

УДК 550.835:546.296:528.946(476.2+476.4+476.5)

Картирование и оценка радоновой обстановки Гомельской, Могилевской и Витебской областей

Л.А. Чунихин, А.Л. Чеховский¹, Д.Н. Дроздов²

Рассматривается проблема естественного радиоактивного газа – радона. Приведены данные по картированию и оценке радоновой обстановке Гомельской, Могилевской и Витебской областей. Показано, что наиболее неблагоприятные условия по радону наблюдается для Могилевской области в Шкловском и Горецком районах, для Витебской области в Россонском, Миорском, Шарковщинском, Глубокском, Докшицком районах, где зарегистрированы критические зоны радоноопасности со значениями объемной активности радона вплоть до 400 Бк/м³.

Ключевые слова: радон, объемная активность, картирование территории, критические зоны радоноопасности, радоновый риск.

The issue of natural radioactive gas – radon is considered. Data mapping and evaluation of the radon situation in Gomel, Mogilev and Vitebsk regions are given. It is shown that the most unfavorable conditions for radon is observed for the Mogilev region in Shklov and Gorki districts, for the Vitebsk region in Rossony, Miory, Sharkovshchina, Glubokoye and Dokshitsy areas, where critical account of radon danger zone with values of volume activity of radon up to 400 Bq/m³ were registered.

Keywords: radon, volume activity, mapping the territory, critical areas radon, radon risk.

Введение. Среди основных источников естественной радиоактивности, определяющих формирование доз облучения человека, наибольший вес имеет радон и его дочерние продукты распада (ДПР). Согласно текущей оценке НКДАР ООН, радон и его ДПР определяют примерно две третьих части годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации, и примерно половину дозы от всех источников радиации [1]. Главным источником поступления радона в атмосферу являются почва, грунтовые породы и грунтовые воды, доля от общего поступления составляет около 75 %. Процесс выделения радона в основном связан с его диффузией из структурных частиц породы и зависит от большого количества факторов. В геологическом отношении около 40 % территории Республики Беларусь, преимущественно Северо-Запад, рассматриваются как потенциально радоноопасные, т. е. территориями на которых отмечается выход или неглубокое залегание кристаллических пород преимущественно кислого состава [2].

Совокупная эманация радона подстилающими породами и его эксхалация из строительного материала здания обуславливают объемную активность в помещениях, в среднем 20–30 Бк/м³ (в отдельных случаях 400 Бк/м³) [3]. В терминах ущерба на единицу эффективной дозы облучения для населения (ICRP, 1991 г.), экспозиционная доза радона и ДПР в 1 (мДж·ч·м⁻³)⁻¹ эквивалентна эффективной дозе для населения 1,1 мЗв. Исследования Brown, 1983 г. (Великобритания), Mjones 1986 г., Westrell (Швеция), 1984 г., Roy and Ourtay, 1991 г. (Франция) показывают, что коэффициент пребывания внутри помещений в северных странах составляет в среднем 0,8, что соответствует 7000 часам в год. Таким образом, если концентрация радона 1 Бк/м³ приводит к годовой экспозиции в жилище 1,56·10⁻² мДж·ч·м⁻³, то эффективная доза составит 1,7 мЗв/год [4]. По экспертным оценкам дозы облучения от радона и его ДПР, оцененные по методу условного дозового перехода, могут составить следующие величины: в Брестской и Гомельской областях 1 – 1,5 мЗв/год, в Могилевской, Гродненской и Минской областях до 2,5 мЗв/год, в Витебской области 3,5 мЗв/год.

Наличие неравномерного распределения радоноопасных территорий при относительно высоких значениях доз облучения населения, в том числе от радионуклидов чернобыльского происхождения, имеет важное научно-практическое значение. В соответствии с мировой практикой оценки опасности и радиационной защиты от радона и его ДПР принято прово-

дить картирование территории. В основу картирования закладывается либо понятие радоновый потенциал, либо радоновый риск. В первом случае показателем для картирования является объемная активность радона в почвенном воздухе, во втором случае – в жилых и рабочих помещениях зданий. Согласно работе [5], установлена зависимость между объемной активностью радона в помещении и радоновым показателем (РП) сельских зданий. РП был использован для построения карт радонового риска Гомельской и Могилевской области.

