



Статистический анализ факторов, оказывающих влияние на формирование дозы внешнего облучения

Д. Б. Куликович¹, Н. Г. Власова^{1,2}

¹Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Беларусь

²Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Выявить факторы, оказывающие влияние на формирование дозы внешнего облучения у лиц, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях.

Материалы и методы. Методом термомюлюминесцентной дозиметрии обследовано 25503 жителя из 289 населенных пунктов Гомельской области.

Результаты. Выявлены статистически значимые различия между дозами у мужчин и женщин. При исследовании половозрастных групп было установлено, что у мужчин молодого возраста значение дозы внешнего облучения выше на 11 %, чем у женщин этой же возрастной группы, также у мужчин пожилого возраста значение дозы внешнего облучения выше почти на 10 %, чем у женщин данной группы. Анализ рода деятельности всех обследованных продемонстрировал широкий разброс доз внешнего облучения: у лиц, которые длительное время в силу особенностей практической деятельности находятся на открытом воздухе, значение дозы внешнего облучения в среднем на 32 % фактически выше, чем у лиц, которые занимаются трудовой деятельностью в экранированных помещениях и зданиях.

Заключение. Выявлены факторы, оказывающие влияние на формирование дозы внешнего облучения у лиц, проживающих на загрязненной радионуклидами территории.

Ключевые слова: доза внешнего облучения, индивидуальный дозиметрический контроль, нормированная доза, половозрастная группа, профессиональная занятость

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательную версию для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках диссертационного исследования за счет собственных средств.

Для цитирования: Куликович ДБ, Власова НГ. Статистический анализ факторов, оказывающих влияние на формирование дозы внешнего облучения. Проблемы здоровья и экологии. 2022;19(3):99–105. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-3-14>

Statistical analysis of factors contributing to the formation of the external radiation dose

Dmitry B. Kulikovich¹, Natalie G. Vlasova^{1,2}

¹Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

²Republican Scientific and Practical Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To determine factors contributing to the formation of the external radiation dose in individuals living in radionuclide-contaminated areas.

Materials and methods. 25,503 residents from 289 settlements of the Gomel region were examined by the method of thermoluminescent dosimetry.

Results. Some statistically significant differences between the doses in men and women were revealed. The study of age and sex groups found that the values of the external radiation dose in young men were 11% as high as those in women of the same age group. The values of the external radiation dose in elderly men were almost 10% as high as those in women of this group. The analysis of the type of activity of all the examined individuals has showed a large variation of external exposure dose values: on average, the external radiation dose is 32% as high in individuals who due to the nature of their practical activities stay outdoors for a long time as that in individuals who work in shielded premises and buildings.

Conclusion. The factors contributing to the formation of the external exposure dose in individuals living in radionuclide-contaminated areas have been identified.

Keywords: *external radiation dose, individual dosimetry control, normalized dose, gender and age group, professional employment*

Author contributions. All the authors made a significant contribution to the search and analytical work and preparation of the article, read and approved the final version before publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The research was carried out as part of a dissertation research at the authors' own expense.

For citation: *Kulikovich DB, Vlasova NG. Statistical analysis of factors contributing to the formation of the external radiation dose. Health and Ecology Issues. 2022;19(3):99–105. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-3-14>*

Введение

Корректная оценка и прогноз доз облучения населения являются одной из наиболее актуальных и сложных проблем радиационной медицины, радиационной эпидемиологии.

В существующих моделях для оценки доз облучения населения используются параметры основных дозообразующих факторов, которые представлены в виде констант, полученных процедурой усреднения [1–4], например, коэффициент связи между дозой внешнего облучения и плотностью загрязнения территории. Полученные эмпирическим путем эти параметры имеют большой разброс, так как усредняют широкий спектр факторов, формирующих дозу облучения, встречающихся в реальной жизни [5].

Учитывая, что условия, преобразующие дозоформирующие (природные, социально-демографические, экономические), от пункта к пункту могут существенно варьировать, следовательно, будут различаться и дозы облучения [6–8]. Поэтому нужен дифференцированный подход к оценке дозы внешнего облучения.

