

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIHHC (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 5.015	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

## International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2019 Issue: 01 Volume: 69

Published: 30.01.2019 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



### SECTION 11. Biology. Ecology. Veterinary

Artur Leonidovich Chekhovskiy

Ph.D. in Biological Sciences

Skaryna Gomel State University

SSI «Institute of Radiobiology NAS Belarus»

[chehovskii@mail.ru](mailto:chehovskii@mail.ru)

Darya Vladimirovna Chekhovskaya

Master student

Skaryna Gomel State University

## DEFINITION OF VALUES RADON VOLUMETRIC ACTIVITY FOR DISTRICTS OF GOMEL REGION

**Abstract:** The article discusses definition of radon volumetric activity using complex radon index method. Calculated values of radon volumetric activity for each districts of Gomel region. The obtained values do not have significant differences from values obtained during instrumental measurements.

**Key words:** radon, complex radon index, volumetric activity, indirect factors, district, Gomel region.

**Language:** Russian

**Citation:** Chekhovskiy, A. L., & Chekhovskaya, D. V. (2019). Definition of values radon volumetric activity for districts of Gomel region. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 01 (69), 233-237.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-01-69-31> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.01.69.31>

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА ДЛЯ РАЙОНОВ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

**Аннотация:** В статье рассматривается определение объемной активности радона по методу комплексного радонового показателя. Рассчитаны значения объемной активности радона для каждого района Гомельской области. Полученные значения не имеют достоверных различий от значений, полученных в ходе инструментальных измерений.

**Ключевые слова:** радон, комплексный радоновый показатель, объемная активность, косвенные факторы, район, Гомельская область.

#### Введение.

Радон – благородный радиоактивный газ, тяжелее воздуха, не имеющий вкуса, цвета и запаха, образующийся в радиоактивной цепочке в процессе распада естественных радионуклидов семейств урана и тория. Вследствие конвекции и градиента концентрации происходит активное перемещение радона в сторону поверхности почвы, несмотря на то, что радон в 7,5 раз тяжелее воздуха. Радон постоянно поступает в жилые здания и становится источником облучения населения.

Таким образом, основным источником поступления радона в воздух жилых зданий являются почва и строительные материалы. Распространенные строительные материалы: бетон, кирпич, дерево, песок – выделяют немного

радона и не являются его существенными источниками. Очень низкими концентрациями радона обладают новые строительные материалы: пеноблоки, пластик, стекло и т. д. [1-3]. Учитывая это, концентрация радона в жилых зданиях обусловлена, в основном, почвой, которая находится под зданием (от 70 % до 95 %). В жилые здания радон попадает через различные отверстия, щели, трещины, сколы, поднимаясь из почвы, а также через вентиляцию или открытые окна. В закрытых помещениях радон способен накапливаться, преимущественно в подвалах и на нижних этажах зданий. В связи с этим возникает необходимость определения объемной активности (ОА) радона в жилых зданиях.

В случае радоновых исследований проводится оценка радоновой опасности в

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 5.015	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

масштабах отдельных районов, а после, при определении высоких значений ОА радона, проводятся дополнительные измерения ОА радона в жилых зданиях. Такой подход существенно экономит временные и финансовые ресурсы. В работах [1, 4] предложена концепция комплексного радонового показателя (КРП), согласно которой имеется возможность оценки радоновой опасности территории и определению ОА радона на основе ряда косвенных показателей радона. При этом основные расчеты проводятся по модели КРП, что существенно оптимизирует радоновые исследования.

**Целью** работы являлось определение средних районных значений ОА радона на территории Гомельской области по модели КРП.

### Материалы и методы исследований.

КРП представлен совокупностью факторов, влияющих на ОА радона: мощность дозы дочернобыльского фона (М), концентрация урана в почвах (U), коэффициент фильтрации почвы (F), глубина залегания первого водоносного горизонта (W). Указанные факторы выделены на основе оценки почвенно-географического районирования территории Республики Беларусь [5], а также оценки классификации территории по степени радоновой опасности грунтов [6]. Обоснование примирения указанных факторов, литературные источники для их определения, а также концепция КРП представлена в работах [1, 7].

Статистическая обработка данных проходила с применением пакета прикладных программ STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA), MS Excel 2003 (Microsoft, USA). При этом использовались стандартные методы обработки и анализа: оценка параметров распределения, расчет описательной статистики, дисперсионный анализ данных.

