

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIHИ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	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: 2016 Issue: 9 Volume: 41

Published: 30.09.2016 <http://T-Science.org>

Artur Leonidovich Chehovskii
Postgraduate student
Skaryna Gomel State University
chehovskii@mail.ru

SECTION 11. Biology. Ecology. Veterinary

ANNUAL EFFECTIVE DOSES TO PUBLIC FROM RADON IN GOMEL REGION

Abstract: The article presents a comparison of levels radon volume activity with values of maximum permissible concentration, and determination of annual effective doses from radon and its decay daughter products. In all areas of Gomel region shows small values of equivalent equilibrium volume activity of radon (an average of 21 Bq/m³) compared with standard maximum allowable concentration (100 Bq/m³ in projected and 200 Bq/m³ in existing buildings). In 2,9% of dwellings equivalent equilibrium volume activity of radon more than 100 Bq/m³. On average in the Gomel region recorded values effective doses of radon and its decay daughter products about 0,8 mSv for the ICRP models and 1,4 mSv for models UNSCEAR.

Key words: : radon, volume activity, equivalent equilibrium volume activity, the effective dose, Gomel region.

Language: Russian

Citation: Chehovskii AL (2016) ANNUAL EFFECTIVE DOSES TO PUBLIC FROM RADON IN GOMEL REGION. ISJ Theoretical & Applied Science, 09 (41): 132-137.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-09-41-20> **Doi:**  <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.09.41.20>

ГОДОВЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ РАДОНА НА ТЕРРИТОРИИ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: В статье представлено сопоставление уровней объемной активности радона со значениями предельно-допустимых концентраций, и определение годовых эффективных доз облучения от радона и его дочерних продуктов распада. По всем районам Гомельской области показаны небольшие значения эквивалентной равновесной объемной активности радона (в среднем 21 Бк/м³) по сравнению с нормативом предельно-допустимой концентрации (100 Бк/м³ в проектируемых и 200 Бк/м³ в существующих зданиях). В 2,9% жилых помещений эквивалентная равновесная объемная активность радона превышает 100 Бк/м³. В среднем на территории Гомельской области регистрируются значения эффективных доз облучения радоном и его дочерних продуктов распада около 0,8 мЗв по модели МКРЗ и 1,4 мЗв по модели НКДАР ООН.

Ключевые слова: радон, объемная активность, эквивалентная равновесная объемная активность, эффективная доза, 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. Согласно оценке Научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР) ООН, радон и его ДПР определяют примерно 2/3 годовой индивидуальной эффективной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации, и примерно половину дозы от всех источников радиации [1]. В ряде докладов

Национального исследовательского совета США BEIR IV [2] и BEIR VI [3] подробно рассматривалось влияние радона и его ДПР на организм человека. Наиболее значимым и распространенным дозовым фактором является воздействие радона, содержащегося в воздухе помещений жилых и общественных зданий, и на рабочих местах. Радон, являясь компонентом воздуха, попадает в легкие человека при дыхании. По данным Всемирной организации здравоохранения, воздействие радона повышает риск возникновения и развития рака легкого [4], вследствие воздействия высокоэнергетического



Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

α -излучения при распаде радона и его ДПР на высокочувствительные клетки дыхательной системы.

В многочисленных эпидемиологических исследованиях показано, что ионизирующее излучение испускаемое радоном и его ДПР является канцерогеном. Увеличение риска рака легкого отмечается как после контакта с радоном и его ДПР [3], так и в отношении воздействия характерного для радона излучения с низкой линейной потерей энергии [1]. По оценкам экспертов Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) облучение населения за счет радона обуславливает до 15 % общего количества заболеваний раком легкого [5]. Указанные исследования различных мировых организации, их масштаб и финансовые затраты напрямую указывают на важность и актуальность «радоновой» проблемы.

Воздействие на человека дочерних продуктов распада радона всегда представляло определенные сложности для проведения дозиметрических оценок.

