

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 550.42:551.1(476)

*Академик А. В. МАТВЕЕВ***ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ «МЕСТНОГО» (ГРУНТОВОГО) РАДОНА
В ПОЧВЕННОМ ВОЗДУХЕ ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛАРУСИ***Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь
matveyev@nature.basnet.by*

Охарактеризован радонопродуцирующий потенциал основных генетических типов покровных отложений. По этим данным с использованием карты четвертичных отложений построена схема, на которой выделено пять типов территорий, различающихся по значениям объемной активности «местного» (грунтового) радона в почвенном воздухе. Выполнена оценка степени радоноопасности этих типов территорий, которые подразделены на относительно безопасные, потенциально опасные на локальных участках, потенциально опасные на отдельных площадях и потенциально опасные.

Ключевые слова: объемная активность радона, радонопродуцирующий потенциал, почвенный воздух, покровные отложения, радоноопасность.

*A. V. MATVEYEV***SOME FEATURES OF THE «LOCAL» (EARTH) RADON DISTRIBUTION
IN THE SOIL AIR OF THE COVER DEPOSITS OF BELARUS***Institute for Nature Management of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus
matveyev@nature.basnet.by*

Five types of territories differing in the values of the volume activity of the «local» (earth) radon and in the degree of their radon hazard have been distinguished within the soil air region.

Keywords: volum activity of radon, radon producing potential, soil air, cover deposits, radon danger.

Введение. Результаты радонометрии достаточно широко используются при оценках состояния среды обитания населения. Это объясняется тем, что в ежегодной дозе облучения, получаемой человечеством, на долю радона и его дочерних продуктов распада приходится более 40 % [1; 2], причем этот газ является важнейшей (после курения) причиной рака легкого [3; 4], может способствовать развитию злокачественных опухолей и другой локализации, поскольку продукты его распада разносятся с кровью по всему организму и могут накапливаться в костной ткани, печени, костном мозге и т. д. [3; 5]. Одним из основных источников радона в воздухе жилых и производственных помещений являются горные породы и отложения, лежащие в основании зданий и сооружений. Поэтому карты содержания радона в поверхностных грунтах составляются во многих странах мира (Великобритания, Германия, Россия, США и др.).

В Беларуси также проводится изучение особенностей распределения объемной активности радона (ОАР) в почвах, подземных водах и жилых помещениях для решения геологических и экологических проблем. Эти исследования выполняются в организациях Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (Я. Г. Грибик, А. П. Стародубова, А. П. Иваненко, А. В. Гаврилов, А. В. Беляшов, М. Ю. Калинин и др.), Национальной академии наук (О. И. Ярошевич, А. К. Карабанов, А. В. Кудельский, А. В. Матвеев, Л. Л. Василевский, И. В. Жук и др.), Министерства здравоохранения (И. В. Залуцкий, Ю. И. Аверин, Л. А. Чунихин, Д. Н. Дроздов,

С. А. Мацкевич, Л. В. Липницкий и др.), Институте радиологии Министерства по чрезвычайным ситуациям (М. И. Автушко, К. Н. Буздалкин, Ю. М. Жученко, Л. В. Жукова и др.), в некоторых вузах страны.

Работами белорусских специалистов установлено формирование радоновых аномалий в зонах отдельных разломов, показаны возможности использования радонометрических данных при прогнозировании нефтяных залежей, выявлении трубок взрыва. Собраны значительные материалы по концентрациям радона в жилых помещениях, которые свидетельствуют, что по отдельным районам от 5 до 15 % (единично до 33 %) в обследованных зданиях ОАР превышает 200 Бк/м^3 [6], а его концентрация в почвенном воздухе варьирует в интервале от 1000 до 70000 Бк/м^3 и более [7; 8].

