

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIHC (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 3.860	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

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: 2017 Issue: 08 Volume: 52

Published: 29.08.2017 <http://T-Science.org>

Artur Leonidovich Chekhovskiy
Assistant
Skaryna Gomel State University
chehovskii@mail.ru

SECTION 11. Biology. Ecology. Veterinary

ANALYSIS OF FACTORS COMPLEX RADON INDEX BY EXAMPLE OF GOMEL REGION

Abstract: The article deals with problem of natural radon radioactivity gas radon. It is shown that with an increase number of factors, affecting the volume activity of radon, increases correlation coefficient of complex radon index and volume activity of radon in residential buildings on territory of Gomel region. Presented complex radon index can be used to map the territory in a large-scale version.

Key words: radon, volume activity, complex radon index, Gomel region, mapping the territory.

Language: Russian

Citation: Chekhovskiy AL (2017) ANALYSIS OF FACTORS COMPLEX RADON INDEX BY EXAMPLE OF GOMEL REGION. ISJ Theoretical & Applied Science, 08 (52): 56-60.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-08-52-8> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2017.08.52.8>

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ КОМПЛЕКСНОГО РАДОНОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ НА ПРИМЕРЕ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: В статье затрагивается проблема естественного радиоактивного газа радона. Показано, что при увеличении числа факторов, оказывающих влияние на объемную активность радона, повышается коэффициент корреляционной связи комплексного радонового показателя и объемной активности радона в жилых зданиях на территории Гомельской области. Представленный комплексный радоновый показатель может использоваться для картирования территории в крупномасштабном варианте.

Ключевые слова: радон, объемная активность, комплексный радоновый показатель, Гомельская область, картирование территории.

Введение

Радон – радиоактивный газ, образующийся в процессе радиоактивного распада в цепочке естественных радионуклидов семейств урана и тория. Согласно оценке НКДАР ООН, радон и его дочерние продукты распада (ДПР) определяют примерно 3/4 годовой индивидуальной эффективной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации [1]. Радон, являясь компонентом воздуха, попадает в легкие человека при дыхании. Воздействие α -излучения на высокочувствительные клетки дыхательной системы – одна из причин возникновения рака легких. По оценкам экспертов МКРЗ облучение населения за счет радона обуславливает до 15 % общего количества заболеваний раком легких [2]. Естественный изотоп радона ^{222}Rn , являясь наиболее долгоживущим (период полураспада

3,82 дня), вместе с его ДПР вносят наиболее существенный вклад в облучение человека.

Одним из основных тезисов Публикации № 65 МКРЗ [3] является необходимость введение понятия и критериев для оценки радоноопасных зон, что является очень важным в случаях недостатка ресурсов для проведения полномасштабных исследований, как, например, в Беларуси. Известно, что основным источником поступления радона в воздух жилых зданий является почва [4]. Учитывая это, можно провести картирование территории по радоновой опасности с использованием геологических показателей, определяющих объемную активность (ОА) радона, выделить наиболее радоноопасные зоны и предложить необходимые протиродоновые мероприятия.

Целью настоящей работы являлся анализ изменения характера корреляционной связи при



Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 3.860	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

увеличении количества факторов, оказывающих влияние на объемную активность радона, сочетание которых выступает в качестве комплексного радонового показателя (КРП).

Материалы и методы исследований

Материалами для настоящей работы являлись результаты измерения ОА радона в жилых зданиях 21 района Гомельской области, которые были получены при широкомасштабных обследованиях, представленных в работах [5; 6; 7]. ОА радона определялась по методике МВИ. МН. 1111-99 «Методики определения объемной активности радона в воздухе жилых и производственных помещений с использованием интегральных радонметров на основе твердотельных трековых детекторов альфа-частиц» [8]. Для определения значений показателей, оказывающих влияние на ОА радона, использовались следующие материалы: картосхема мощности дозы дочернобыльского фона (МЭД) [9; 10]; картосхема концентрации урана в почвах [11]; картосхема коэффициента фильтрации почв для радона [12]; гидрогеологическая карта с глубинами залегания водоносного горизонта [13].