Целью настоящей работы являлось картирование территории Гомельской, Могилевской и Витебской областей для оценки радоновой обстановки по результатам измерения объемной активности радона в помещениях.

Материалы и методика исследований. Материалами для данной работы являлись результаты измерения объемной активности (ОА) радона в типичных помещениях сельских населенных пунктах Гомельской, Могилевской и Витебской областей. Данные были получены при широкомасштабных обследованиях, выполненных специалистами НИИ морской и промышленной медицины (г. Санкт-Петербург) [6], специалистами ГУ «ГОЦГЭиОЗ» и ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси [7]. Измерения проводились в помещениях сельских одноэтажных зданий, в которых можно ожидать максимальные уровни ОА радона, поступающего в основном из почвы.

По результатам этих исследований было проведено картирование радонового риска. Для построения карт распределения радона по территории Гомельской, Могилевской и Витебской областей использовались ГИС-технологии. Была сформирована пространственно-скоординированная база данных результатов измерений. Для построения тематических карт использовалась топооснова со слоями населенных пунктов и границами районов и областей. Процедура была выполнена с применением программного продукта MapInfo10.5.

При анализе радоноопасности территории использовался ряд карт с показателями, оказывающими существенное влияние на ОА радона в помещении: геологические карты Беларуси, на которых показано расположение пород и почв с различным содержанием урана; дочернобыльские карты мощности экспозиционной дозы (МЭД) на территории Беларуси; данные по проницаемости различных пород для радона [8]; гидрогеологические карты территории Беларуси с глубинами залегания первого от поверхности водоносного горизонта [9].

Результаты исследований и их обсуждение. На основе данных по измерению ОА радона в помещениях сельских зданий была разработана карта радонового риска Гомельской, Могилевской и Витебской областей, которая приведена на рисунке 1. Картирование дало возможность уменьшить пространство потенциальной радоноопасности до территорий Круглянского, Шкловского, Горецкого, Бельничского, Могилевского, Дрибинского, Мстиславского районов Могилевской области; с небольшими возможными очагами радоноопасности в Кричевском и Чериковском районах. Для Витебской области пространство потенциальной радоноопасности было уменьшено до территорий Верхнедвинского, Россонского, Браславского, Миорского, Шарковщинского, Поставского, Глубокского, Докшицкого, Толочинского, Сенненского районов; с небольшими возможными очагами радоноопасности в Ушачском, Лепельском, Чашникском, Шумилинском, Лиозненском, Оршанском районах.

При детальном описании радоновой обстановки на территории Гомельской области можно выделить 2 группы районов. К первой группе относятся районы с низкими значениями ОА радона в пределах $0-40 \text{ Бк/м}^3$: Кормянский, Жлобинский, Буда-Кошелевский, Добрушский, Светлогорский, Речицкий, Лоевский, Брагинский, Хойникский, Петриковский, Житковичский, Лельчицкий. Ко второй группе относятся районы, территория которых значительно или полностью имеет повышение уровня ОА радона до $40-70 \text{ Бк/м}^3$ с возможными единичными измерениями вплоть до 100 Бк/м^3 : Рогачевский, Чечерский, Ветковский, Гомельский, Октябрьский, Калинковичский, Мозырский, Наровлянский, Ельский районы. В целом территория Гомельской области достаточно однородна и имеет низкий уровень потенциальной радоноопасности.

