

УДК 546.296:553.981(476)

КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ РАДОНОВОГО РИСКА НА ТЕРРИТОРИИ ГОМЕЛЬСКОЙ И МОГИЛЁВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Л. Чунихин¹, А. Карабанов², А. Беляшов³, Д. Дроздов¹, О. Герман⁴

¹ГУ “Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека”, г. Гомель, Беларусь

²ГНУ “Институт природопользования”, г. Минск, Беларусь

³РУП “Белгеология”, г. Минск, Беларусь

⁴Шведское агентство по радиационной безопасности, г. Стокгольм, Швеция

В статье рассматриваются проблемы картирования радонового риска на территории Гомельской и Могилёвской областей Республики Беларусь. Получены регрессионные зависимости результатов измерений объёмной активности радона в помещениях сельских населённых пунктов в районах Гомельской и Могилёвской областей от дочернобальского гамма-фона и радонового индекса. Для картирования радонового риска был предложен комплексный радоновый показатель-радоновый индекс, который вычисляется как произведение относительного содержания урана в геологических породах на проницаемость этих пород для радона. Коэффициент корреляции между среднерайонной величиной объёмной активности радона в помещениях сельских населённых пунктов и среднерайонным значением радонового индекса составляет величину 0,76. Достаточно высокое значение коэффициента корреляции позволяет использовать радоновый индекс в целях картирования радонового риска.

Ключевые слова: радон, дочерные продукты распада радона, карты радонового риска, объёмная активность радона в помещениях, классификационные признаки радона, содержание урана в геологических породах, проницаемость пород для радона, эксхалация радона.

Проблемы облучения радоном с его дочерными продуктами распада (ДПР) и радиационной защиты на рабочих местах и в жилищах были рассмотрены в Публикации № 50 МКРЗ, 1987 г.; Публикации № 60 МКРЗ, 1990 г. [1, 2]. Принципиально новые подходы к оценке радоновой опасности и радиационной защите от радона и его ДПР были показаны в Публикации № 65 МКРЗ, 1993 г. [3]:

- нецелесообразность использования дозиметрических моделей легкого при оценке доз облучения от ДПР радона;

- единство критериев подхода к защите от радона на рабочих местах и в жилищах;

- введение понятия и критериев для оценки радоноопасных зон, позволяющее сконцентрировать усилия по проведению корректирующих мероприятий.

Первый тезис предусматривает осторожный подход к дозиметрическим оценкам радона, которые часто являются завышенными. Второй тезис распространяет выводы, сделанные в эпидемиологических исследованиях на шахтерах, находящихся на рабочих местах с повышенным содержанием радона, на обычные бытовые условия проживания. Третий тезис является очень важным в случаях, когда имеется недостаток ресурсов для проведения полномасштабных исследований, как, например, в Беларуси. В этом случае можно провести картирование территории по радоновой опасности, выделить наиболее радоноопасные зоны и провести необходимые противорадоновые мероприятия.

Картирование производят по радоновому потенциалу или радоновому риску, в первом случае показателем для картирования является объемная активность (ОА) радона в почвенном воздухе, во втором – в жилых и рабочих помещениях зданий.

Целью настоящей работы является нахождение корреляционных связей между среднерайонными значениями показателей, определяющих наличие радона в породах, и ОА радона в помещениях зданий сельских НП, усреднённых по всем измерениям в районе. Существование регрессионной зависимости между ОА в помещениях зданий и радоновыми показателями, определёнными по геологическим структурам, хотя и усреднёнными в масштабах районов, может быть основой для картирования территории по радоновому риску в более крупномасштабном варианте.

Материалами для данной разработки являются результаты измерений объёмной активности радона в типичных помещениях сельских населённых пунктов (НП) всех районов Гомельской и Могилёвской областей, полученные при широкомасштабном обследовании, выполненном специалистами НИИ морской и промышленной медицины (г. Санкт-Петербург) в 1992 г.[4]. В ходе исследований были проведены измерения ОА радона в 51–181 НП районов Могилёвской области и в 26–224 НП районов Гомельской области. В каждом обследуемом НП сделано по несколько измерений ОА радона в типичных помещениях сельских зданий.

Рабочими материалами являются карты мощности экспозиционной дозы(МЭД), составленные по результатам измерений специалистами “Белгеологии” в период 1969-1985гг.[5] и геологические карты Республики Беларусь, на которых показано расположение пород с различным содержанием урана [5]. В настоящей разработке используются также данные по проницаемости различных пород для радона [6].

