

ISSN 0002–354X (print)

НАУКИ О ЗЕМЛЕ
EARTH SCIENCES

УДК 577.342:546.296:539.16.04

Поступило в редакцию 20.10.2016
Received 20.10.2016**И. А. Чешик¹, Л. А. Чунихин¹, Д. Н. Дроздов², Н. Г. Власова³, академик А. К. Карабанов⁴**¹*Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь*²*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Гомель, Республика Беларусь*³*Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, Гомель, Республика Беларусь*⁴*Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь***ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАДОНА НА РАДИАЦИОННУЮ ОБСТАНОВКУ
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Приводится анализ радиационной обстановки в Республике Беларусь, обусловленной чернобыльскими выпадениями и радоном. Показано, что при рассмотрении эффектов воздействия ионизирующего излучения на население следует учитывать не только чернобыльские выпадения, но и другие источники, в первую очередь, радон. Показана неравномерность распределения доз от радона по территории Беларуси, а также определяющее влияние радона на радиационную обстановку в большинстве административных районов страны, особенно за пределами территории сильного загрязнения чернобыльскими радионуклидами. Сделан вывод о необходимости обязательного учета радона при исследовании медико-биологических последствий облучения от техногенных и природных источников.

Ключевые слова: радон, объемная активность радона, радоновый риск, авария на ЧАЭС, цезий-137, доза облучения человека, каталог доз облучения.

I. A. Cheshik¹, L. A. Chunikhin¹, D. N. Drozdov², N. G. Vlasova³, Academician A. K. Karabanov⁴¹*Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Republic of Belarus*²*Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Republic of Belarus*³*Republican Scientific Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Republic of Belarus*⁴*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus***ASSESSMENT OF THE RADON INFLUENCE ON THE RADIATION SITUATION
IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

The change in the radiation situation in the territory of Belarus has been assessed. It was shown that the radiation dose values connected with the Chernobyl accident were decreased and the relative value of the radon factor was increased. It was shown that these radiation factors have different trends in the territory of the Republic. There is a large irregular radon distribution in the territory of Belarus. The difference of the radon dose values in many regions of Belarus was more than in the absolute value of the Chernobyl caesium-137 dose. It is necessary that the radon influence on people must be taken into account in the studies of biological and medical effects of radiation.

Keywords: radon, radon risk, radon volume activity, Chernobyl accident, caesium-137, dose irradiation.

Введение. Спустя 30 лет после аварии на ЧАЭС радиационная обстановка на территории Беларуси относительно стабилизировалась. Основные тенденции динамики радиоактивного загрязнения по всем административным областям Беларуси с 1986 по 2009 г. и прогноз изменения степени радиоактивного загрязнения территории Беларуси и России цезием-137, стронцием-90, плутонием 238, 239, 240 на 2016 и до 2046 г. отражены в серии карт Атласа современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси [1].

Сравнивая средние значения доз облучения по Каталогам-2009 и 2015 [2; 3], можно отметить, что наблюдается заметное их снижение с 0,46 до 0,34. Еще более явно выражено снижение числа