1) Оно относится к внутреннему облучению и достаточно сложно поддается индивидуальному радиационному мониторингу, относительно легко проводимому в случае внешнего радиационного облучения.

2) Вследствие малого периода полураспада ДПР радона мониторинг облучения радоном не может быть выполнен стандартными методами, применяемыми при мониторинге внутреннего облучения.

3) при ингаляции ДПР радона происходит облучение исключительно тканей респираторного тракта, в то время как на остальные органы и ткани человека радиационное воздействие пренебрежимо мало.

4) все основное облучение осуществляется короткопробежными, сильноионизирующими α -частицами.

Перечисленные факторы привели к тому, что все дозиметрические оценки облучения человека за счет ингаляционного поступления ДПР радона производятся исключительно косвенными методами. Для оценки величины перехода от экспозиции по ДПР радона к эффективной дозе ранее применялись расчетные методы с использованием различных моделей поведения радионуклидов в респираторном тракте.

МКРЗ разработала более подробную модель легкого, чтобы рассчитать дозу облучения от присутствующих в воздухе радионуклидов. Тем не менее, это все еще упрощенное представление о действительной анатомии дыхательного тракта и о физиологических процессах. Сложности, в числе прочих, представляют измерение свойств аэрозолей и определение их характеристик,

включая размер и неприсоединенную фракцию. Модель используется для оценки влияния биологических и аэрозольных параметров, а также для характеристик неопределенностей при оценках дозы на легкие человека относительно глубины клеток-мишеней.

Таким образом, остается ряд вопросов к оценкам коэффициентов дозового перехода, сделанным на основе дозиметрических моделей респираторного тракта. Такие оценки зависят от моделей и неизбежно подвержены всем неопределенностям, связанным с входными данными, а также с допущениями, встроенными в определенную расчетную модель. Кроме того, появляются уточненные данные по дозиметрической модели респираторного тракта.

Целью настоящей работы являлась сопоставление уровней объемной активности радона со значениями предельно-допустимых концентраций, и определение годовых эффективных доз облучения от радона и его дочерних продуктов распада.

Материалы и методика исследований.

Для сопоставления уровней объемной активности радона со значениями предельно-допустимых концентраций, и определение годовых эффективных доз облучения от радона и его дочерних продуктов распада были использованы результаты исследований, проведенных ОИЭиЯИ (г. Минск, Сосны) в течение 2005-2014 гг. на территории Гомельской области [6; 7]. Исследования были выполнены по методике, позволяющей проводить мониторинг радона: «Методики определения объемной активности радона в воздухе жилых и производственных помещений с использованием интегральных радонометров на основе твердотельных трековых детекторов альфа-частиц» (МВИ. МН. 1808-2002) [8]. В среднем, равномерность размещения дозиметров соответствует начальным европейским требованиям: ячейка 10 на 10 км. Было проведено 960 измерений в 48 населенных пунктах.

Результаты исследований и их обсуждение.

Сопоставления уровней объемной активности радона со значениями предельно-допустимых концентраций. Для Республики Беларуси в качестве показателя для нормирования радона и его ДПР принята эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) радона, предельно-допустимое значение которой установлено 100 Бк/м³ в проектируемых и 200 Бк/м³ в существующих зданиях [9; 10]. Однако Международная комиссия по радиационной защите рекомендует использовать единый уровень ПДК в пределах 150 Бк/м³ [11].

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

При этом ЭРОА района необходимо измерить или рассчитать, используя коэффициент равновесия F (отношение ЭРОА к ОА района). В Публикации 65 МКРЗ [12] приводится среднемировое значение коэффициента равновесия $F = 0,4$. При этом для Республики Беларусь и Европейской части России для перехода от ОА района к ЭРОА используется значение коэффициента равновесия $F = 0,5$ [9; 10]. Данное значение коэффициента равновесия было использовано при обработке результатов радонового обследования, проведенного на

территории Гомельской области Республики Беларусь. Необходимо подчеркнуть, что первичная оценка соответствия ПДК проводится в масштабах района. Уже после такого определения в рамках инспекционных исследований или инженерно-геофизических изысканий проводится оценка соответствия ПДК на исследуемой местности, в здании и т.д.