По картам МЭД были определены средневзвешенные значения МЭД по каждому району Гомельской и Могилёвской областей, согласно выражению:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{P}_i \cdot S_i}{S_{\text{района}}}, \quad (1)$$

где \bar{P}_i – среднее значение МЭД на i -й площади района, мкР/час; S_i – площадь со значением МЭД P_i , км²; $S_{\text{района}}$ – общая площадь района, км².

Среднерайонные значения ОА радона получали по измеренным значениям в помещениях зданий, как:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \quad (2)$$

где C_i – измеренная i -я ОА в районе, Бк/м³; n – количество измерений в районе.

Было определено девять геологических пород, существующих на территории Беларуси, различающиеся по уровню содержания урана [7], которые были отнормированы на значение в породе с максимальным содержанием урана – глине, принятое за 1. Кроме этого, эксхалация радона зависит от проницаемости пород. Проницаемость определяется пористостью и коэффициентами фильтрации радона в грунтах [8]. Относительные значения пористости и коэффициентов фильтрации представленных пород вместе с относительными показателями урана в этих породах приведены в таблице 1. По аналогии, значения пористости были отнормированы на максимальную величину- в супеси и алевролите, а коэффициенты фильтрации- на его максимальное значение в песчано-гравийной смеси.

Таблица 1

Относительные характеристики радоновых показателей геологических пород

Состав пород	Глина	Суглинок	Суглинок моренный	Супесь моренная	Песчано-гравийная смесь	Супесь	Алевролит	Песок полевой шпатовый	Песок кварцевый
Отн. показатель запаса урана, U	1,0	0,77	0,70	0,62	0,62	0,46	0,45	0,30	0,11
Отн. показатель пористости грунта, A	0,90	0,90	0,70	0,70	0,85	1,0	1,0	0,90	0,85
Отн. показатель коэфф. фильтрации, F	0,002	0,004	0,004	0,027	1,0	0,04	0,04	0,15	0,33

Следует отметить, что ОА радона в помещениях зданий зависит как от содержания урана в грунтах и их проницаемости, так и от конструктивных особенностей и защитных свойств зданий. Если принять, что в сельских НП преобладают одноэтажные деревянные строения с простыми фундаментами и деревянными полами, то можно считать, что поступление радона в помещение определяется, в основном, свойствами подстилающих пород. Исходя из этого предположения можно предложить в качестве комплексного радонового показателя т.н. «радоновый индекс», который можно рассчитать при помощи выражения:

$$R_i = U_i \cdot A_i \cdot F_i \quad (3)$$

где R_i – значение радонового индекса для i -й породы, отн. ед.; U_i – относительный показатель запаса урана для i -й породы, отн. ед.; A_i – относительный показатель пористости i -й породы, отн. ед.; F_i – относительный показатель коэффициента фильтрации, отн. ед.

Средневзвешенное значение радонового индекса рассчитываем по выражению:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n R_i \cdot S_i}{S_{\text{района}}} \quad (4)$$

где R_i – значение радонового индекса i -й породы; S_i – площадь, занимаемая i -й породой в районе, км²; $S_{\text{района}}$ – общая площадь района, км².

Для удобства дальнейшего использования полученный ряд значений R по районам Гомельской и Могилёвской областей нормирован на максимальную величину.

Линейные регрессионные зависимости средних значений ОА радона, полученных по результатам измерений в районах Гомельской и Могилёвской областей, от средне-взвешенных значений МЭД и радонового индекса приведены на рис.1, 2.

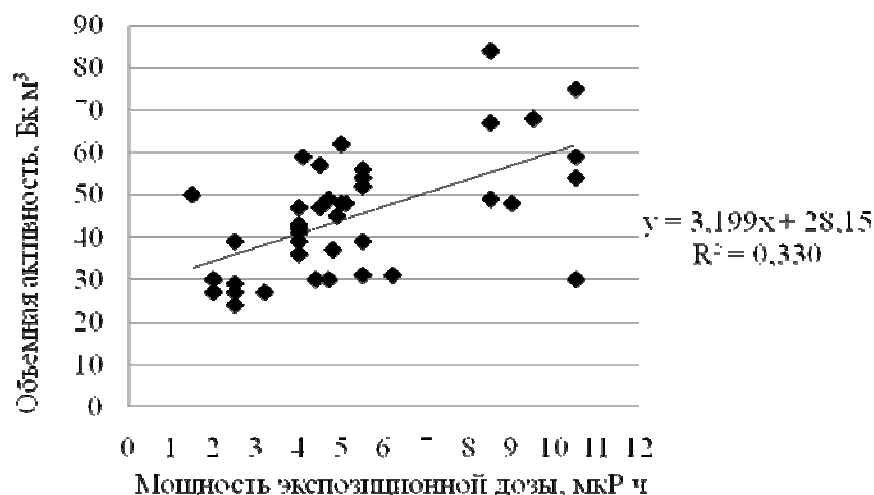


Рис. 1. Зависимость среднерайонных значений ОА радона в помещениях от МЭД на территории