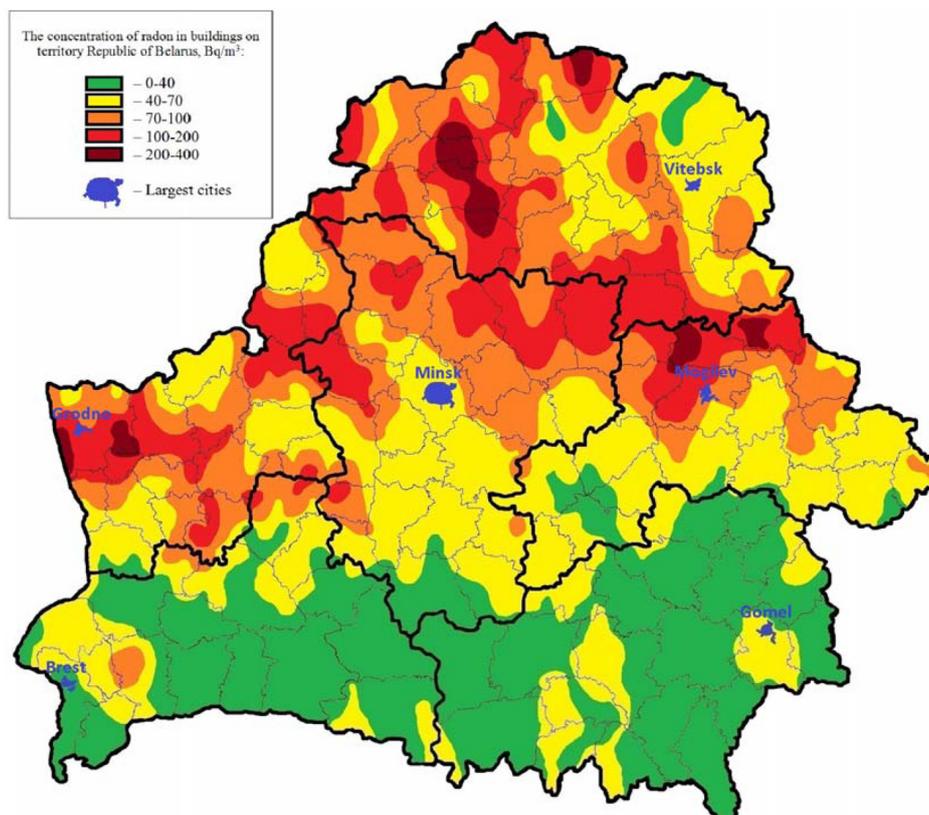
населенных пунктов (НП) с превышением референтной дозы в 1 мЗв: с 193 из 2613 до 72 из 2396. За послеаварийный период территория загрязнения Беларуси цезием-137 снизилась с 46,45 тыс. кв. км до 27,9 тыс. кв. км.

На фоне снижения уровня облучения от техногенных источников все большее влияние будут оказывать природные источники, в частности, радон. Радон на территории Республики Беларусь неравномерно поступает в помещения зданий, что обусловлено, в основном, различием содержания урана и тория в почвах и породах и их проницаемостью для радона. Различные аспекты, связанные с содержанием природного радона в грунтах и в воздухе зданий в последние годы стали объектом исследований зарубежных и белорусских ученых [4–6].

Цель работы – оценка и сравнение радиационной обстановки на территории Республики Беларусь, обусловленной чернобыльскими выпадениями и радоном.

Материалы и методы исследования. Для настоящего анализа были использованы опубликованные данные: карты современного состояния и прогноза динамики загрязнения цезием-137 [1], каталог доз жителей НП, проживающих на территории, подвергшейся загрязнению в результате аварии на ЧАЭС – Каталог-2015 [3], карта радонового риска [7]. На момент разработки Каталога-2015 в Республике Беларусь НП с уровнем загрязнения цезием-137 выше 37 кБк/м² находились на территориях 4 районов из 15 в Брестской, 1 из 21 – в Витебской, 20 из 21 – в Гомельской, 3 из 17 – в Гродненской, 10 из 22 – в Минской и 13 из 21 – в Могилевской области.

Сравнительная оценка проведена по эффективной дозе облучения от чернобыльских радионуклидов и радона. В Каталоге-2015 [3] все дозы приводятся для репрезентативного человека, что соответствует 95 %-ному квантилю распределения доз облучения. Для оценки дозы от радона и его ДПР было использовано рекомендованное в Публикации № 65 МКРЗ [8] понятие условного дозового перехода. Оценка дозы облучения способом условного дозового перехода дает несколько завышенные значения дозы для ДПР радона по сравнению с расчетами с использованием легочной модели.



Карта радонового риска Республики Беларусь
Radon Risk Map of the Republic of Belarus

Базовой территориальной структурой в данном исследовании являлись административные образования: область и район. Отбирали районы в каждой области с максимальными (около 0,5 мЗв/год и выше) и минимальными средними значениями эффективных доз (от 0 до 0,2 мЗв/год), т. е. для сравнения брали районы, НП которых не входили в Каталог. По картограмме, приведенной на рисунке, определяли средневзвешенную по 95 %-ному квантилю распределения объемную активность (ОА) радона в помещениях НП выбранных районов при помощи следующего соотношения:

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^n S_i A_{95i}}{\sum_{i=1}^n S_i}, \quad (1)$$

где S_i – площадь i -го диапазона концентраций, км²; A_{95i} – 95 %-ный квантиль ОА i -го диапазона.