Проведенными исследованиями показано, что ОАР в почвенном воздухе формируются за счет поступления газа из более глубокозалегающих горизонтов в процессе естественной дегазации Земли и так называемого местного (грунтового) радона, который продуцируется непосредственно в приповерхностных отложениях и доля которого составляет до 50 % и более, т. е. может измеряться десятками тысяч Бк/м^3 . Подобные значения по оценкам, используемым Инспекцией Госатомнадзора Российской Федерации, могут рассматриваться как относительно радоноопасные [9]. Поэтому изучение распределения «местной» составляющей объемной активности радона является вполне актуальным, тем более, что в настоящее время разработана методика, позволяющая достаточно оперативно проводить подобные измерения [10; 11].

Материалы и методы исследований. Покровные (почвообразующие) отложения на территории Беларуси относятся преимущественно к ледниковой формации, в составе которой преобладают моренные, флювиогляциальные, краевые ледниковые и озерно-ледниковые комплексы,



Рис. 1. Схема отбора проб покровных отложений: 1 – ключевые участки (А – Слуцкий, Б – Антопольский, В – Минский, Г – Подлесский, Д – Грицевичский, Е – Солигорский, Ж – Воложинский, 3 – Дубровенский, И – Шарковщинский); места отбора отдельных проб покровных отложений: 2 – флювиогляциальных, 3 – краевых ледниковых, 4 – моренных, 5 – аллювиальных, 6 – лессовидных, 7 – озерно-ледниковых, 8 – торфа, 9 – озерно-аллювиальных

а также к криогенной и термогенной формациям, среди которых наибольшие площади занимают лессовидные, аллювиальные, озерно-аллювиальные и болотные образования. При этом на или вблизи земной поверхности флювиогляциальные песчаные отложения встречаются примерно на 39 % территории страны, моренные супеси и суглинки – на 17 %, краевые ледниковые комплексы (пески, песчано-гравийный материал) – на 14 %, озерно-аллювиальные пески, алевроиты, супеси – на 12 %, аллювиальные пески, реже супеси, суглинки – на 10 %, озерно-ледниковые глины и суглинки – на 6 %. Перечисленные отложения на значительных площадях могут быть перекрыты лессовидными супесями и суглинками (до 8 % территории региона) и болотными образованиями, распространенными примерно на 12 % поверхности Беларуси [12].

Изучение ОАР в поровом воздухе этих отложений проводилось на 9 ключевых участках, где отбор проб и анализы выполнялись преимущественно с интервалом от 100–200 м до 1,5–2,0 км. Кроме того, исследовались отдельные образцы из других районов Беларуси (рис. 1). Всего проанализировано свыше 300 проб.

Методика полевых и лабораторных работ достаточно подробно охарактеризована в [7; 8]. Следует только отметить, что определяя в лабораторных условиях ОАР по дочерним продуктам его распада, получаем значения, которые отражают как содержание способного мигрировать изотопа в поровом воздухе, так и его количество в субстрате (твердом веществе грунта), где радон находится в связанном состоянии. Оценить соотношение этих двух составляющих довольно сложно. После анализа результатов измерения ОАР разными способами в одних и тех же точках автор пришел к заключению, что для выделения способного к миграции радона, определяемую общую величину его концентрации следует уменьшить с учетом пористости отложений. После проведения таких расчетов полученные значения оказываются вполне сопоставимыми с данными непосредственных измерений радиометрами радона (РРА-01М-01 «Альфарад», «Альфарад плюс», РРА-01М-03 и др.).

По описанной методике были выполнены измерения и расчеты ОАР в почвенном воздухе основных генетических типов покровных отложений, результаты которых приведены в таблице.