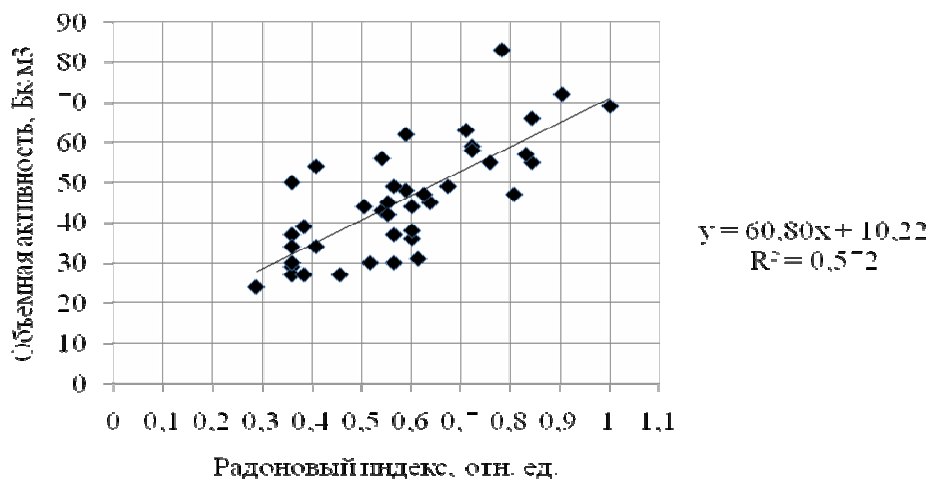


Рис. 2. Зависимость среднерайонных значений ОА радона в помещениях от радонового индекса пород

Исходные данные для полученных регрессионных зависимостей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Среднерайонные радоновые показатели Гомельской и Могилевской областей

Гомельская область				Могилевская область			
Район	ОА, Бк/м ²	МЭД, мкР/ч	Радоновый индекс, отн. ед.	Район	ОА, Бк/м ²	МЭД, мкР/ч	Радоновый индекс, отн. ед.
Светлогорский	37	4,8	0,57	Дрибинский	58	5,5	0,72
Лельчицкий	24	2,5	0,29	Горецкий	75	10,5	0,90
Брагинский	39	2,5	0,39	Мстиславльский	68	9,5	0,71
Хойникский	56	5,5	0,54	Краснопольский	52	5,5	0,78
Калинковичский	29	2,5	0,36	Кировский	54	5,5	0,41
Петриковский	27	2,0	0,36	Круглянский	66	4,5	0,84
Речицкий	45	4,9	0,64	Кричевский	84	8,5	0,78
Буда- Кошелевский	31	6,2	0,61	Бельничский	30	5,0	0,41
Гомельский	62	5,0	0,59	Быховский	42	5,5	0,51
Добрушский	47	4,5	0,81	Хотимский	42	4,0	0,55
Жлобинский	43	4,0	0,54	Костюковичский	36	4,0	0,60
Октябрьский	30	2,0	0,36	Шкловский	57	8,5	1,0
Рогачевский	30	4,4	0,52	Климовичский	31	5,5	0,41
Чечерский	59	4,1	0,72	Могилевский	49	8,5	0,57
Ветковский	47	4,0	0,63	Глусский	39	4,0	0,60
Житковичский	50	1,5	0,36	Осиповичский	41	4,0	0,60
Кормянский	48	5,1	0,59	Кличевский	36	4,0	0,36
Ельский	27	2,5	0,39	Бобруйский	57	4,5	0,76
Наровлянский	30	4,7	0,57	Чаусский	69	8,5	0,83
Мозырский	27	3,2	0,46	Чериковский	52	5,5	0,84
Лоевский	49	4,7	0,67	Славгородский	48	5,0	0,55

Приведенные на рис. 1, 2 регрессионные зависимости показывают, что использование комплексного радонового показателя повышает коэффициент корреляции по сравнению с простым радоновым показателем, каким является МЭД.