Также была сделана сравнительная оценка доз облучения в целом для областей. Используя вышеприведенное выражение (1), были рассчитаны взвешенные значения ОА радона по обла-

Значения эффективных доз облучения для репрезентативного человека от чернобыльского цезия и природного радона в отдельных районах Республики Беларусь

Values of the effective radiation dose for a representative man with Chernobyl cesium and natural radon in some regions of the Republic of Belarus

Район с большими значениями доз от чернобыльских выпадений Region with large doses of Chernobyl fallouts	Доза облучения, мЗв/год Radiation dose, mEv/year		Район с малыми значениями доз от чернобыльских выпадений Region with small doses of Chernobyl fallouts	Доза облучения, мЗв/год Radiation dose, mEv/year	
	ЧАЭС Chenobyl Power Plant	Радон Radon		ЧАЭС Chenobyl Power Plant	Радон Radon
<i>Брестская область</i> <i>Brest region</i>					
Столинский (2*)	0,49	0,77	Дрогичинский	0,16	0,65
<i>Витебская область</i> <i>Vitebsk region</i>					
Толочинский	–	–	Глубокский	–	–
			Шарковщинский	0,11	3,2
			Россонский	–	3,1
<i>Гомельская область</i> <i>Gomel region</i>					
Ветковский	0,59	0,68	Октябрьский	–	0,95
Ельский	0,76	0,94	Петриковский	0,15	0,65
Наровлянский	1,4	0,68	Житковичский	0,18	0,65
Чечерский	0,58	0,80	Речицкий	0,17	0,66
Хойникский	0,5	0,65			
<i>Гродненская область</i> <i>Grodno region</i>					
			Дятловский	0,18	1,6
			Ивьевский	0,19	2,6
<i>Минская область</i> <i>Minsk region</i>					
Солигорский	0,43	0,77	Крупский	0,12	3,1
			Воложинский	0,16	2,9
			Логойский	0,14	2,4
			Борисовский	0,15	2,4
<i>Могилевская область</i> <i>Mogilev region</i>					
Славгородский	0,51	1,1	Горецкий	–	4,4
Костюковичский	0,47	1,1	Шкловский	–	4,1
			Круглянский	–	3,1

Примечание. * – в скобках отмечено число НП в районе со значением дозы облучения 1 мЗв/год и выше.

Notes. * – the number of populated localities in the region with a radiation does of 1 mZV/year and more (in brackets).

стям, используя соотношение, приведенное в работе [8], определили эффективные дозы от радона и ДПР – 1 Бк/м³ формирует дозу от радона и ДПР в 0,017 мЗв/год.

Результаты и их обсуждение. Результаты сравнительной оценки эффективных доз облучения для репрезентативного человека от чернобыльского цезия и природного радона для характерных районов всех областей Беларуси с максимальными и минимальными значениями приведены в таблице.

Сравнительный анализ количественно подтверждает сложившуюся на территории Беларуси радиационную обстановку, обусловленную чернобыльским цезием и природным радонам, приведенную на рисунке. В наиболее загрязненных районах Гомельской, Могилевской, Минской и Брестской областей суммарная эффективная доза от чернобыльского цезия и природного радона находится в пределах 1,2–2,1 мЗв/год (среднее – 1,5, медиана – 1,3 мЗв/год). В «чистых» и малозагрязненных районах аналогичное значение дозы находится в пределах 0,8–5,0 мЗв/год (среднее – 2,5, медиана – 2,8 мЗв/год). Дозы облучения от радона в «неблагополучных» районах в среднем в 4 раза выше, чем в «благополучных», и величина дозы от чернобыльского цезия в наиболее загрязненных районах в среднем в 4 раза ниже величины дозы от радона. В регионе с максимальным загрязнением (Наровлянский район) доза от чернобыльского цезия в 3 раза ниже, чем разница в дозах от радона в Шарковщинском и Наровлянском районах. Весь постчернобыльский период медико-биологические последствия облучения от чернобыльских радионуклидов исследовались без учета доз от природного радона, что, возможно, было оправдано только в ранний период после аварии при оценке воздействия радиойода на щитовидную железу. В отдаленный период после аварии учет доз от радона становится некорректным, особенно, если принять во внимание потенциальную и реальную, временную или постоянную миграцию населения.