Результаты и их обсуждение

Исходя из эколого-географической характеристики и почвенного состава территории Гомельской областей, были предложены некоторые показатели, которые могут оказывать влияние на ОА радона. Для обоснования возможности их применения для оценки потенциальной радоновой опасности территории рассмотрен характер связи ОА радона с представленными факторами при увеличении их количества.

По результатам измерений ОА радона на территории Гомельской области были определены среднерайонные значения ОА радона по формуле (1):

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

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

Поступление радона в жилые здания определяется свойствами подстилающей почвы. Исходя из этого, можно предложить в качестве КРП величину, равную произведению факторов, оказывающих влияние на ОА радона, в относительных единицах: МЭД, концентрация урана в почвах, коэффициент фильтрации почвы для радона и глубина залегания водоносного горизонта. При добавлении каждого из перечисленных показателей к предыдущим

ожидается увеличение коэффициента корреляции между КРП и ОА радона. Общая концепция КРП представлена в работах [7; 14; 15].

Первый фактор, который связан с ОА радона, является МЭД. Известно, что гамма-фон на территории определяется радионуклидами трех естественных радиоактивных рядов уранов и тория, а также ⁴⁰К (мощность дозы от которого принята постоянной). С увеличением концентрации урана и тория в почве увеличивается концентрация и их ДПР, в том числе и радона. Таким образом, колебания МЭД будут указывать на изменение ОА радона (как напрямую, через вклад γ -излучателей из состава ДПР радона, так и опосредованно, через различные концентрации радионуклидов естественных радиоактивных рядов, в которые входит радон).

Для того чтобы исключить влияние искусственных радионуклидов, выпавших на территории Республики Беларусь после аварии на Чернобыльской АЭС в исследованиях использовались дочернобыльские значения МЭД. По данным [9; 10] были определены средневзвешенные значения МЭД для исследуемых районов Гомельской области, которые были нормированы на максимальную величину – 12 мкР/час, принятую за 1 (формула 2):

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot S_i}{S_{\text{района}}} \quad (2)$$

где M – средневзвешенное значение относительной МЭД, отн. ед.;
 M_i – значение относительной МЭД на i -ой площади района, отн. ед.;
 S_i – площадь района со значением M_i , км²;
 n – количество территорий района с различными значениями M_i .

Был проведен корреляционный анализ данных для определения степени и характера связи получившихся относительных значений МЭД и ОА радона в жилых зданиях.

Коэффициент линейной корреляции, указывающий на связь относительного показателя МЭД для исследуемых районов Гомельской области и среднерайонных значений ОА радона, составил $r = 0,49 \pm 0,17$. Имеет место средняя по силе, прямая связь показателя МЭД и ОА радона. Корреляция является не достоверной: $t_{\text{эмп}} = 2,51 < t_{\text{крит}} = \text{при } p > 0,05$. Таким образом, при использовании только одного показателя можно давать лишь приблизительную, недостоверную оценку ОА радона в жилых зданиях.

Следующим показателем, определяющим ОА радона, является концентрация урана в

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 3.860	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

почвах. Учитывая, что уран является родоначальником естественного радиоактивного ряда, в котором образуется радон – концентрации урана в почвах будут определять содержание радона и как следствие его ОА.

По данным [11] были получены средневзвешенные значения концентрации урана в почвах исследуемых районов Гомельской области, которые были нормированы на максимальную величину $2,5 \cdot 10^{-4}$ %, принятую за 1 (формула 3):

$$U = \frac{\sum_i^n U_i \cdot S_i}{S_{\text{района}}} \quad (3)$$

где U – средневзвешенное значение относительной концентрации урана для выбранного района, отн. ед.;

U_i – значение относительной концентрации урана на i -ой площади района, отн. ед.;

S_i – площадь района со значением U_i , км²;

n – количество почв района с различными значениями U_i .

Полученный массив данных был добавлен в качестве сомножителя к значениям относительного показателя МЭД, и проведен корреляционный анализ данных для определения степени и характера связи получившихся значений КРП (состоящего из средневзвешенных значений относительных показателей МЭД и концентрации урана в почвах) и ОА радона в жилых зданиях.

