона (РФ) и газопроницаемости грунтов (ЧР) имеют общий и существенный недостаток - для них характерен высокий разброс значений, достигающий 100% и более. Это обстоятельство ставит под сомнение объективность получаемых оценок. Очевидно, наиболее объективным показателем радоноопасности является усредненная за достаточно продолжительный временной интервал плотность потока радона (например, за сутки и более). В данном исследовании при определении плотности потока радона использован новый метод, основанный на измерении поровой активности на двух небольших, отличающихся в два раза глубинах (0.4...0.6м и 0.8...1.2м). Использование в проведенном исследовании метода «двух глубин» позволило уменьшить вариабельность плотности потока до 60%. Можно надеяться, что совершенствование методов и методик измерения поровой активности радона, а также использование интегральных детекторов для измерения этой величины, позволит дополнительно снизить вариабельность плотности потока радона, определяемой с помощью метода «двух глубин».

Литература

1. Ielsch G., Cushing M.E, Combes Ph. Cuney., M, Mapping of the geogenic radon potential in France to improve radon risk management: methodology and first application to region Bourgogne, Journal of Environmental Radioactivity 101 (2010), P. 813-820.
2. Kemski J, Siehl A, Stegemann R, Valdivia-Manchego M., MAPPING THE GEOGENIC RADON POTENTIAL IN GERMANY. The Science of the Total Environment 272,2001.P.217-230.
3. Livingston, G.P., Hutchinson, G.L., Spartalian, K., Diffusion theory improves chamber-based measurements of trace gas emission. J. Geophys. Res. Lett. 32,L24817, doi:10.1029/2005GL024744.
4. Neznal M., Neznal M., 2004 The new method for Assessing the Radon Risk of Building Sites (Czech Geological Survey Special Papers vol 16) (Prague: Czech Geological Survey) (www.radon-vos.cz/pdf/meto-dika.pdf)
5. Ryzhakova Nadezhda K., Criteria of radon risk of territories and methods for their determination // J. of Elsevier Editorial System(tm) for Applied Radiation and Isotopes. 2014. V.91.P.161-164.