Расчет средних в целом по областям Республики Беларусь эффективных доз облучения от чернобыльского цезия и природного радона, выполненный по картограмме распределения объемной активности радона по помещениям зданий в областях (рисунок) и данным Каталога-2015 показал, что абсолютные значения суммарных эффективных доз облучения и соотношение между дозами от чернобыльского цезия и природного радона выше в Витебской, Гродненской и Минской областях. Минимальные значения суммарных абсолютных величин доз и соотношения между ними характерны для чистых и малозагрязненных районов Гомельской и Брестской областей, радиационная обстановка в Могилевской области является близкой к первой группе областей и занимает промежуточное значение по соотношению доз. Аналогичные результаты по объемной активности радона и ее распределению в помещениях зданий по областям представлены в работах [4; 5].

Заключение. Как показало проведенное исследование, в отдаленный период аварии на ЧАЭС на значительной части территории Беларуси произошло существенное изменение радиационной обстановки. В настоящее время в большинстве административных районов Беларуси за пределами сильнозагрязненной чернобыльскими радионуклидами зоны основной вклад в дозу облучения населения вносит природный радон. Разница в дозах по различным регионам Беларуси нередко в разы превышает дозу от чернобыльских радионуклидов.

На территории разных районов дозы облучения от радона могут также в разы различаться. Наиболее благоприятная радиационная обстановка по суммарной эффективной дозе сложилась в настоящее время в Октябрьском, Петриковском, Житковичском и Речицком районах Гомельской области, Дрогичинском районе Брестской области, наименее благоприятная в Глубокском, Шарковщинском, Толочинском и Россонском районах Витебской области, Горечком, Шкловском, Круглянском районах Могилевской области, Гродненском районе Гродненской области, Крупском и Воложинском районах Минской области.

Основным выводом настоящего исследования является обоснование необходимости учета влияния природного радона при изучении медико-биологических последствий ионизирующего излучения на здоровье населения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия–Беларусь) / под ред. Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. – Минск, 2009. – 140 с.
2. Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь / Н. Г. Власова [и др.]. – Гомель, 2010. – 86 с.
3. Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь / Н. Г. Власова [и др.]. – Гомель, 2015. – 32 с.
4. Радон в воздухе зданий и радоновая составляющая дозы радиоактивного облучения населения в различных областях Беларуси / О. И. Ярошевич [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2012. – Т. 56, № 6. – С. 92–97.
5. Мониторинг радона в воздухе зданий населенных пунктов на территории Брестской области и эффективные дозы облучения населения, обусловленные радоном-222 и дочерними продуктами его распада / А. К. Карабанов [и др.] // Весті Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2016. – № 2. – С. 91–97.
6. Матвеев, А. В. Районирование территории Беларуси по степени радоновой опасности грунтов / А. В. Матвеев // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2016. – Т. 60, № 5. – С. 108–113.
7. Карта радонового риска Республики Беларусь / А. К. Карабанов [и др.] // Природные ресурсы. – 2015. – № 2. – С. 73–78.
8. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65. – Oxford: Pergamon Press, 1993. – 76 p.