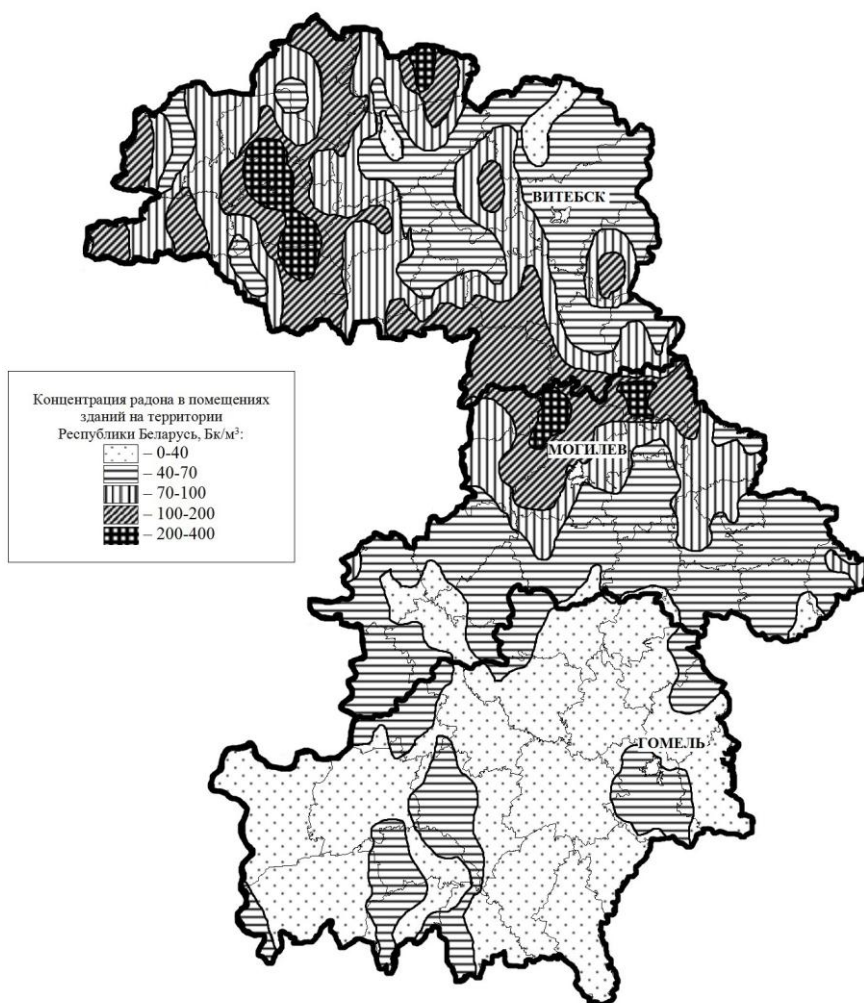


Рисунок 1 – Карта радонового риска Гомельской, Могилевской и Витебской областей

При описании радоновой обстановки на территории Могилевской области выделяются 3 группы районов. К 1 группе относятся районы, расположенные на юго-западе области, которые имеют низкий уровень радоновой опасности и сходные геологические условия. На данной территории ОА радона находится в пределах 0–70 Бк/м³ с единичными измерениями вплоть до 100 Бк/м³, однако средние значения на данной территории выше значений, характерных для Гомельской области. К указанной группе относятся следующие районы: Кличевский, Осиповичский, Кировский, Бобруйский, Глуский. Ко 2 группе относятся районы центральной и восточной части Могилевской области, с повышением уровня ОА радона до 40–70 Бк/м³ и единичными измерениями вплоть до 150 Бк/м³: Быховский, Чаусский, Славгородский, Краснопольский, Климовичский, Костюковичский, Хотимский, частично Кричевский и Чериковский районы. Третья группа районов, расположенная на севере области, представляет зону потенциальной радоноопасности. На данной территории ОА радона находится в пределах 70–200 Бк/м³ с ограниченными областями вплоть до 400 Бк/м³. К указанной группе относятся: Круглянский, Шкловский, Горецкий, Бельничский, Могилевский, Дрибинский, Мстиславский, частично Кричевский и Чериковский районы. При этом необходимо отметить, что наиболее неблагоприятная радоновая обстановка наблюдается в Шкловском и Горецком районах, где были зарегистрированы критические зоны радоноопасности со значениями ОА радона вплоть до 400 Бк/м³.