При накоплении достаточного количества измерений для расчёта необходимого числа значений радонового индекса на определённой территории, можно картировать эту территорию по радоновому риску, что позволит выделить наиболее радоноопасные участки. Однако для принятия решений по проведению противорадных контрмер необходимо на выделенных радоноопасных участках провести дополнительные исследования по определению среднегодовых значений ОА радона в помещениях зданий [3].

На рис. 3 приведена регрессионная зависимость между среднерайонными показателями ОА радона в помещениях зданий и значениями МЭД на открытой местности.

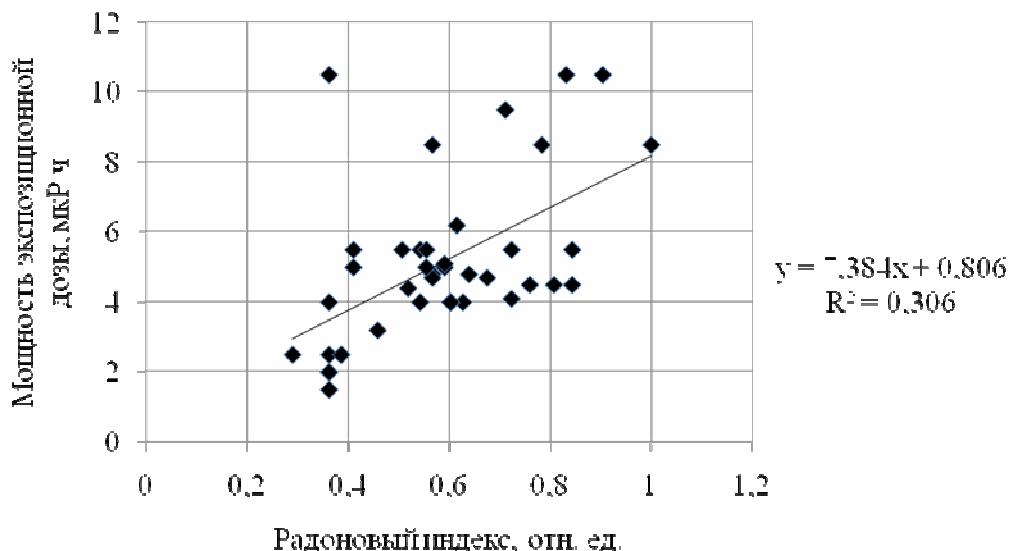


Рис. 3. Зависимость средневзвешенных по районам значений МЭД от радонового индекса пород

Относительно небольшое значение коэффициента корреляции показывает, что в общем, в существующих породах не имеется достаточной для анализа корреляционной связи между содержанием урана, тория и калия.

Повышение коэффициента корреляции между ОА радона в помещениях зданий и значениями радонового индекса возможно при учёте уровня грунтовых вод на территории. Как известно [9], уровень грунтовых вод в 1-3м полностью поглощает почвенный радон, а уровень более 10м практически оставляет весь выделенный из пород радон в почвенном воздухе.

Полученные регрессионные зависимости между комплексным радоновым показателем – радоновым индексом и ОА радона в помещениях сельских зданий указывает на возможность его использования при построении карт радонового риска. Эти карты необходимы для определения и выделения радоноопасных зон с вероятным последующим проведением противорадоновых мероприятий в уже построенных зданиях или для планирования радоновой защиты в проектируемых зданиях[10].

Кроме того, особенно важным, на наш взгляд, является тот факт, что облучение от радона на территории Беларуси является очень неравномерным при относительно высоких значениях дозы облучения населения. Это необходимо учитывать при планировании противорадиационных контрмер на территориях, загрязнённых чернoбыльскими радионуклидами, а также при регистрации доз облучения в Государственном регистре лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС, других радиационных аварий.