Характеристики объемной активности радона в почвенном (поровом) воздухе основных типов покровных отложений Беларуси

| Отложения | Кол-во образцов | Параметры объемной активности радона (в Бк/м ³) | | |
|---------------------|-----------------|---|------------------------------|---|
| | | Среднее | Пределы колебаний | Наиболее распространенные значения (более 70 % образцов) |
| Моренные | 43 | 12900 | 9800–17800 | 9800–16600 |
| Флювиогляциальные | 111 | 7900 | 3600–15300 | 4300–12900 |
| Краевые ледниковые | 33 | 7800 | 2000–20900 | 7900–13000 |
| Озерно-ледниковые | 15 | 23400 | 14800–30000 | 17100–26600 |
| Лессовидные | 37 | 16300 | 12900–28200 | 14100–18700 |
| Озерно-аллювиальные | 20 | 10100 | 6600–21700 | 8100–12300 |
| Аллювиальные | 35 | 7900 | 4100–13000 | 5400–10500 (10000–13000 – пойменный аллювий крупных рек) |
| Торф | 12 | 9700 | 1700–14900 единично 31900 | 4500–11300 |

Полученные данные затем наносились на геологическую карту [12], что позволило построить схему распределения рассматриваемого показателя на территории региона. При подобных построениях, учитывая значительные вариации состава отложений, принято решение не ограничиваться показом только какой-либо одной величины (среднее, пределы колебаний, максимальные значения, т. д.), а использовать комплексный показатель, включающий среднее, которое ставится перед дробью, числитель которой отражает наиболее возможный интервал вариаций, а знаменатель – максимальные значения концентраций газа. Картирование по предложенной формуле способствует более объективной оценке возможной радоноопасности тех или иных территорий.

При значительных площадях распространения отдельных типов отложений выделение на схеме контуров с определенными величинами ОАР не вызывает сложностей, однако нередко покровные отложения разного генезиса и состава достаточно пестро чередуются на небольших расстояниях. Для этих территорий проводились дополнительные расчеты усредненных показателей с учетом площадей, занимаемых определенными типами отложений, и характерными для них концентрациями газа.

После нанесения на схему всех значений ОАР оказалось, что иногда рядом расположенные контуры мало отличаются друг от друга, особенно с учетом допустимой ошибки лабораторных измерений 5–10 %. Поэтому для составления схемы распределения объемной активности «местного» (грунтового) радона используемые характеристики были сгруппированы, что позволило выделить пять типов территорий, которые отличаются следующими параметрами (Бк/м³):

$$\begin{aligned} \text{I} &- 8500 \frac{4300 - 11300}{20900}; \\ \text{II} &- 9700 \frac{7000 - 14900}{20900}; \\ \text{III} &- 11700 \frac{8500 - 16600}{28200}; \\ \text{IV} &- 15200 \frac{11900 - 18700}{28200}; \\ \text{V} &- 22700 \frac{17100 - 28600}{30000}. \end{aligned}$$

Распределение этих типов территорий показано на рис. 2.

Результаты и их обсуждение. Выполненные исследования позволили провести оценку радонопродуцирующего потенциала покровных отложений Беларуси и оценить его потенциальную опасность. С учетом уровней радоноопасности грунтов [9] к безопасным относятся участки с ОАР менее 10000 Бк/м³, к относительно опасным – 10000–50000 Бк/м³ и к опасным – более 50000 Бк/м³.

Из проанализированных отложений в категорию относительно радоноопасных попадают моренные суглинки и глины, лессовидные суглинки, озерно-ледниковые суглинки и глины, реже озерно-аллювиальные суглинки и наиболее минерализованные разновидности торфа, ОАР в почвенном воздухе которых чаще всего варьирует в интервале 10600–28600 Бк/м³, средние значения превышают 10000 Бк/м³. Другие отложения в основном являются радонобезопасными.

Для оценки радоноопасности выделенных на схеме (рис. 2) типов территорий учитывались соотношения в их пределах наиболее распространенных отложений. Так, территории первого и второго типов характеризуются преобладанием флювиогляциальных, краевых ледниковых, озерно-аллювиальных и аллювиальных песков, реже супесей, торфа, для которых наиболее характерны значения ОАР в поровом воздухе в интервале 4300–14900 Бк/м³ (средние и максимальная величины составляют соответственно 8500–9700 Бк/м³ и 20900 Бк/м³). Эти показатели позволяют считать рассматриваемые территории относительно радонобезопасными. Термин «относительно» используется в связи с тем, что значения ОАР, превышающие 10000 Бк/м³, установлены только в небольшом количестве образцов. Кроме того, при более детальных исследованиях в пределах рассматриваемых типов территорий могут быть выделены локальные участки распространения иных (кроме перечисленных выше) отложений с более высокими концентрациями радона.