### Результаты исследований и их обсуждение.

Расчет ОА радона для районов Гомельской области проводился по методу КРП.

Расчет ОА радона включал в себя следующие этапы:

1) определение абсолютных значений косвенных показателей, влияющих на ОА радона для районов Гомельской области;

2) нормирование косвенных показателей на максимальные значения (для формирования единообразных шкал различающихся по количественным характеристикам показателей и перехода к относительной размерности величин для упрощения дальнейших вычислений);

3) расчет КРП;

4) переход от КРП через уравнение линейной регрессии к ОА радона.

Расчет значений косвенных показателей радона для каждого из районов Гомельской области проводился по формуле (1):

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot S_i}{S_{\text{района}}} \quad (1)$$

где X – средневзвешенное значение косвенного показателя радона, ед.;

$X_i$  – абсолютное значение косвенного показателя радона на i-ой площади района, ед.;

$S_i$  – площадь района со значением  $X_i$ , км<sup>2</sup>;

$S_{\text{района}}$  – площадь района, км<sup>2</sup>;

n – количество территорий района с различными значениями  $X_i$ .

Нормирование косвенных показателей радона проводилась на максимальное значение каждого соответствующего фактора:

а) для мощности дозы дочернобыльского фона это значение 12 мкР/час;

б) концентрация урана в почвах – 2,5 промилле (‰), характерное для глины;

в) коэффициент фильтрации почвы для радона – 3 м/сут, характерное для песчаных почв;

г) глубина залегания водоносного горизонта – 10 м.

Расчет КРП проводился по формуле (2):

$$КРП = M \cdot U \cdot F \cdot W \quad (2)$$

где КРП – значение комплексного радонового показателя, отн. ед.;

$M_{\text{отн}}$  – относительная мощность дозы дочернобыльского фона, отн. ед.

$U_{\text{отн}}$  – относительное содержание урана в почве, отн. ед.;

$F_{\text{отн}}$  – относительный коэффициент фильтрации почвы, отн. ед.;

$W_{\text{отн}}$  – относительная глубина залегания водоносного горизонта, отн. ед.;

Переход от КРП через уравнение линейной регрессии к ОА радона проводилось по уравнению линейной регрессии (3):

$$OAR_n = 6300 \cdot КРП + 35 \quad (3)$$

где  $OAR_n$  – среднегодовое значение ОА радона, Бк/м<sup>3</sup>;

КРП – значение комплексного радонового показателя, отн. ед.

На основе полученных значений была сформирована база данных ОА радона для районов Гомельской области с применением программного продукта Excel 2010. Для расчетов и статистической обработки информации применялись встроенные формулы и соответствующие программные процедуры, что

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 5.015	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

значительно оптимизировало проведение работы и позволяло проводить расчеты в автоматическом режиме. База данных содержала следующие позиции:

1. Значения  $X_i$ ,  $S_i$ ,  $S_{района}$ , необходимые для расчета косвенных показателей радона (формула 1).
2. Значения косвенных показателей радона в абсолютных и относительных единицах.
3. Значения КРП, полученные по формуле 2.
4. Значения ОА радона, рассчитанные через уравнение линейной регрессии (формула 3).
5. Значения ОА радона, измеренные в небольшом количестве на территории Гомельской области методом интегральных трековых радиометров радона, полученные научными коллективами ряда организаций совместно с сотрудниками ГНУ «Объединенный

институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» (г. Минск) в течение 2005-2016 гг. на территории Республики Беларусь, представлены в работах [8-10].

Необходимо подчеркнуть, что широкомасштабные инструментальные измерения ОА радона на территории Гомельской области проводились лишь в отдельных городах, поэтому представленные значения инструментальных измерений ОА радона служат скорее ориентиром в верификации модели КРП, нежели жестким критерием.

Результаты расчета значений ОА радона для районов Гомельской области, полученные по методу КРП и в результате инструментальных измерений, представлены в таблице 1:

**Таблица 1. Значения объемной активности радона для районов Гомельской области, полученные по методу комплексного радонового показателя (модель) и в результате инструментальных измерений**