Корректная оценка дозы внешнего облучения может быть выполнена, если имеется достаточная информация инструментальных измерений, полученная по результатам индивидуального дозиметрического контроля (ИДК), но на практике такой информации недостаточно, особенно по данным ИДК. В таких случаях при недостатке инструментально полученных дозиметрических данных, с чем постоянно приходится сталкиваться, существующие методики оценки доз основаны на применении эмпирических констант, что, во-первых, приводит к большой неопределенности оценок, при этом ошибки в оценках доз могут достигать 300 % и более, что, в свою очередь, не позволяет использовать эти методы [9, 10]. Во-вторых, эти модели позволяют оценить средние по населенным пунктам (НП) дозы, а для корректной оценки необходимо оценивать распределение в целом и индивидуальные или усредненные для определенных групп дозы облучения [11–14]. В-третьих, эти модели используют только прямые факторы (уровни загрязнения), а в отсутствие последних не работают [15].

В этой ситуации и возникает необходимость разработки методических подходов корректного прогнозирования доз внешнего облучения в условиях недостатка дозиметрической информации.

Цель исследования

Выявить факторы, оказывающие влияние на формирование дозы внешнего облучения у лиц, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях, что в дальнейшем позволит разработать соответствующую методику расчета с учетом всех социальных и демографических особенностей индивида.

Материалы и методы

В исследовании были использованы данные индивидуального дозиметрического контроля жителей Гомельской области, полученные методом термолюминесцентной дозиметрии (ТЛД) сотрудниками Гомельского областного центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, а также сотрудниками ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства за период 1988–1992 гг.

Всего было обследовано методом ТЛД 25503 жителя из 289 НП Гомельской области.

Для установления статистически значимых различий в формировании дозы внешнего облучения инструментальные данные ИДК по всем НП были объединены в одну выборку, но для корректности исследования индивидуальные дозы внешнего облучения жителей, обследованных НП, были пронормированы на плотность загрязнения ^{137}Cs каждого НП соответствующего временного периода.

Сравнение групп осуществляли методом однофакторного дисперсионного анализа с последующим апостериорным попарным сравнением при помощи критерия Ньюмана — Кейлса. Различия между группами считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием MS Excel и программного пакета для статистического анализа «Statistica», 12.0.

Результаты и обсуждение

Для выявления факторов, оказывающих влияние на формирование индивидуальной дозы внешнего облучения, был проведен анализ результатов измерений ТЛД обследованных лиц в период 1988–1992 гг. Выбор такого временного периода обоснован тем, что значения доз внешнего облучения были существенными, что позволяет исследовать закономерности формирования доз внешнего облучения у лиц, проживающих на загрязненной радионуклидами территории.

Анализ гендерной структуры демонстрирует, что количество обследованных женщин составляет 51 % (13074 человека), мужчин — 49 % (12429 человек). Статистический анализ сравнения средних значений нормированной средней годовой дозы внешнего облучения между мужчинами и женщинами (рисунок 1) показал, что у мужчин доза значимо выше ($7,47 \pm 0,04$), чем у женщин ($6,92 \pm 0,04$) на 7,5 % ($F = 79,84$; $p < 0,05$), и можно предполагать, что половая принадлежность влияет на формирование дозы внешнего облучения.

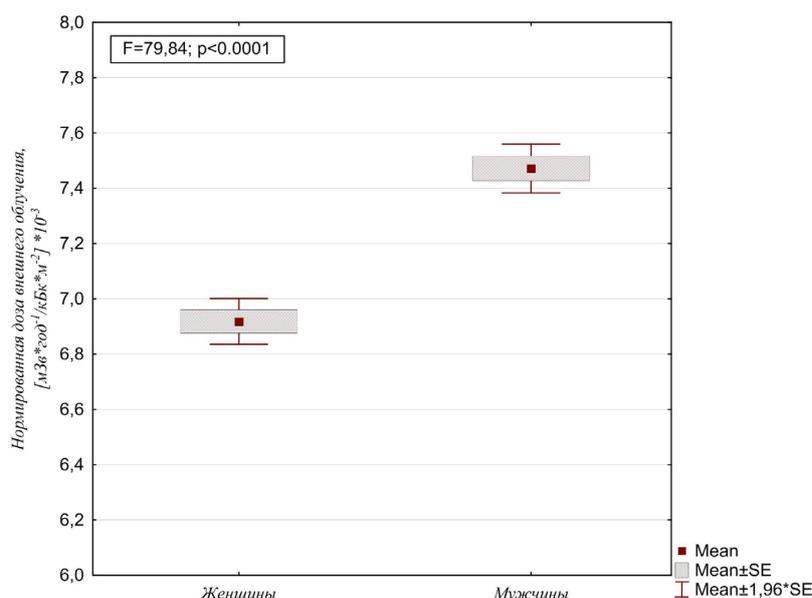


Рисунок 1. Результат сравнения доз между мужчинами и женщинами
Figure 1. Result of the dose comparison between men and women