Третий тип территорий отличается распространением моренных супесей и суглинков, а также чередованием моренных, лессовидных супесей и суглинков, краевых ледниковых песчано-гравийных отложений и флювиогляциальных песков. На этих площадях отмечено увеличение среднего значения ОАР до 11700 Бк/м³, наиболее распространенные величины составляют 8500–

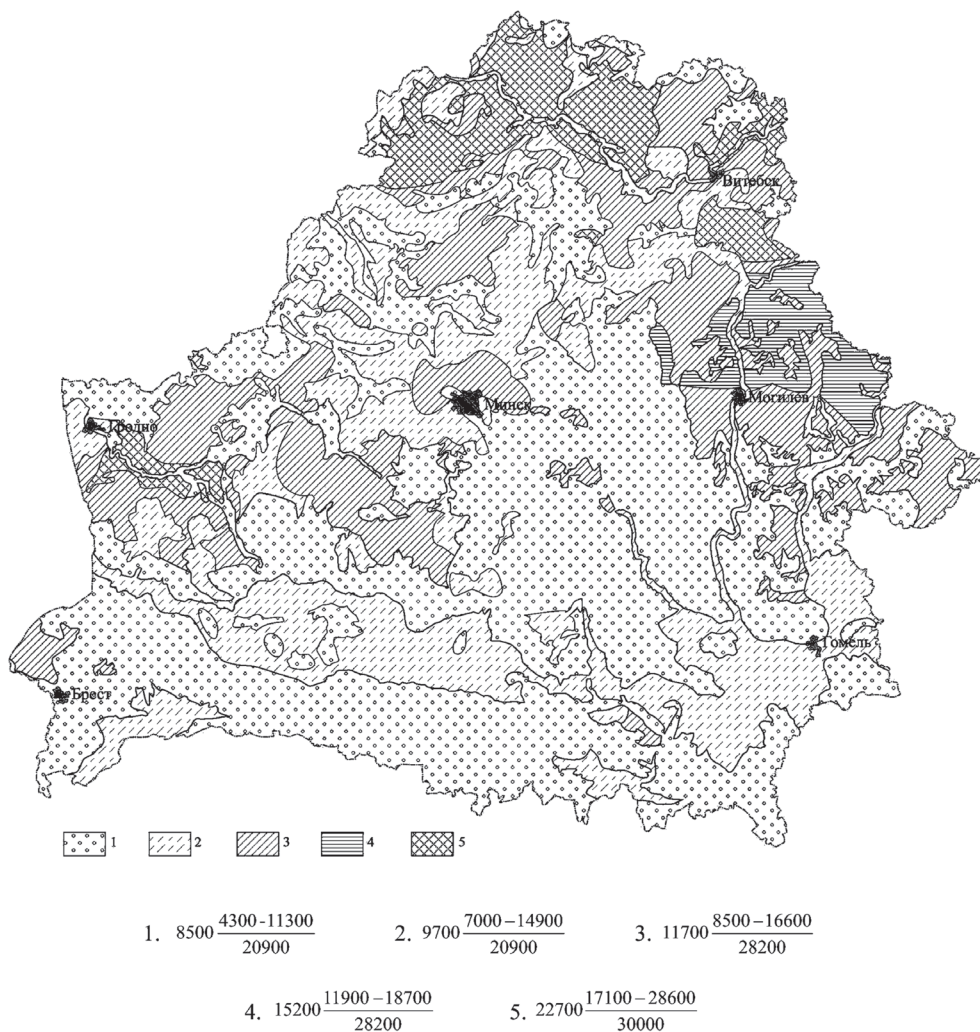


Рис. 2. Схема распределения объемной активности «местного» (грунтового) радона (в Бк/м³) в почвенном воздухе покровных отложений Беларуси

16600 Бк/м³, максимальные до 28200 Бк/м³. По этим показателям территории третьего типа относятся к потенциально радоноопасным на локальных участках распространения наиболее глинистых разностей моренных и лессовидных отложений.