References

1. Israel J. A., Bogdevich I. M. (eds.) *Atlas of the Modern and Projected Aspects of the Chernobyl Power Plant Accident in the Territories of Russia and Belarus (Russia–Belarus)*. Minsk, 2009. 140 p. (in Russian)
2. Vlasova N. G., Lescheva S. V., Visenberg Yu. V., Drozdov D. N. *Republic Belarus People dose Irradiation Catalogue*. Gomel, 2009. 86 p. (in Russian)
3. Vlasova N. G., Visenberg Yu. V., Drozd Ye. A., Mataras A. N., Eventova L. N., Tolstoi V. V. *Republic Belarus People dose Irradiation Catalogue*. Gomel, 2014. 32 p. (in Russian)
4. Jaroshevich O. I., Zhuk I. V., Karabanov A. K., Matveev A. V., Konopelko M. V., Vasilevsky L. L., Lukashevich Z. A. Indoor radon and radon component of radiation doses of the population in different areas of Belarus. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi* [Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus], 2012, vol. 56, no. 6, pp. 92–97. (in Russian)
5. Karabanov A. K., Matveyev A. V., Gindyuk N. T., Gindyuk V. V., Mitsura V. I., Zhuk I. V., Vasilevsky L. L., Leonti T. G., Lukashevich J. A. Radon in air inside buildings in settlements of Brest region and effective doses of population irradiation caused by radon-222 and products of its decay. *Vestsi Natsyional'nai akademii navuk Belarusi. Seriya khimichnykh navuk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Chemical Sciences], 2016, no. 2, pp. 91–97. (in Russian)
6. Matveev A. V. Division of the territory of Belarus into the regions with different radon contamination hazard levels of soils. stepeny radonovoj opasnosti. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi* [Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus], 2016, vol. 60, no. 5, pp. 108–113. (in Russian)
7. Karabanov A. K., Chunikhin L. A., Drozdov D. N., Chekhovskiy A. L., Zhuk I. V., Yaroshevich O. I., Konopelko V. I. Republic Belarus Population Radon Risk Map. *Prirodnye resursy* [Natural resources], 2015, no. 2, pp. 73–78. (in Russian)
8. *Protection Against Radon-222 at Home and at Work*. ICRP Publication 65. Oxford, Pergamon Press, 1993. 76 p.

Информация об авторах

Чешик Игорь Анатольевич – канд. мед. наук, доцент, директор, Институт радиобиологии НАН Беларуси (ул. Федюнинского, 4, 246007, Гомель, Республика Беларусь). E-mail: irb@mail.gomel.by.

Чунихин Леонид Александрович – канд. биол. наук, доцент, ст. науч. сотрудник, Институт радиобиологии НАН Беларуси (ул. Федюнинского, 4, 246007, Гомель, Республика Беларусь). E-mail: leochun_rcrm@mail.ru.

Дроздов Денис Николаевич – канд. биол. наук, доцент, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины (ул. Советская, 104, 246019, Гомель, Республика Беларусь). E-mail: dndrozdov@mail.ru.

Власова Наталья Генриховна – д-р биол. наук, доцент, заведующая лабораторией, Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека (ул. Ильича, 290, 246040, Гомель, Республика Беларусь). E-mail: natalie_vlasova@mail.ru.

Information about the authors

Cheshik Igor Anatolievich – Ph. D. (Medicine), Assistant Professor, Director, Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus (4, Fedyuninski Str., 246007, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: irb@mail.gomel.by.

Chunikhin Leonid Aleksandrovich – Ph. D. (Biology), Assistant Professor, Senior researcher, Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus (4, Fedyuninski Str., 246007, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: leochun_rcrm@mail.ru.

Drozdov Denis Nikolaevich – Ph. D. (Biology), Assistant Professor, Francisk Skorina Gomel State University (104, Sovetskaya Str., 246019, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: dndrozdov@mail.ru.

Vlasova Natalia Genrihovna – D. Sc. (Biology), Assistant Professor, Head of the Laboratory, Republican Scientific Center for Radiation Medicine and Human Ecology (290, Ilich Str., 246040, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: natalie_vlasova@mail.ru.

Карбанов Александр Кириллович – академик, д-р геолого-минералог. наук, директор, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by.

Для цитирования

Оценка влияния радона на радиационную обстановку в Республике Беларусь / И. А. Чешик [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2017. – Т. 61, № 1. – С. 89–94.

Karabanov Aleksandr Kirillovich – Academician, D. Sc. (Geology), Director, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoryna Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by.

For citation

Cheshik I. A., Chunikhin L. A., Drozdov D. N., Vlasova N. G., Karabanov A. K. Assessment of the radon influence on the radiation situation in the Republic of Belarus. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi* [Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus], 2017, vol. 61, no. 1, pp. 89–94. (in Russian)