Следующим этапом исследования было проведение анализа зависимости дозы внешнего облучения от возраста путем определения возрастных групп среди мужчин и женщин, в которых наблюдаются статистически значимые различия.

В результате проведенного анализа было выявлено 9 половозрастных групп ($F = 57,83$; $p < 0,05$).

Методом однофакторного дисперсионного анализа среди мужчин было выявлено 5 возрастных групп (таблица 1), в которых наблюдаются статистически значимые различия средних значений дозы внешнего облучения ($F = 43,51$; $p < 0,05$; апостериорные сравнения показали статистическую значимость различий в группах мужчин). На рисунке 2 представлены выявленные возрастные группы мужчин.

Таблица 1. Значения нормированной дозы внешнего облучения в возрастных группах мужчин
Table 1. Values of the normalized external radiation dose in the age groups of men

Группа	Возраст	Нормированная средняя годовая доза внешнего облучения, [мЗв·год ⁻¹ /кБк·м ⁻²] × 10 ⁻³	Результаты апостериорного сравнения групп (p-value)				
			I	II	III	IV	V
I	< 18 лет	6,19 ± 0,12					
II	от 18 до 35 лет	7,48 ± 0,09	p < 0,001				
III	от 36 до 54 лет	7,78 ± 0,08	p < 0,001	p = 0,042			
IV	от 55 до 62 лет	8,09 ± 0,10	p < 0,001	p < 0,001	p = 0,041		
V	≥ 63 лет	6,97 ± 0,11	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	

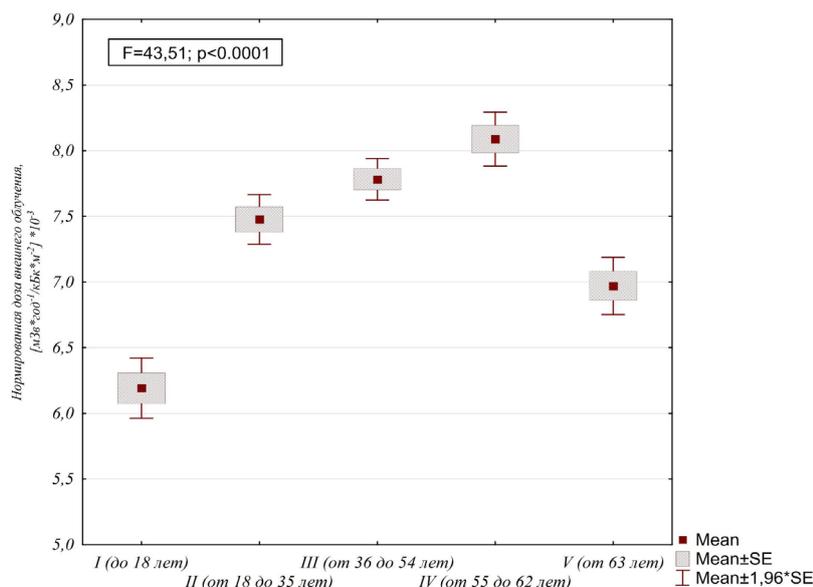


Рисунок 2. Выявленные возрастные группы мужчин
Figure 2. Identified age groups of men

Аналогично, методом однофакторного дисперсионного анализа среди женщин было выявлено 4 возрастные группы (таблица 2) (F = 49,58; p < 0,05), которые представлены на рисунке 3.