На таблице 1 представлены среднерайонные значения ОА и ЭРОА района для районов Гомельской области:

Таблица 1

Среднерайонные значения объемной активности и эквивалентной равновесной объемной активности района Гомельской области

Район	ОА района, Бк/м ³	ЭРОА района ($F = 0,5$), Бк/м ³
Брагинский	33	16,5
Буда-Кошелевский	33	16,5
Ветковский	52	26
Гомельский	49	24,5
Добрушский	38	29
Ельский	41	20,5
Житковичский	36	18
Жлобинский	34	17
Калинковичский	48	24
Кормянский	41	20,5
Лельчицкий	37	17,5
Лоевский	33	16,5
Мозырский	52	26
Наровлянский	50	25
Октябрьский	53	26,5
Петриковский	35	17,5
Речицкий	35	17,5
Рогачевский	57	28,5
Светлогорский	37	18,5
Хойникский	38	19
Чечерский	49	24,5
Гомельская область	42	21

Из таблицы 1 видно, что ЭРОА по всем районам Гомельской области имеет небольшие значения по сравнению с нормативами ПДК (100 Бк/м³ в проектируемых и 200 Бк/м³ в существующих зданиях). Представленные значения сопоставимы или несколько выше среднемирового значения ЭРОА района 16 Бк/м³ [1]. При этом необходимо подчеркнуть, что возможны точечные колебания ЭРОА района, связанные, прежде всего, с образом жизни людей. Так, ЭРОА района более 100 Бк/м³ отмечена в 2,9% исследованных жилых помещений, что превышает 0,5 ПДК для существующих зданий. Это вызывает интерес, учитывая, что Гомельская область обладает крайне малой потенциальной радоноопасностью, при этом отмечаются

единичные случаи значительного накопления ОА района в жилых помещениях.

Определение годовых эффективных доз облучения от района и его дочерних продуктов распада. В качестве альтернативы дозиметрическому подходу МКРЗ пришла к выводу о возможности использования так называемого условного дозового перехода. Такой переход осуществляется прямым сравнением ущерба, связанного с единицей эффективной дозы при внешнем облучении и единицей экспозиции района. Исходя из этих условий определено значение коэффициента дозового перехода с использованием коэффициента ущерба МКРЗ. Расчет велся исходя из экспозиции по скрытой энергии ЭРОА района в

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

течение 7000 ч в год, которая составляет $1,56 \cdot 10^{-2}$ мДж·ч·м⁻³ на 1 Бк·м⁻³ ОА радона (или 0,4 ЭРОА радона с учетом $F = 0,4$). Коэффициент дозового перехода был рассчитан путем условного дозового перехода как отношение ущерба от экспозиции по радону, к ущербу на единицу эффективной дозы для населения при внешнем облучении. Согласно Публикации №60 МКРЗ ущерб на единицу эффективной дозы для населения при внешнем облучении составляет $7,3 \cdot 10^{-5}$ мЗв⁻¹ [13]. Это значение ущерба учитывает все вредные эффекты ионизирующего излучения на организм человека. Согласно Публикации №65 МКРЗ ущерб на единицу экспозиции ЭРОА радона составляет $8 \cdot 10^{-5}$ (мДж·ч·м⁻³)⁻¹ [12]. Исходя из этого условный дозовый переход от единицы экспозиции ЭРОА радона к эффективной дозе составляет 1,1 мЗв/(мДж·ч·м⁻³). Таким образом, значение дозового коэффициента рассчитанного по Публикации №65 МКРЗ составляет 0,017 мЗв год⁻¹/Бк·м⁻³ ОА радона или 6,1 нЗв·ч⁻¹/Бк·м⁻³ ЭРОА радона на 7000 ч пребывания в жилище [12].