1. ICRP Publication №50. – Oxford: Pergamon Press. – 1987. – 79 с.
2. ICRP Publication №60. – Oxford: Pergamon Press. – 1990. – 94 с.
3. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах / Публикация № 65 МКРЗ. – М. : Энергоатомиздат, 1995. – 78 с.
4. Радоновый мониторинг Могилевской и Гомельской областей Республики Беларусь: отчет о НИР (закл.) / Научн.-иссл. ин-т промышленной и морской медицины; рук. Э.М. Крисюк. – СПб. – 1992. – 205 с.
5. *Karabanov, A.K.* Impact of geological structures of Belarus on Radon Concentration in Air Workshop on Natural Radiation and Radon: seminar on Radon, Stockholm, SSM, 25–27 January, – 2009.
6. *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.
7. McDonough, W.F. The Composition of the Earth / W.F. McDonough, S.-s. Sun // *Chem. Geol.* – 1995. – Vol. 120, N 1. – P. 223–253.
8. *Адушкин В.В.* Поля почвенного радона в восточной части Балтийского щита / В.В. Адушкин, И.И. Дивков, С.А. Кожухов // *Динамические процессы в системе внутренних внешних взаимодействующих геосфер.* – М. : Геос, 2005. – С. 173–178.
9. Выполнение комплексной геофизической съёмки на площадке возможного размещения АЭС и прогноз миграции радионуклидов с подземными водами (Шкловско-Горецкий пункт, Кукшиновская площадка): Отчёт о НИР (закл.) / Бел. геофиз. экспед; рук. темы А.В. Гаврилов. – Минск, 2008. – 257 с.
10. *Akerblom G.* The Radon Book / G. Akerblom, R. Clavensjo. – Stockholm : SSM, 1994. – 256 p.

**CLASSICAL SIGNS FOR THE RADON RISK MAPPING OF THE GOMEL AND
MOGILEV REGION TERRITORIES
OF THE REPUBLIC BELARUS**

L. Chunikhin, A. Karabanov, A. Beljashov, D. Drozdov, O. German

¹*The Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology
Gomel, Belarus*

²*State Research Institute “Institute for Nature Management”, Minsk, Belarus*

³*State Research and Practic Institute “Belgeology”, Minsk, Belarus*

⁴*Swedish Radiation Safety Agency, Stockholm, Sweden*

The problem of radon risk mapping on Gomel and Mogilev region territories is considered for the first time.

The indoor volume activity measurement results in the rural settlements of Gomel and Mogilev regions and the doze power maps and the geologist rocks maps with various uranium contents are foundation for the radon risk mapping. The investigation task was the determination of the correlative relation between the indoor radon volume activity and some factor connected with rock radon contents.

We have suggested the complex radon factor that may be calculate as production of the relative rock uranium content factors on the relative rock penetration factors. The regression depending of the radon volume activities on the complex radon factor taked as central means in the Gomel and Mogilev districts has essentially high the correlative factor result – 0.76. It is possible to use this complex radon factor calculated on the measured rock radon characteristics at Gomel and Mogilev region territories for the radon risk mapping to definite any radon danger sections. This method may be use for the radon risk mapping of the whole Belarus territory.

Key words: radon, radon daughter decay products, radon risk maps, radon indoor volume activity, radon classifical sighs, uranium content in the geologist rocks, radon rocks penetration, radon exhalation.

КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ ДЛЯ КАРТУВАННЯ РАДОНОВОГО РИЗИКУ НА ТЕРИТОРІЇ ГОМЕЛЬСЬКОЇ ТА МОГИЛЕВСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ РЕСПУБЛІКИ БІЛОРУСЬ

Л. Чуніхін¹, А. Карабанов², А. Бєляшов³, Д. Дроздов¹, О. Герман⁴

¹ДУ “Республіканський науково-практичний центр радіаційної медицини та екології людини”, м. Гомель, Білорусь

²ДНУ “Інститут природовикористання”, м. Мінськ, Білорусь

³РУП “Белгеологія”, м. Мінськ, Білорусь

⁴Шведське агентство з радіаційної безпеки, м. Стокгольм, Швеція

У статті розглянено проблеми картування радонового ризику на території Гомельської та Могилевської областей Республіки Білорусь. Отримано регресійні залежності результатів вимірювань об’ємної активності радону в приміщеннях сільських населених пунктів у районах Гомельської та Могилевської областей від дочорнобильського гамма-фону і радонового індексу. Для картування радонового ризику був запропонований комплексний радоновий показник – радоновий індекс, що обчислюється як добуток відносного вмісту урану в геологічних породах на проникність цих порід для радону. Коефіцієнт кореляції між середньорайонною величиною об’ємної активності радону в приміщеннях сільських населених пунктів і середньорайонним значенням радонового індексу становить 0,76. Досить високе значення коефіцієнта кореляції дозволяє використати радоновий індекс з метою картування радонового ризику.

Ключові слова: радон, дочірні продукти розпаду радону, карти радонового ризику, об’ємна активність радону в приміщеннях, класифікаційні ознаки радону, вміст урану в геологічних породах, проникність порід для радону, ексхалюція радону.

Стаття надійшла до редколегії 14.10.2009

Прийнята до друку 07.06.2010