Таблица 2. Значения нормированной дозы внешнего облучения в возрастных группах женщин
Table 2. Values of the normalized external radiation dose in the age groups of women

Группа	Возраст	Нормированная средняя годовая доза внешнего облучения, [мЗв*год⁻¹/кБк*м⁻²] × 10⁻³	Результаты апостериорного сравнения групп (p-value)			
			I	II	III	IV
I	< 18 лет	6,09 ± 0,12				
II	от 18 до 40 лет	6,74 ± 0,05	p < 0,001			
III	от 41 до 54 лет	7,72 ± 0,09	p < 0,001	p < 0,001		
IV	≥ 55 лет	6,83 ± 0,03	p < 0,001	p = 0,044	p < 0,001	

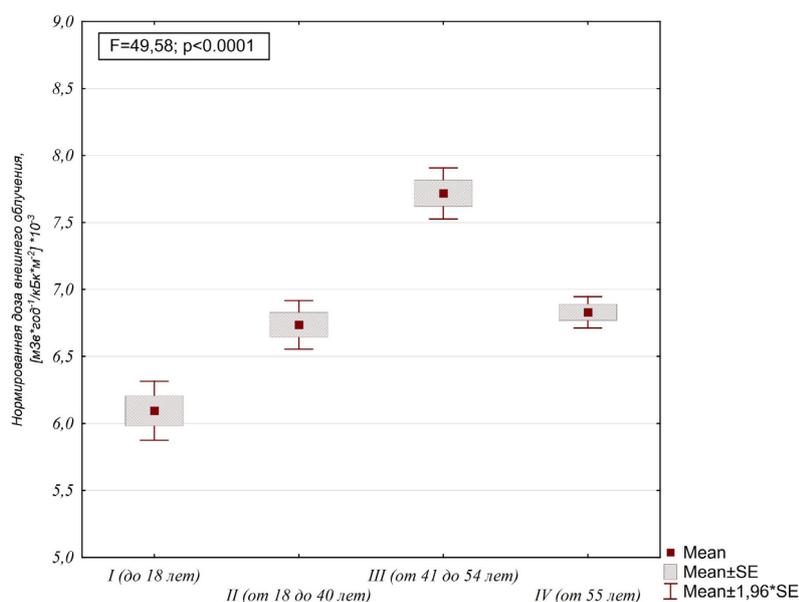


Рисунок 3. Выявленные возрастные группы женщин
Figure 3. Identified age groups of women

По результатам исследования половозрастных групп было установлено, что у юношей и девушек в возрасте до 18 лет средние значения дозы внешнего облучения не различаются ($F = 0,36$; $p = 0,55$): у юношей данный показатель выше лишь на 2 % относительно девушек. Такие же незначительные различия наблюдаются и в группах мужчин и женщин среднего возраста: у мужчин среднее значение дозы внешнего облучения выше лишь на 5 % ($F = 11,44$; $p = 0,03$). Но у мужчин молодого возраста значение дозы внешнего облучения выше на 11 %, чем у женщин этой же возрастной группы ($F = 42,74$; $p < 0,001$), также у мужчин пожилого возраста значение дозы внешнего облучения выше почти на 10 %, чем у женщин данной группы ($F = 32,84$; $p < 0,001$). Полученные результаты дают право предполагать, что возрастной фактор также оказывает влияние на формирование дозы внешнего облучения.

На следующем этапе исследования был проведен анализ рода деятельности всех обследованных лиц, проживающих на территории Гомельской области. В исследуемой базе дан-

ных ИДК у каждого обследованного указан код профессии, соответствующий виду профессиональной занятости или роду практической деятельности в социуме: дети дошкольного возраста (1), школьники младших классов (2), школьники старших классов (3), инвалиды и пенсионеры по инвалидности (11), пенсионеры по возрасту (12), безработные и домохозяйки (13), студенты (5), служащие (10), военнослужащие (17), медицинские работники (18), водители и механизаторы (6), животноводы (7), работники сельского хозяйства (8), рабочие (9), полеводы (15), работники лесхозов (16).

С помощью метода однофакторного дисперсионного анализа всех 16 видов профессиональной занятости, имеющих в базе данных ИДК, некоторые профессии были объединены, так как между ними не наблюдались статистически значимые различия. В итоге были выявлены 6 групп (таблица 3) ($F = 122,13$; $p < 0,05$; апостериорные сравнения показали значимость различий между группами, $p < 0,05$).