Коэффициент линейной корреляции, указывающий на связь полученного КРП для исследуемых районов Гомельской области, и среднерайонных значений ОА радона, составил $r = 0,65 \pm 0,13$. Имеет место средняя по силе, прямая связь КРП и ОА радона. Корреляция является достоверной: $t_{\text{эмп}} = 3,74 > t_{\text{крит}} = \text{при } p < 0,05$.

Необходимо учитывать, что эксхалиция радона зависит от проницаемости почвы, которая определяется коэффициентом фильтрации. Исходя из того факта, что период полураспада радона ²²²Rn составляет 3,82 суток – скорость его прохождения через слой почвы имеет важное значение, и обуславливает конечную ОА радона в жилых зданиях.

По данным [12] были получены средневзвешенные значения коэффициента фильтрации почв исследуемых районов Гомельской области, которые были нормированы на максимальную величину 30 м/сут, принятую за 1 (формула 4):

$$F = \frac{\sum_i^n F_i \cdot S_i}{S_{\text{района}}} \quad (4)$$

где F – средневзвешенное значение относительного коэффициента фильтрации почвы для выбранного района, отн. ед.;

F_i – значение относительного коэффициента фильтрации почвы на i -ой площади района, отн. ед.;

S_i – площадь района со значением F_i , км²;

n – количество почв района с различными значениями F_i .

Полученный массив данных был добавлен в качестве сомножителя к значениям относительного показателя МЭД и концентрации урана в почвах. После этого проведен корреляционный анализ данных для определения степени и характера связи получившихся значений КРП (состоящего из средневзвешенных значений относительных показателей МЭД, концентрации урана в почвах, коэффициента фильтрации почвы) и ОА радона в жилых зданиях.

Коэффициент линейной корреляции, указывающий на связь полученного КРП для исследуемых районов Гомельской области, и среднерайонных значений ОА радона, составил $r = 0,71 \pm 0,11$. Имеет место средняя по силе, прямая связь КРП и ОА радона. Корреляция является достоверной: $t_{\text{эмп}} = 4,22 > t_{\text{крит}} = \text{при } p < 0,05$.

Также, важным фактором, определяющим ОА радона, является глубина залегания водоносного горизонта. При уровне в 1-2 м от поверхности почвенный радон почти полностью поглощается, а при уровне более 10 м весь радон остается в почвенном воздухе.

По данным [13] были определены средневзвешенные значения глубины залегания водоносного горизонта для исследуемых районов Гомельской области, которые были нормированы на максимальную величину – 10 м, принятую за 1.

$$W = \frac{\sum_i^n W_i \cdot S_i}{S_{\text{района}}} \quad (5)$$

где W – средневзвешенное значение относительной глубины залегания водоносного горизонта, отн. ед.;

W_i – значение относительной глубины залегания водоносного горизонта на i -ой площади района, отн. ед.;

S_i – площадь района со значением W_i , км²;

n – количество территорий района с различными значениями W_i .

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 3.860	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Полученный массив данных был добавлен в качестве сомножителя к значениям относительного показателя МЭД, концентрации урана в почвах, коэффициента фильтрации почвы. После этого проведен корреляционный анализ данных для определения степени и характера связи получившихся значений КРП (состоящего из средневзвешенных значений относительных показателей МЭД, концентрации урана в почвах, коэффициента фильтрации почвы, глубины залегания водоносного горизонта) и ОА радона в жилых зданиях. Итоговый график данной корреляционной связи, образованной четырьмя компонентами радонового показателя, представлен на (рис. 1).

Коэффициент линейной корреляции, указывающий на связь полученного КРП для исследуемых районов Гомельской области, и среднерайонных значений ОА радона, составил $r = 0,83 \pm 0,07$. Имеет место сильная, прямая связь КРП и ОА радона. Корреляция является достоверной: $t_{эмп} = 5,58 > t_{крит} =$ при $p < 0,05$.

Таким образом, КРП является произведением значений факторов (в

относительных величинах), оказывающих влияние на ОА радона в жилых зданиях, и рассчитывается по формуле (6):

$$R = M \cdot U \cdot F \cdot W \quad (6)$$

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

M – средневзвешенное значение относительной мощности экспозиционной дозы для выбранного района, отн. ед.;

U – средневзвешенное значение относительной концентрации урана для выбранного района, отн. ед.;

F – средневзвешенное значение относительного коэффициента фильтрации почвы для выбранного района, отн. ед.;

W – средневзвешенное значение относительной глубины залегания водоносного горизонта для выбранного района, отн. ед.