В дальнейшем НКДАР ООН была предложена аналогичная модель, которая, тем не менее, имела ряд существенных отличий [1]. В ней учитывалась объемная активность торона, которая или измерялась при проведении исследований, или принималась за постоянное значение (мировое значение). Коэффициент перехода от ОА радона к ЭРОА был выше: $F = 0,5$. Вводилась новая переменная – доля времени нахождения в помещении (0,8) и на открытом воздухе (0,2) с соответствующей корректировкой на стандартное число часов в году (общее число

8800 ч). Дозового коэффициента этой модели был также несколько выше и составлял $9 \text{ нЗв} \cdot \text{ч}^{-1} / \text{Бк} \cdot \text{м}^{-3}$ ЭРОА радона на стандартное число часов в году 8800 ч. При этом общий ход рассуждений и последовательность расчета перехода от ОА к эффективной дозе аналогична для обеих моделей. В результате эффективные дозы от радона и его ДПР рассчитанные по модели НКДАР ООН примерно в 1,5 раза больше, чем по модели МКРЗ.

В инструкции [14], являющейся нормативным документом для Республики Беларусь при оценке индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения, значение дозового коэффициента принято равным $9 \cdot 10^{-6}$ мЗв·ч⁻¹/Бк·м⁻³, и предложен расчет, соответствующий рекомендациям НКДАР-2000 [15; 16]. Однако модель условного дозового перехода, предложенная в Публикации №65 МКРЗ [12] до сих пор не потеряла актуальности и в более новой публикации МКРЗ №115 [5], посвященной радоновой проблеме не было предложено альтернативы данной модели. Таким образом, для оценки средних эффективных доз облучения населения от ингаляционного поступления радона и его ДПР использовались две модели перехода от ОА радона к эффективной дозе: модель МКРЗ [12] и модель НКДАР ООН [1].

Годовые эффективные дозы облучения населения, проживающего на территории Гомельской области, обусловленных радонем и его ДПР представлены в таблице 2:

Таблица 2

Годовые эффективные дозы облучения населения, проживающего на территории Гомельской области, обусловленных радонем и его ДПР в воздухе

Район / Область	Модель МКРЗ, мЗв/год	Модель НКДАР ООН, мЗв/год
Брагинский	0,68	1,09
Буда-Кошелевский	0,68	1,09
Ветковский	1,06	1,73
Гомельский	1	1,63
Добрушский	0,78	1,26
Ельский	0,84	1,36
Житковичский	0,74	1,2
Жлобинский	0,7	1,13
Калинковичский	0,98	1,6
Кормянский	0,84	1,36
Лельчицкий	0,76	1,23
Лоевский	0,68	1,1
Мозырский	1,06	1,73
Наровлянский	1,02	1,66
Октябрьский	1,08	1,76
Петриковский	0,72	1,16

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Речицкий	0,72	1,16
Рогачевский	1,17	1,9
Светлогорский	0,76	1,23
Хойникский	0,78	1,26
Чечерский	1	1,63
Гомельская область	0,8	1,4

Из таблицы 2 видно, что в среднем на территории Гомельской области регистрируются значения эффективных доз облучения радоном и его ДПР около 0,8 мЗв по модели МКРЗ и 1,4 мЗв по модели НКДАР ООН. Учитывая последствия аварии на Чернобыльской АЭС и загрязнение техногенными радионуклидами в большей степени именно Гомельской области – определение и уточнение эффективных доз от облучения радоном, как основного компонента естественного радиационного фона, имеет важное научное и практическое значение. Такие исследования необходимы как с целью расчета дозы облучения, получаемой населением от всех источников (естественных и искусственных), так и с целью сопоставления доз, формируемых

чернобыльскими радионуклидами, в сравнении с естественными радиационным фоном.