Таблица 3. Выявленные группы обследованных по типу занятости

Table 3. Identified groups of the examined individuals by the type of employment

Группа	Объединенные типы занятости, (код профессии)	Нормированная доза внешнего облучения, ($[мЗв \cdot год^{-1}/кБк \cdot м^{-2}] \times 10^{-3}$)	Результаты апостериорного сравнения групп					
			(p-value)					
			I	II	III	IV	V	VI
I	1, 2, 3	6,14±0,08						
II	11, 12, 13	6,71 ± 0,05	$p < 0,001$					
III	5, 10, 17, 18	6,84 ± 0,07	$p < 0,001$	$p = 0,044$				
IV	6, 7, 8, 9	7,63 ± 0,04	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$			
V	15	8,35 ± 0,16	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$		
VI	16	10,83± 0,34	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	

Как видно из анализа рода деятельности всех обследованных лиц из базы данных ИДК, наблюдается широкий разброс доз внешнего облучения (рисунок 4) и очевидно, что у лиц, которые длительное время в силу особенностей практической деятельности находятся на открытом воздухе, например работники лесхозов, значение дозы внешнего облучения в среднем на 32 % ($F = 378,41$; $p < 0,05$) фактически выше, чем у лиц, которые занимаются трудовой деятельностью в экранированных помещениях и зданиях. Полученный результат исследования дает возможность предположить, что профессиональная занятость также оказывает влияние на формирование дозы внешнего облучения.

Заключение

В результате проведенного исследования были выявлены факторы, оказывающие влияние на формирование дозы внешнего облучения у лиц, проживающих на загрязненной радионуклидами территории. В первую очередь были выявлены и определены половозрастные группы мужчин ($F = 43,51$, $p < 0,05$) и женщин ($F = 49,58$, $p < 0,05$), статистически значимо различающиеся по среднему значению дозы внешнего облучения с учетом пола и возраста обследованных ($F = 57,83$, $p < 0,05$). Также были выявлены и сформированы основные группы объединенных профессий (по типу занятости населения), которые статистически обоснованно оказывают влияние на формирование дозы внешнего облучения ($F = 122,13$, $p < 0,05$).

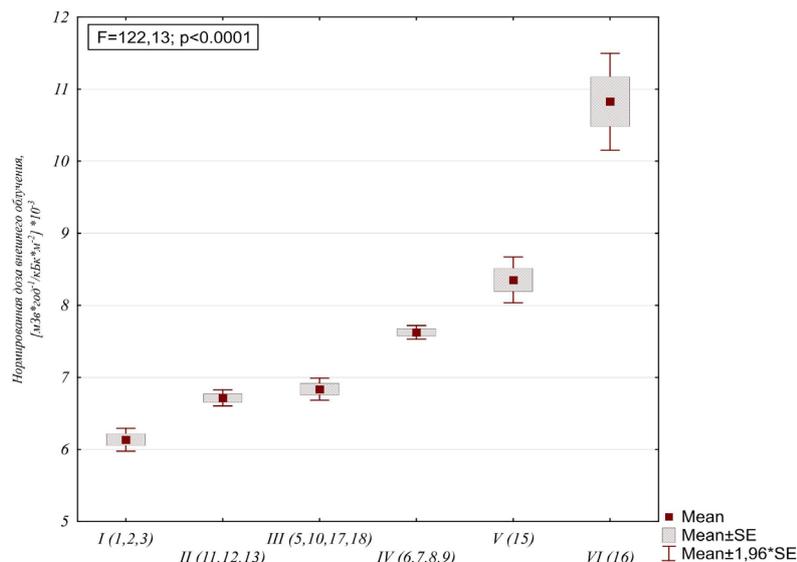


Рисунок 4. Выявленные группы по типу занятости среди всех обследованных
Figure 4. Identified groups by the type of employment among all examined individuals