В четвертом типе картируемых территорий среди покровных отложений преобладают лессовидные и моренные супеси и суглинки. Средняя величина ОАР в почвенном воздухе оценивается в 15200 Бк/м³, интервал преобладающих значений – 11900–18700 Бк/м³, а максимальные концентрации достигают 28200 Бк/м³, что позволяет рассматривать эти территории в качестве потенциально радоноопасных на отдельных площадях.

Пятый тип территорий выделен в зоне распространения озерно-ледниковых глин и суглинков, для которых установлены наиболее повышенные для Беларуси значения ОАР в почвенном воздухе покровных отложений. Практически все площади распространения озерно-ледниковых глин относятся к потенциально радоноопасным.

Заключение. По результатам лабораторных измерений потока гамма-квантов от дочерних продуктов распада радона рассчитаны значения его объемной активности в поровом воздухе основных типов покровных отложений. По этим данным с использованием геологической карты четвертичных отложений построена схема распределения объемной активности газа, который продуцируется непосредственно в почвенном слое. Выделено пять типов территорий, различающихся по средним, наиболее широко распространенным и максимальным значениям концентраций радона. Оценена степень радоноопасности этих территорий.

Список использованной литературы

1. *Богдасаров, А.* Радон: минусы и плюсы коварной невидимки / А. Богдасаров. – Брест, 2008.
2. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации: Доклад научного комитета ООН. – М., 1992. – Т. 1.
3. Радиация: дозы, эффекты, риск. – М., 1988.
4. *McLaughlin, J. P.* Indoor radon: sources, health effects and control / J. P. McLaughlin // *Technology Ireland*. – 1990. – Vol. 22, N 4. P. 27–30.
5. *Barnes-Svarney, P.* Righting the risk of radon / P. Barnes-Svarney // *Earth Sciences*. – 1989. – Vol. 42, N 3. P. 17–18.
6. Радон в воздухе зданий и радоновая составляющая дозы радиоактивного облучения населения в различных областях Беларуси / О. И. Ярошевич [и др.] // Докл. НАН Беларуси. – 2012. – Т. 56, № 6. – С. 92–97.
7. *Автушко, М. И.* Проявление линейных нарушений в концентрациях радона в покровных отложениях на территории Воложинского грабена / М. И. Автушко, А. В. Матвеев, Л. А. Нечипоренко // Докл. АН Беларуси. – 1996. – Т. 40, № 6. – С. 92–94.
8. *Автушко, М. И.* Концентрация радона в приповерхностных грунтах на территории Солигорского геодинамического полигона (Беларусь) / М. И. Автушко, А. В. Матвеев // *Літасфера*. – 2010. – № 2(33). – С. 98–105.
9. Реализация федеральной программы «Радон» в 1997 г. Анализ достоверности проведенных измерений. Оценка радоноопасности территории / Н. А. Манаков [и др.] // АНРИ. – 1998. – № 4. – С. 8–18.
10. Способ поиска аномалий радона глубинного происхождения: Патент № 987 ВУ. МКИ GO IV 5/02. / М. И. Автушко, К. Н. Буздалкин. Заявл. 3.06.1993. Оpubл. 20.03.1995.
11. Способ поиска аномалий радона глубинного происхождения: Патент № 6422 ВУ. МКИ 7 GO 01 5/00. / М. И. Автушко, В. Э. Ковдерко. Заявл. 15.08.2001. Оpubл. 30.09.2004.
12. Чацвярцічныя адклады. М 1:1 250 000 // Нацыянальны атлас Беларусі. – Мінск, 2002. – С. 42–43.

Поступило в редакцию 13.04.2015