№	Район	КРП, отн. ед.	ОА радона модель КРП, Бк/м <sup>3</sup>	ОА радона измеренная, Бк/м <sup>3</sup>
1	Брагинский	0,00043	37,7	34,6
2	Буда-Кошелевский	0,00191	46,9	37,7
3	Ветковский	0,00443	62,9	55,7
4	Гомельский	0,00382	59,0	44,3
5	Добрушский	0,00125	42,9	35,9
6	Ельский	0,00217	48,7	45,8
7	Житковичский	0,00019	36,2	40,9
8	Жлобинский	0,00071	39,4	34,4
9	Калинковический	0,00145	44,2	46,1
10	Кормянский	0,00140	43,8	38,1
11	Лельчицкий	0,00048	38,0	36,8
12	Лоевский	0,00136	43,6	36,3
13	Мозырьский	0,00287	53,1	47,1
14	Наровлянский	0,00197	47,4	47,9
15	Октябрьский	0,00058	38,7	52,5
16	Петриковский	0,00039	37,5	32,1
17	Речицкий	0,00134	43,4	40,2
18	Рогачевский	0,00155	44,8	47,5
19	Светлогорский	0,00068	39,3	35,4
20	Хойницкий	0,00077	39,9	36,2
21	Чечерский	0,00111	42,0	36,9
<b>Гомельская область</b>		<b>0,00147</b>	<b>44,3</b>	<b>41,1</b>

Исходя из таблицы 1 видно, что значения, полученные по модели КРП и значения инструментальных измерений ОА радона, не имеют существенных различий, учитывая наличие естественных колебаний радона, которые могут составлять более 100 % от среднего в течение суток.

На основе полученной базы данных был проведен дополнительный статистический анализ результатов. Основные статистические показатели расчета ОА радона, полученные для модели КРП и инструментальных измерений, представлены в таблице 2:

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 5.015	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

Таблица 2. Основные статистические показатели расчета объемной активности радона, полученные для модели комплексного радонового показателя и инструментальных измерений.

Статистический показатель	ОА радона модель КРП, Бк/м <sup>3</sup>	ОА радона измеренная, Бк/м <sup>3</sup>
Среднее	44,3	41,1
Стандартная ошибка	1,5	1,4
Стандартное отклонение	7,0	6,5
Коэффициент вариации	16 %	16 %
Минимум	36,2	32,1
Максимум	62,9	55,7

Из таблицы 2 видно, что значения средних арифметических ОА радона, полученных по модели КРП (44,3 Бк/м<sup>3</sup>) и с помощью инструментальных измерений (41,1 Бк/м<sup>3</sup>) очень близки. Их стандартные отклонения существенно перекрываются, что указывает на схожесть полученных результатов. Стандартная ошибка в обоих случаях составляет 3,4 % от среднего, что указывает на достаточную точность моделирования и эксперимента (< 5 %). Необходимо отметить, что условия формирования ОА радона на территории Гомельской области относительно однородны, на что указывает коэффициент вариации (16 %) и небольшой вариационный размах (26,7 для

модели и 23,6 для прямых измерений соответственно).

В рамках исследований проводилась статистическая верификация для оценки достоверности различий модельных и измеренных значений ОА радона (t-тест Стьюдента). В результате было показано отсутствие достоверных различий ( $t_{ст} = 1,53 < t_{крит} = 1,68$  при  $p = 0,07$ ). Таким образом, значения ОА радона, полученные методом КРП, полностью соответствуют значениям инструментальных измерений. На рисунке 1 представлено графическое отображение отсутствия достоверных различий двух выборок (модельные и измеренные значения):