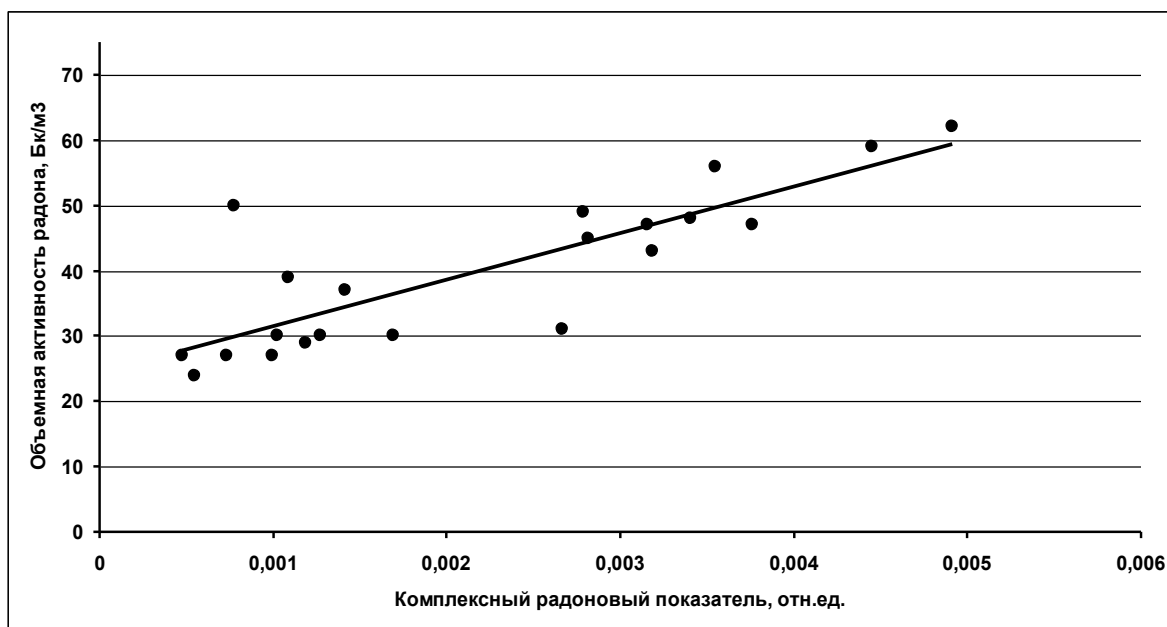


Рисунок 1 – Зависимость среднерайонных значений ОА радона в жилых зданиях от комплексного радонового показателя ($M \cdot U \cdot F \cdot W$).

Заключение

Предложенный комплексный радоновый показатель имеет достаточно сильную и достоверную связь со значениями ОА радона в жилых зданиях. Приведенные корреляционные зависимости показывают, что увеличение числа факторов, оказывающих влияние на ОА радона, значительно повышает коэффициент корреляции

КРП и способствует более точной оценке ОА радона в жилых зданиях. КРП служит основой для определения потенциальной радоноопасности территории – с его помощью можно определить географическое положение критических зон радоноопасности и составить тематические карты данных территорий.

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIHII (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 3.860	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

References:

- (1990) Radiaciya. Dozy, ehffekty, risk: per s angl. Yu.A. Bannikova. – M.: Mir, 1990. – 79 p.
- (2013) Risk vozniknoveniya raka legkogo pri obluchenii radonom i produktami ego raspada. Zayavlenie po radonu / pod red. M.V. Zhukovskogo, S.M. Kiseleva, A.T. Gubina // Perevod publikacii № 115 MKRZ. – M.: FGBU GNC FMBC im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii, 2013. – 92 p.
- (1995) Zashchita ot radona-222 v zhilyh zdaniyah i na rabochih mestah / Publikaciya № 65 MKRZ. – M.: Ehnergoatomizdat, 1995. – 78 p.
- Bekman, I.N. (2000) Radon: vrag, vrach i pomoshchnik / I.N. Bekman. – M.: MGU, 2000. – 205 p.
- (2015) Radon i dochernie produkty ego raspada v vozduhe zdaniy na territorii Belarusi / A.K. Karabanov, L.A. Chunihin, A.L. Chehovskij, D.N. Drozdov, O.Ja. Jaroshevich, I.V. Zhuk, M.V. Konopel'ko, A.V. Matveev // Prirodopol'zovanie. – Vyp. 27. – Minsk: Institut prirodopol'zovaniya NAN Belarusi, 2015. – p. 49-53.
- (2015) Karta radonovogo riska Respubliki Belarus' / A.K. Karabanov, L.A. Chunihin, A.L. Chehovskij, D.N. Drozdov, O.Ja. Jaroshevich, I.V. Zhuk, M.V. Konopel'ko // Prirodnye resursy. – №2. – Minsk: RUP «NPC po geologii», 2015. – p. 73-78.
- Chehovskiy, A.L. (2016) Kartirovanie territorii Gomel'skoj, Mogilevskoj i Vitebskoj oblastej po kompleksnomu radonovomu pokazatelju i ob#emnoj aktivnosti radona v zhilyh zdaniyah / A.L. Chehovskij, D.N. Drozdov // Radiaciya i risk. – T.25. – № 4. – M.: MRNC, 2016. – p. 126–133.
- (2002) Metodika opredeleniya ob#emnoj aktivnosti radona v vozduhe zhilyh i proizvodstvennyh pomeshhenij s ispol'zovaniem integral'nyh radonometrov na osnove tverdotel'nyh trekovyh detektorov al'fachastic. – MVI. MN 1111-99. – Minsk, 2002. – 19 p.
- Belyashov, A.V. (2008) Ocenka gidrogeologicheskikh parametrov po dannym geofizicheskikh issledovanij v skvazhinah: Metodicheskoe rukovodstvo / A.V. Belyashov. – Minsk: Fondy geofizicheskoy ehkspedicii, 2008. – 43 p.
- Bulygin, B.P. (1982) Instrukciya po gamma-karotazhu pri massovyh poiskah urana: utv. Min. Geologii SSSR 01.09.81 g. / B.P. Bulygin, Je.D. Karpov, A.A. Kushtysev, M.M. Maksimov, V.I. Sokolov, I.V. Shkrabo. – SPb: Ministerstvo Geologii SSSR, 1982. – 101 p.
- Shagalova, Eh.D. (1986) Soderzhanie urana-238 v pochvah Belarusi / Eh.D. Shagalova // Pochvovedenie. – Minsk: Institut pochvovedeniya i agrohimii, 1986. – №2. – p. 140-145.
- Adushkin, V.V. (2005) Polya pochvennogo radona v vostochnoj chasti Baltijskogo shchita / V.V. Adushkin, I.I. Divkov, S.A. Kozhuhov // Dinamicheskie processy v sisteme vnutrennih i vneshnih vzaimodejstvuyushchih geosfer / V.V. Adushkin, I.I. Divkov, S.A. Kozhuhov. – M.: Geos, 2005. – p. 173-178.
- (1963) Hidrogeologicheskaja karta chetvertichnyh otlozhenij Belorusskoj SSR [karta] / G.V. Bogomolov, N.M. Gripinskij, M.F. Kralej, G.G. Maljar, A.N. Sverinskij; pod. red. G.V. Bogomolova. – 1:1000000. – Minsk: Institut geologicheskikh nauk. – 1963.
- Chehovskii, A.L. (2014) Obosnovanie primeneniya komponentov radonovogo pokazatelya dlya kartirovaniya radonovogo potenciala / A.L. Chehovskii // Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny. – № 6 (87). – Gomel': GGU im. F. Skoriny, 2014. – p. 100-106.
- Chehovskii, A.L. (2015) Kartirovanie i ocenka radonovoj obstanovki Gomel'skoj, Mogilevskoj i Vitebskoj oblastej / A.L. Chehovskii, L.A. Chunihin, D.N. Drozdov // Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny. – № 3 (90). – Gomel': GGU im. F. Skoriny, 2015. – p. 71-76.