Заключение. По всем районам Гомельской области показаны небольшие значения ОА радона по сравнению с нормативами ПДК (100 Бк/м³ в проектируемых и 200 Бк/м³ в существующих зданиях) [9]. Представленные значения сопоставимы или несколько выше среднемирового значения ЭРОА радона 16 Бк/м³ [1]. Отмечено, что в 2,9% жилых помещений ЭРОА радона превышает 100 Бк/м³. В среднем на территории Гомельской области регистрируются значения эффективных доз облучения радоном и его ДПР около 0,8 мЗв по модели МКРЗ и 1,4 мЗв по модели НКДАР ООН.

References:

1. (2012) Istochniki i jeffekty ionizirujushhego izlucheniya. Otchet NKDAR OON 2000 goda s nauchnymi prilozhenijami. – Moscow, 2002. – 319 p.
2. (1988) Health Risks of Radon and Other Internally Deposited Alpha-Emitters / Committee on Health Risks of Exposure to Radon (BEIR IV). – Washington: National Academy Press, 1988. – 602 p.
3. (1999) Health Effects of Exposure to Radon / Committee on Health Risks of Exposure to Radon (BEIR VI). – Washington: National Academy Press, 1999. – 432 p.
4. (2005) Radon i rak: informacionnyj bjulleten' / № 291 – Vsemirnaja organizacija zdravooohraneniya – Moscow, 2005. – 4 p.
5. (2013) Risk vozniknoveniya raka legkogo pri obluchenii radonom i produktami ego raspada. Zajavlenie po radonu / pod red. M.V. Zhukovskogo, S.M. Kiseleva, A.T. Gubina // Perevod publikacii № 115 MKRZ. – M.: FGBU GNC FMBC im. A.I. Burnazjana FMBA Rossii, 2013. – 92 p.
6. Karabanov AK (2015) Radon i dochernie produkty raspada v vozduhe zdaniy na territorii Belarusi / A.K. Karabanov [i dr.]. // Prirodopol'zovanie. – Vyp 27. – Minsk: StrojMediaProekt, 2015. – pp. 49-53.
7. Karabanov AK (2015) Karta radonovogo riska Respubliki Belarus' / A.K. Karabanov [i dr.]. // Prirodnye resursy. – №2. – Minsk: RUP «NPC po geologii», 2015. – pp. 73-78.
8. (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.
9. (2000) Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-2000) / Min-vo Resp. Belarus'. – GN 2.6.1.8-127-2000 – Minsk, 2000. – 112 p.
10. (1996) Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-96). Gigienicheskie normativy GN 2.6.1.054-96. Gossanjepidnadzor Rossii. Moscow 1996.
11. (2010) ICRP Publication 115. Lung cancer risk from radon and progeny and statement on radon / M. Tirmarche, J.D. Harrison, D. Laurier, F. Paquet, E. Blanchardon // Annals of the ICRP. – 2010-02-01. – T. 40. – Vyp. 1. – pp. 1-64.
12. (1995) Zashhita ot radona-222 v zhilyh zdaniyah i na rabochih mestah / Publikacija № 65 MKRZ. – Moscow: Jenergoatomizdat, 1995. – 78 p.



Impact Factor:

ISRA (India)	= 1.344	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 0.829	PIHHI (Russia)	= 0.234	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 1.042	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 2.031		

13. (1990) ICRP Publication № 60. – Oxford: Pergamon Press, 1990. – 94 p.
14. (2006) Ocenka individual'nyh doz obluchenija naselenija za schet prirodnyh istochnikov ionizirujushhego izluchenija. Instrukcija 2.6.1. Minzdrava Respubliki Belarus'. – Minsk, 2006. – 20 p.
15. Vanmarce H (2008) Radon: A special case in radiation protection «Radiation Protection Dosimetry». 2008. –pp. 1-5.
16. (2000) United Nation Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation. Source and effects of ionizing radiation. Vol. 1. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly of the United Nations with Scientific Annexes. New York, 2000. – 305 p.