Список литературы

- Muller H. Ecosys-87: A Dynamic Model for Assessing Radiological Consequences of Nuclear Accidents. *Health Physics*. 1993 March;64(3):232-252. DOI: <https://doi.org/10.1097/00004032-199303000-00002>
- Shubayr N, Alashban Y, Al-Shehri S, Almurayshid M. Assessment of external occupational dose of phosphate mine workers in Saudi Arabia using thermoluminescent dosimeters. *Radiat Prot Dosimetry*. 2021 November; 196(3-4):220-225. DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncab150>
- Wang F, Yang HY, Wang J, Wu JL. Analysis on monitoring results of individual dose of occupational external radiation among radiation workers in Lanzhou in 2019. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2021 May 20;39(5):379-382. (Chinese). DOI: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121094-20200528-00298>
- Kudryashev VA, Kim DS. Determination of the total effective dose of external and internal exposure by different ionizing radiation sources. *Radiat Prot Dosimetry*. 2019 Dec 31;187(1):129-137. DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncz170>
- Nomura S, Oikawa T, Tsubokura M. Low dose from external radiation among returning residents to the former evacuation zone in Minamisoma City, Fukushima Prefecture. *J Radiol Prot*. 2019 Jun;39(2):548-563. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ab0f87>
- Mori A, Takahara S, Yoshida H, Sanada Y, Munakata M. Development of an External Radiation Dose Estimation Model for Children Returning to Their Homes in Areas Affected by the Fukushima Nuclear Accident. *Health Phys*. 2019 Dec;117(6):606-617. DOI: <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001100>
- Ramzaev V, Bernhardsson C, Dvornik A, Barkovsky A, Vodovatov A, Jönsson M, Gaponenko S. Calculation of the effective external dose rate to a person staying in the resettlement zone of the Vetka district of the Gomel region of Belarus based on in situ and ex situ assessments in 2016-2018. *J Environ Radioact*. 2020 Apr;214-215:106168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106168>
- Jönsson M, Tondel M, Isaksson M, Finck R, Wälinder R, Mamour A, Rääf C. Modelling the external radiation exposure from the Chernobyl fallout using data from the Swedish municipality measurement system. *J Environ Radioact*. 2017 Nov;178-179:16-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.07.003>
- Nomura S, Murakami M, Naito W, Yasutaka T, Sawano T, Tsubokura M. Low dose of external exposure among returnees to former evacuation areas: a cross-sectional all-municipality joint study following the 2011 Fukushima Daiichi nuclear power plant incident. *J Radiol Prot*. 2020 Mar;40(1):1-18. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ab49ba>
- Yeom YS, Han H, Choi C, Shin B, Kim CH, Lee C. Dose coefficients of percentile-specific computational phantoms for photon external exposures. *Radiat Environ Biophys*. 2020 Mar;59(1):151-160. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00411-019-00818-w>
- Petoussi-Hens N, Satoh D, Endo A, Eckerman KF, Bolch WE, Hunt J, Jansen JTM, Kim CH, Lee C, Saito K, Schlattl H, Yeom YS, Yoo SJ. ICRP Publication 144: Dose Coefficients for External Exposures to Environmental Sources. *Ann ICRP*. 2020 Oct;49(2):11-145. DOI: <https://doi.org/10.1177/0146645320906277>
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4). [дата обращения 2022 май 23]. Режим доступа: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>
- ICRP, 2006. Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of the Radiation Protection of the Public. Ann. ICRP. ICRP Publication 101a. 2006;36(3). [дата обращения 2022 май 23]. Режим доступа: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_36_3
- Метод оценки средних годовых эффективных доз облучения населения. Инструкция по применению: утв. Министерством здравоохранения Республики Беларусь 06.12.2019 г., № 117-0919. Гомель, 2019. 11 с.
- Власова НГ. Оценка средней годовой эффективной дозы внешнего облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь для зонирования территории. *Медико-биологические проблемы жизнедеятельности*. 2018;2(20):25-30. [дата обращения 2022 май 23]. Режим доступа: https://mbp.rcrm.by/1_20/vlasova.pdf