Геологические и экологические условия на территории Витебской области отличаются значительной вариабельностью и большим разбросом значений, что осложняет ее анализ по радоновой опасности. Однако при описании радоновой обстановки можно выделить, по крайней мере, 2 группы районов. К первой группе относятся районы, расположенные преимущественно в центральной и восточной части области. На данной территории ОА радона

находится в пределах 40–70 Бк/м³ с возможными единичными измерениями как в меньшую сторону (0–40 Бк/м³), так и в большую сторону (до 150 Бк/м³). К указанной группе относятся следующие районы: Полоцкий, Бешенковичский, Городокский, Витебский, Дубровенский. Ко второй группе относятся районы центральной, западной и юго-восточной части Витебской области. Данная группа характеризуется средним уровнем ОА радона в интервале 70–100 Бк/м³, с возможными единичными измерениями в меньшую сторону (40–70 Бк/м³) и значительными колебаниями ОА радона в большую сторону (до 200 Бк/м³), а также с ограниченными областями вплоть до 400 Бк/м³. К данной группе относятся: Верхнедвинский, Россонский, Браславский, Миорский, Шарковщинский, Поставский, Глубокский, Ушачский, Докшицкий, Лепельский, Чашникский, Сенненский, Толочинский, значительная территория Шумилинского, Оршанского, Лиозненского районов. При этом необходимо отметить, что наиболее неблагоприятная радоновая обстановка наблюдается в Россонском, Миорском, Шарковщинском, Глубокском, Докшицком районах, где были зарегистрированы критические зоны радоноопасности со значениями ОА радона вплоть до 400 Бк/м³.

Специфические геологические и экологические условия, которые определяют радоновую обстановку, могут быть представлены рядом факторов, непосредственно влияющих на ОА радона. Наиболее значимыми из них являются: содержание урана в почвах, дочерно-быльская мощность экспозиционной дозы (МЭД), коэффициент фильтрации почв для радона, глубинами залегания первого от поверхности водоносного горизонта. Обоснование применения данных показателей приводится в работе [10]. На основании значений показателей, полученных по соответствующим картам [8], [9], и описанных групп районов для каждой области, была составлена сводная таблица 1. Необходимо подчеркнуть общую тенденцию и связь ОА радона и представленных показателей. Из таблицы 1 видно, что небольшие значения ОА радона (0–40 Бк/м³) характеризуются, как правило, низкими значениями МЭД (менее 8 мкР/час) и концентрации урана в почвах (менее 1 $\cdot 10^{-3}$ %), небольшой глубиной залегания первого от поверхности водоносного горизонта (до 5 м) и средним и высоким коэффициентом фильтрации почвы (0,04 отн. ед.). При высоких значениях ОА радона (70–200 Бк/м³) наблюдаются большие значения МЭД (до 12 мкР/час) и концентрации урана в почвах (2 $\cdot 10^{-3}$ % и более), глубокое залегание первого от поверхности водоносного горизонта (10 м и более) и низкий коэффициент фильтрации почвы (0,004 отн. ед.). Таким образом, ОА радона прямо пропорциональна значениям содержания урана в почвах, МЭД, глубины залегания первого от поверхности водоносного горизонта и обратно пропорциональна значениям коэффициента фильтрации почв для радона.

Таблица 1 – Характеристика групп районов Гомельской, Могилевской и Витебской областей по показателям, которые влияют на объемную активность радона

Область	Объемная активность, Бк/м ³	Районы	МЭД, мкР/ч	Концентрация урана, $\cdot 10^{-3}$ %	Коэф. фильтрации, отн. ед.	Глубина водоносного горизонта, м
Гомельская	0–40	Кормянский, Жлобинский, Будакошелевский, Добрушский, Светлогорский, Речицкий, Лоевский, Брагинский, Хойникский, Петриковский, Житковичский, Лельчицкий	1–8	0–1	0,027–0,04	0–5
	40–70	Рогачевский, Чечерский, Ветковский, Гомельский, Октябрьский, Калининский, Мозырский, Наровлянский, Ельский	3–8	1–2	0,004–0,027	2,5–10
Могилевская	0–70	Кличевский, Осиповичский, Кировский, Бобруйский, Глуский	1–8	0,5–2	0,027–0,04	2,5–7,5
	40–70	Быховский, Чаусский, Славгородский, Краснопольский, Климовичский, Костюковичский, Хотимский, Кричевский, Чериковский	3–9	0,5–2	0,004–0,027	5–10