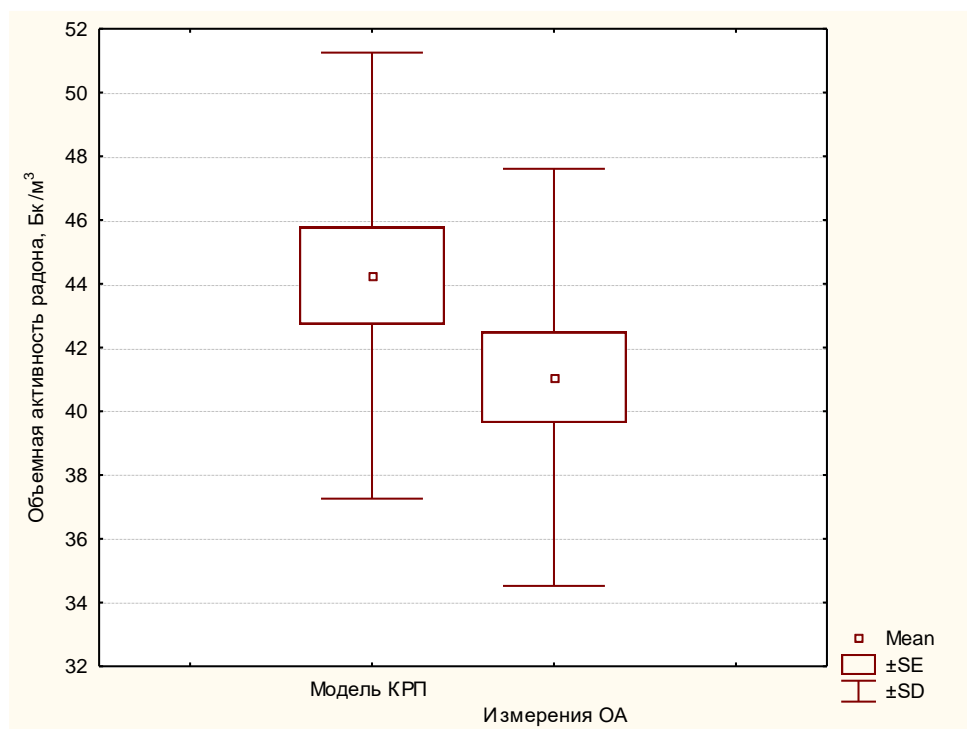


Рисунок 1 – Верификация модели комплексного радонового показателя прямыми измерениями объемной активности радона

Таким образом, показано, что представленный расчет ОА радона по методу КРП является достаточно точным (согласно верификации модели) и может быть проведен с

минимальными финансовыми и временными затратами.

## Impact Factor:

ISRA (India)	= 3.117	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 0.829	ПИИЦ (Russia)	= 0.156	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 5.015	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 5.667	OAJI (USA)	= 0.350

Исследования, представленные в публикации, выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (Б18М-

115 «Оценка распределения объемной активности радона на территории Гомельской области» от 30.05.2018 г., науч. рук. Чеховский А.Л.).

## References:

1. Chehovskij, A. L. (2017). *Ocenka radonovoj opasnosti po kosvennym pokazateljam radona (na primere vostochnyh oblastej Belarusi)*. avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. (p.24). Minsk: BGU.
2. Shirokova, E. K., et al. (1999). *Estestvennye radionuklidy v stroitel'nyh materialah i radiacionnyj fon pomeszhenij*. ucheb. posobie. (p.47). M.: MIKHiS.
3. Nazirov, R. A., Peresyppkin, E. V., Tarasov, I. V., & Kurguz, S. A. (2009). Estestvennaja radioaktivnost' i jemanirovanie stroitel'nyh materialov. *Tehnologii betonov, M.: «Kompozit XXI vek», № 5 (34), 74-75.*
4. Chehovskij, A. L., Chunihin, L. A., & Drozdov, D. N. (2017). Metodicheskij podhod po ocenke radonovoj opasnosti territorii. *ANRI. M.: NPP «Doza», № 1 (88), 50-54.*
5. (2002). *Nacyjanal'ny atlas Belarusi*. rjed. kal. M.U. Mjasnikovich [i insh.]. (p.292). Minsk: Belkartagrafija.
6. Matveev, A. V. (2016). Rajonirovanie territorii Belarusi po stepeni radonovoj opasnosti gruntov. *Dokl. Nac. akademii nauk Belarusi.* – Minsk: RUP «Izdatel'skij dom «Belorusskaja nauka», T. 60, № 5, 108-112.
7. Chehovskij, A. L. (2015). Opredelenie kriticheskikh zon radonoopasnosti po metodu kompleksnogo radonovogo pokazatelja i kartirovaniju radonovogo riska. *Izvestija Gmel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny.* – Gmel': GGU im. F. Skoriny, № 6 (93), 46-52.
8. Karabanov, A. K., et al. (2015). Karta radonovogo riska Belarusi. *Prirodnye resursy.* – Minsk: RUP «NPC po geologii», № 2, 73-78.
9. Chunihin, L. A., Chehovskij, A. L., & Drozdov, D. N. (2016). Karta radonovoj opasnosti territorii Respubliki Belarus'. *Radiacionnaja gigiena.* – SPb: NIIRG, T. 9, № 4, 43-46.
10. Chehovskij, A. L., et al. (2017). *Respublika Belarus': chernobyl'skie zagraznjenja i radon v otdalennyj period avarii*. Radiobiologija: vyzovy XXI veka: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 30-letiju instituta radiobiologii (Gmel', sentjabr' 2017 g.) / redkol.: I.A. Cheshik [i dr.]. (pp.168-170). Gmel': In-t radiologii.