References

- Muller H. Ecosys-87: A Dynamic Model for Assessing Radiological Consequences of Nuclear Accidents. *Health Physics*. 1993 March;64(3):232-252.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00004032-199303000-00002>
- Shubayr N, Alashban Y, Al-Shehri S, Almurayshid M. Assessment of external occupational dose of phosphate mine workers in Saudi Arabia using thermoluminescent dosimeters. *Radiat Prot Dosimetry*. 2021 November; 196(3-4):220-225.
DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncab150>
- Wang F, Yang HY, Wang J, Wu JL. Analysis on monitoring results of individual dose of occupational external radiation among radiation workers in Lanzhou in 2019. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2021 May 20;39(5):379-382. (Chinese).
DOI: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121094-20200528-00298>
- Kudryashev VA, Kim DS. Determination of the total effective dose of external and internal exposure by different ionizing radiation sources. *Radiat Prot Dosimetry*. 2019 Dec 31;187(1):129-137.
DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncz170>
- Nomura S, Oikawa T, Tsubokura M. Low dose from external radiation among returning residents to the former evacuation zone in Minamisoma City, Fukushima Prefecture. *J Radiol Prot*. 2019 Jun;39(2):548-563.
DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ab0f87>
- Mori A, Takahara S, Yoshida H, Sanada Y, Munakata M. Development of an External Radiation Dose Estimation Model for Children Returning to Their Homes in Areas Affected by the Fukushima Nuclear Accident. *Health Phys*. 2019 Dec;117(6):606-617.
DOI: <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001100>
- Ramzaev V, Bernhardsson C, Dvornik A, Barkovsky A, Vodovatov A, Jönsson M, Gaponenko S. Calculation of the effective external dose rate to a person staying in the resettlement zone of the Vetka district of the Gomel region of Belarus based on in situ and ex situ assessments in 2016-2018. *J Environ Radioact*. 2020 Apr;214-215:106168.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106168>
- Jönsson M, Tondel M, Isaksson M, Finck R, Wälinder R, Mamour A, Rääf C. Modelling the external radiation exposure from the Chernobyl fallout using data from the Swedish municipality measurement system. *J Environ Radioact*. 2017 Nov;178-179:16-27.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.07.003>
- Nomura S, Murakami M, Naito W, Yasutaka T, Sawano T, Tsubokura M. Low dose of external exposure among returnees to former evacuation areas: a cross-sectional all-municipality joint study following the 2011 Fukushima Daiichi nuclear power plant incident. *J Radiol Prot*. 2020 Mar;40(1):1-18.
DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ab49ba>
- Yeom YS, Han H, Choi C, Shin B, Kim CH, Lee C. Dose coefficients of percentile-specific computational phantoms for photon external exposures. *Radiat Environ Biophys*. 2020 Mar;59(1):151-160.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00411-019-00818-w>
- Petoussi-Hens N, Satoh D, Endo A, Eckerman KF, Bolch WE, Hunt J, Jansen JTM, Kim CH, Lee C, Saito K, Schlattl H, Yeom YS, Yoo SJ. ICRP Publication 144: Dose Coefficients for External Exposures to Environmental Sources. *Ann ICRP*. 2020 Oct;49(2):11-145.
DOI: <https://doi.org/10.1177/0146645320906277>
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37 (2-4). [date of access 2022 May 23]. Available from: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>
- ICRP, 2006. Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of the Radiation Protection of the Public. *Ann. ICRP*. ICRP Publication 101a. 2006;36 (3). [date of access 2022 May 23]. Available from: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_36_3
- Method for estimating the average annual effective doses of exposure to the population. Instructions for use: approved. Ministry of Health of the Republic of Belarus 06.12.2019, No. 117-0919. Gomel; 2019. 11 p. (in Russ.).
- Vlasova NG. Assessment of the average annual effective dose of external exposure of residents of settlements of the Republic of Belarus for zoning the territory. *Biomedical problems of life*. 2018;2(20):25-30. [date of access 2022 May 23]. Available from: https://mbp.rcrm.by/1_20/vlasova.pdf (in Russ.).

Информация об авторах / Information about the authors

Куликович Дмитрий Борисович, старший преподаватель кафедры медицинской и биологической физики, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6063-6225>

e-mail: dimaproud@mail.ru

Власова Наталья Генриховна, д.б.н., профессор; заведующий лабораторией радиационной защиты, ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека»; профессор кафедры экологической и профилактической медицины, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7805-8822>

e-mail: natalie_vlasova@mail.ru

Dmitry B. Kulikovich, Senior Lecturer at the Department of Medical and Biological Physics, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6063-6225>

e-mail: dimaproud@mail.ru

Natalie G. Vlasova, DBioSc, Professor, Head of the Department of the Radiation Protection Laboratory, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology; Professor at the Department of Environmental and Preventive Medicine, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7805-8822>

e-mail: natalie_vlasova@mail.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Куликович Дмитрий Борисович

e-mail: dimaproud@mail.ru

Dmitry B. Kulikovich

e-mail: dimaproud@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 23.05.2022

Поступила после рецензирования / Accepted 23.06.2022

Принята к публикации / Revised 18.08.2022