Окончание таблицы 1

	70–200 и более	Круглянский, Шкловский, Горецкий, Бельничский, Могилевский, Дрибинский, Мстиславский	5–11	1,5–2	0,004–0,027	7,5–10 и более
Витебская	40–70	Полоцкий, Бешенковичский, Городокский, Витебский, Дубровенский	5–8	1,5–2 и более	0,004–0,04	2,5–7,5
	70–200 и более	Верхнедвинский, Россонский, Бра-славский, Миорский, Шарковщин-ский, Поставский, Глубокский, Ушачский, Докшицкий, Лепель-ский, Чашникский, Сенненский, Толочинский, Шумилинский, Оршанский, Лиозненский	6–12	1,5–2 и более	0,004–0,04	5–10 и более

На основе полученных значений объемной активности радона и ряда определяющих ее показателей (содержание урана в почвах, дочернобыльская мощность экспозиционной дозы (МЭД), коэффициент фильтрации почв для радона, глубинами залегания первого от поверхности водоносного горизонта) была проведена комплексная оценка радоновой опасности районов Гомельской, Могилевской и Витебской областей. Все районы Гомельской области имеют низкие значения ОА радона (0–70 Бк/м³) и низкий уровень радоновой опасности ввиду специфических достаточно однородных геологических и экологических условий данной территории: малые значения МЭД (до 8 мкР/час), небольшое и среднее содержание урана в почвах (в основном 0–1 п·10⁻³ %), поверхностное залегание первого водоносного горизонта (в основном 0–5 м). Высокие значения коэффициента фильтрации почвы (0,027–0,04 м), которые способствуют увеличению значений ОА радона, не вносят значительного вклада в общую картину из-за значительно большего влияния вышеперечисленных трех факторов, снижающих конечную ОА радона.

Районы 1 группы, расположенные на юго-западе Могилевской области, имеют сходные условия с районами Гомельской области и также характеризуются низким уровнем радоновой опасности (Глусский, Бобруйский, Осиповичский, Кировский, Кличевский). Районы 3 группы на севере Могилевской области напротив, имеют большие значения ОА радона (70–200 Бк/м³ и более) и высокий уровень радоновой опасности (Круглянский, Шкловский, Горецкий, Бельничский, Могилевский, Дрибинский, Мстиславский, частично Кричевский и Чериковский районы). Это обусловлено высокими значениями МЭД (до 11 мкР/час), значительным содержанием урана в почвах (1,5–2 п·10⁻³ %), средним и глубоким залеганием первого от поверхности водоносного горизонта (7,5–10 м и более), что позволяет радону беспрепятственно проходить через слой почвы. При этом низкие и средние значения коэффициента фильтрации радона в почве (0,004–0,027 отн. ед.) неспособны значительно уменьшить конечную ОА радона. Остальные районы (2 группа) Могилевской области (Быховский, Чаусский, Славгородский, Краснопольский, Климовичский, Костюковичский, Хотимский, частично Кричевский и Чериковский районы) имеют средний уровень радоновой опасности с промежуточными значениями ОА радона (40–70 Бк/м³) и других показателей: МЭД (до 9 мкР/час), содержание урана в почвах (0,5–2 п·10⁻³ %), глубина залегания первого от поверхности водоносного горизонта (5–10 м и более), коэффициент фильтрации радона в почве (0,004–0,027 отн. ед.).

Районы 1 группы, расположенные преимущественно в центральной и восточной части Витебской области, имеют промежуточные значения ОА радона (40–70 Бк/м³) и средний уровень радоновой опасности (Полоцкий, Бешенковичский, Городокский, Витебский, Дубровенский). Данные районы характеризуются следующими значениями показателей: МЭД (до 8 мкР/час), содержание урана в почвах (1,5–2 п·10⁻³ % и более), глубина залегания первого от поверхности водоносного горизонта (2,5–7,5 м и более), коэффициент фильтрации радона в почве (0,004–0,04 отн. ед.). Вторая группа районов, расположенных в центральной, западной и юго-восточной части Витебской области (Верхнедвинский, Россонский, Бра-славский, Миорский, Шарковщинский, Глубокский, Лепельский, Чашникский, Сенненский, Толочинский, значительная территория Шумилинского, Оршанского, Лиозненского и др. районов) имеет большие значения ОА радона (70–200 Бк/м³ и более) и высокий уровень

радоноопасности. Это обусловлено высокими значениями МЭД (до 12 мкР/час), значительным содержанием урана в почвах ($1,5-2 \cdot 10^{-3}\%$ и более), глубоким залеганием первого от поверхности водоносного горизонта (5–10 м и более) и значительным варьированием значений коэффициента фильтрации радона в почве (0,004–0,04 отн. ед.).

Заключение. В настоящее время при дозовой оценке отдаленных последствий радиационных аварий или штатной деятельности предприятий ЯТЦ необходимо учитывать дозовую нагрузку на население от естественных радионуклидов и от радона. Рассмотрение техногенных дозовых нагрузок в отрыве от естественного радиационного фона на данной местности является некорректным [4]. Картирование территории Гомельской, Могилевской и Витебской областей по результатам измерения объемной активности радона в помещениях и представленная оценка радоновой обстановки по ряду факторов, непосредственно влияющих на ОА радона, способствует более точному и обоснованному выделению критических зон радоноопасности, где должны быть проведены тщательные исследования по определению ОА радона и сопутствующих геологических и экологических условий данной местности.

Показано, что наиболее неблагоприятная радоновая обстановка наблюдается для Могилевской области в Шкловском и Горецком районах, для Витебской области в Россонском, Миорском, Шарковщинском, Глубокском, Докшицком районах, где были зарегистрированы критические зоны радоноопасности со значениями ОА радона вплоть до 400 Бк/м³.

Литература

1. Радиация. Дозы, эффекты, риск : пер с англ. Ю.А. Банникова. – М. : Мир, 1990. – 79 с.
2. Матвеев, А.В. Концентрации радона в почвенном воздухе на смежных площадях Белорусской антеклизы и Припятского прогиба (Беларусь) / А.В. Матвеев, Л.А. Нечипоренко, В.В. Лосич, А.П. Иваненко // Природопользование. – 2012. – Вып. 21. – С. 68–74.
3. Матвеев, А.В. Радон в природных и техногенных комплексах Беларуси / А.В. Матвеев [и др.] // Літасфера. – 1996. – № 5. – С. 151–161.
4. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах / Публикация № 65 МКРЗ. – М. : Энергоатомиздат, 1995. – 78 с.
5. Чунихин, Л.А. Комплексный радоновый показатель для картирования радонового риска на территории Гомельской и Могилевской области / Л.А. Чунихин, А.К. Карабанов, А.В. Беляшов // Экологический вестник. – 2010. – № 1 (11). – С. 33–38.
6. Радоновый мониторинг Могилевской и Гомельской области Республики Беларусь: отчет о НИР (закл.) / Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины ; рук. Э.М. Крисяк. – СПб., 1992. – 205 с.
7. Отчет о НИР (закл.) / Объединенный Институт энергетических и ядерных исследований; рук. О.И. Ярошевич. – Минск; Областной Центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья; рук. В.Н. Бортновский. – Гомель, 2005. – 170 с.
8. Беляшов, А.В. Оценка гидрогеологических параметров по данным геофизических исследований в скважинах: Методическое руководство / А.В. Беляшов [и др.]. – Минск : Фонды геофизической экспедиции, 2008. – 43 с.
9. Богомолов, Г.В. Гидрогеологическая карта четвертичных отложений Белорусской ССР / Г.В. Богомолов [и др.]. – Минск, 1963. – 201 с.
10. Чеховский, А.Л. Обоснование применения компонентов радонового показателя для картирования радонового потенциала / А.Л. Чеховский // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2014. – № 6 (87). – С. 100–106.

¹Гомельский государственный медицинский университет

²Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины