

УДК 614.876.06:621.039.58

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-1-15>



Выявление однородных по дозе внешнего облучения групп жителей загрязненных территорий по совокупности информативных фактор-признаков

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. На основе установленных нами ранее закономерностей выявить профессионально и социально ориентированные однородные по дозе внешнего облучения группы жителей, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях, по совокупности информативных фактор-признаков.

Материалы и методы. Проведенное исследование является продолжением изучения факторов, оказывающих влияние на формирование дозы внешнего облучения у лиц, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях, в которое были включены данные о дозах внешнего облучения 25503 жителей Гомельской области, проживающих в 289 населенных пунктах, полученные методом индивидуального дозиметрического контроля, и выявленные ранее факторы, статистически обоснованно обуславливающие формирование дозы внешнего облучения.

Результаты. Анализ доз внешнего облучения жителей Гомельской области по совокупности информативных фактор-признаков показал, что наблюдается широкий разброс доз у лиц различных социальных сфер, что позволило сформировать профессионально и социально ориентированные однородные по дозе внешнего облучения группы с учетом выявленных ранее дозоформирующих факторов. Полученные результаты исследования статистически обоснованно показывают, что информативные фактор-признаки: профессиональная занятость, возраст и гендерная принадлежность в совокупности оказывают влияние на формирование индивидуальной дозы внешнего облучения.

Заключение. Сформированы профессиональные однородные по дозе внешнего облучения группы различных социальных сфер по совокупности информативных фактор-признаков, обуславливающих ее формирование у лиц, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях, что в дальнейшем станет основой для разработки метода реконструкции и прогноза индивидуализированной дозы внешнего облучения.

Ключевые слова: доза внешнего облучения, индивидуальный дозиметрический контроль, информативные фактор-признаки, группа профессиональной занятости

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную 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. Выявление однородных по дозе внешнего облучения групп жителей загрязненных территорий по совокупности информативных фактор-признаков. Проблемы здоровья и экологии. 2023;20(1):123–130. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-1-15>

Identification of groups of residents in contaminated territories homogeneous in the external exposure dose by a set of informative factors-signs

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. On the basis of the regularities established earlier, to identify professionally and socially oriented, homogeneous by external exposure dose, groups of residents living in the contaminated with radionuclides territories according to the set of informative factor-signs.

© Д. Б. Куликович, Н. Г. Власова, 2023

Materials and methods. The present study is a continuation of the research of factors influencing external radiation dose formation in individuals living in areas contaminated with radionuclides. The data on external radiation doses for 25503 residents of Gomel region living in 289 settlements obtained by individual dosimetric control and the previously identified factors which statistically justify the external radiation dose formation were included in the study.

Results. Analysis of external exposure doses of Gomel region residents according to the set of informative factor-signs revealed that there is a wide dispersion of doses among different social groups which allowed to form professionally and socially oriented homogeneous groups according to external exposure dose taking into account dose forming factors revealed earlier. The results of the study statistically demonstrate that informative factor-signs: professional employment, age and gender affiliation together influence individual external exposure dose formation.

Conclusion. Professional homogeneous groups of different social groups were formed based on a set of informative factor-signs which determine its formation in individuals living in areas contaminated with radionuclides. This will become the basis for developing the method of reconstruction and prognosis of individualized external exposure dose in the future.

Keywords: *external exposure dose; individual dosimetric control; informative factor-signs; occupational group*

Author contributions. All 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 interests. Authors declare no conflict of interest.

Funding. The research was carried out as part of a dissertation research at our own expense.

For citation: *Kulikovich DB, Vlasova NG. Identification of groups of residents in contaminated territories homogeneous in the external exposure dose by a set of informative factors-signs. Health and Ecology Issues. 2023;20(1):123–130. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-1-15>*

Введение

Для проведения радиационно-эпидемиологических исследований по установлению зависимости «доза-эффект» необходимо знание индивидуальных накопленных с момента аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) доз облучения, которое делает исследование актуальным.

Более надежная информация о дозах внешнего облучения населения может быть получена на основе данных индивидуального дозиметрического контроля (ИДК), однако применение этого метода на всей территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению, является довольно сложной задачей, требующей значительных финансовых, физических и временных затрат [1, 2, 3]. Как следствие, существующие базы данных дозиметрической информации носят ограниченный характер, а их непосредственное использование для решения указанной задачи вызывает затруднения.

В результате возникает необходимость разработки метода оценки и прогноза индивидуализированной дозы внешнего облучения у лиц, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях вследствие аварии на ЧАЭС, который будет учитывать гендерно-возрастные и социальные особенности формирования дозы внешнего облучения у индивида, так как для индивидуализации дозы внешнего облучения существующие методики нуждаются в корректировке, поскольку они не учитывают в полной мере информативные факторы [4, 5, 6, 7, 8].

Ведущим фактором дозоформирования является сам человек: его личностные характери-

стики, половая принадлежность, возраст, сфера занятости, уровень образования, который непосредственно определяет его поведение в социуме, и таким образом, доза внешнего облучения зависит не только от плотности загрязнения радионуклидами территории проживания и жизнедеятельности индивида, но и от его социально обусловленного поведения [9, 10, 11, 12, 13].

Задача исследования — более детальный анализ ранее выявленных нами факторов [14], оказывающих влияние на формирование доз внешнего облучения у лиц, проживающих на загрязненных территориях, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на ЧАЭС, который, в свою очередь, позволит сформировать однородные (по дозе внешнего облучения) группы по совокупности информативных фактор-признаков.

Цель исследования

На основе установленных нами ранее закономерностей выявить профессионально и социально ориентированные однородные по дозе внешнего облучения группы жителей, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях, по совокупности информативных фактор-признаков.

Материалы и методы

Проведенное исследование является продолжением изучения факторов, оказывающих влияние на формирование дозы внешнего облучения у лиц, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях, в которое были вклю-

чены данные о дозах внешнего облучения 25503 жителей Гомельской области (мужчин — 13074 (51 %), женщин — 12429 (49 %)), проживающих в 289 населенных пунктах, полученные методом индивидуального дозиметрического контроля 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.

В соответствии с источником [14] в наше исследование были также включены выявленные ранее факторы, которые статистически обоснованно оказывают влияние на формирование дозы внешнего облучения:

1) **Гендерная принадлежность индивида.** У мужчин доза внешнего облучения значимо выше, чем у женщин ($F = 79,84$; $p < 0,05$).

2) **Возраст индивида.** Возрастные группы были сформированы по интервальной шкале, которая базируется на общепринятой классификации Всемирной организации здравоохранения, анализ которых позволил выявить 5 возрастных групп у мужчин ($F = 43,51$; $p < 0,05$) и 4 — у женщин ($F = 49,58$; $p < 0,05$).

3) **Профессиональная занятость индивида.** Был проведен анализ рода практической деятельности всех обследованных лиц, который позволил сформировать 6 групп объединенных профессий ($F = 122,13$; $p < 0,05$). Применяемая в исследовании структура профессиональной занятости представлена в таблице 1.

Таблица 1. Структура профессиональной занятости
Table 1. The Structure of employment

Группа	Код	Тип профессиональной занятости	Нормированная доза внешнего облучения ([мЗв·год ⁻¹ /кБк·м ⁻²] · 10 ³)
I*	01	Дети дошкольного возраста	5,28 ± 0,68
	02	Дети (школьники младших классов)	6,78 ± 0,33
	03	Дети (школьники старших классов)	6,08 ± 0,08
II*	11	Инвалиды и пенсионеры по инвалидности	7,75 ± 0,51
	12	Пенсионеры по возрасту	6,69 ± 0,06
	13	Безработные, домохозяйки	6,83 ± 0,28
III*	05	Студенты	6,41 ± 0,26
	10	Служащие	6,84 ± 0,09
	17	Военнослужащие	7,22 ± 0,33
	18	Медицинские работники	7,00 ± 0,25
IV*	06	Водители и механизаторы	7,65 ± 0,09
	07	Животноводы	7,78 ± 0,08
	08	Работники сельского хозяйства	7,46 ± 0,13
	09	Рабочие	7,51 ± 0,09
V*	15	Полеводы	8,35 ± 0,16
VI*	16	Работники лесхозов	10,83 ± 0,34

* Значимые различия между группами ($p < 0,05$ при апостериорных сравнениях)

Сравнение групп осуществляли методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) (F ; p) [15]. Различия между группами считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Обработка данных проводилась методами прикладной статистики с использованием MS Excel и программного пакета для статистического анализа «Statistica», 12.0. (StatSoft, USA).

Результаты и обсуждение

Для формирования профессиональных групп по совокупности информативных фак-

тор-признаков был проведен структурный анализ выявленных ранее 6 групп объединенных профессий (таблица 1), который выполнялся пошаговым включением гендерной и возрастной структуры обследованных лиц.

Методом ANOVA в выявленных ранее группах объединенных профессий было установлено, что между юношами и девушками I группы и между мужчинами и женщинами VI группы различий в средних значениях годовой дозы внешнего облучения нет ($F = 0,14$; $p > 0,05$ и $F = 0,32$; $p > 0,05$ соответственно).

Аналогично был проведен анализ гендерной структуры в остальных группах, который показал, что в каждой из них наблюдаются различия средних значений доз внешнего облучения (II группа — $F = 6,17$, $p < 0,05$; III группа — $F = 20,37$, $p < 0,05$; IV группа — $F = 6,86$, $p < 0,05$; V группа — $F = 4,84$, $p < 0,05$).

По результатам анализа было сформировано 10 групп профессиональной занятости обсле-

дованных жителей Гомельской области, проживающих на территориях 289 населенных пунктов, учитывающих их гендерную принадлежность ($F = 72,10$; $p < 0,05$). Выявленная структура представлена в таблице 2 и наглядно продемонстрирована на рисунке 1.

Таблица 2. Структура групп профессиональной занятости по гендерному признаку
Table 2. The structure of employment groups by gender

Группа	Гендерный признак (объединенные типы занятости (код профессии))	Нормированная доза внешнего облучения ([мЗв·год ⁻¹ /кБк·м ⁻²] · 10 ³)	p-value
I	Дети, юноши и девушки (дошкольного возраста (1), школьники младших классов (2), школьники старших классов (3))	6,14 ± 0,08	p = 0,704
II (b)	Женщины (инвалиды и пенсионеры по инвалидности (11); пенсионеры по возрасту (12); безработные, домохозяйки (13))	7,45 ± 0,07	p = 0,013
II (a)	Мужчины (инвалиды и пенсионеры по инвалидности (11); пенсионеры по возрасту (12); безработные, домохозяйки (13))	7,72 ± 0,06	
III (b)	Женщины (студенты (5); служащие (10); военнослужащие (17); медицинские работники (18))	6,55 ± 0,09	p < 0,001
III (a)	Мужчины (студенты (5); служащие (10); военнослужащие (17); медицинские работники (18))	7,28 ± 0,13	
IV (b)	Женщины (водители и механизаторы (6); животноводы (7); работники сельского хозяйства (8); рабочие (9))	6,61 ± 0,06	p = 0,009
IV (a)	Мужчины (водители и механизаторы (6); животноводы (7); работники сельского хозяйства (8); рабочие (9))	6,92 ± 0,11	
V (a)	Мужчины (полеводы (15))	7,87±0,23	p = 0,028
V (b)	Женщины (полеводы (15))	8,62 ± 0,22	
VI	Мужчины и женщины (работники лесхозов (16))	10,83 ± 0,34	p = 0,568

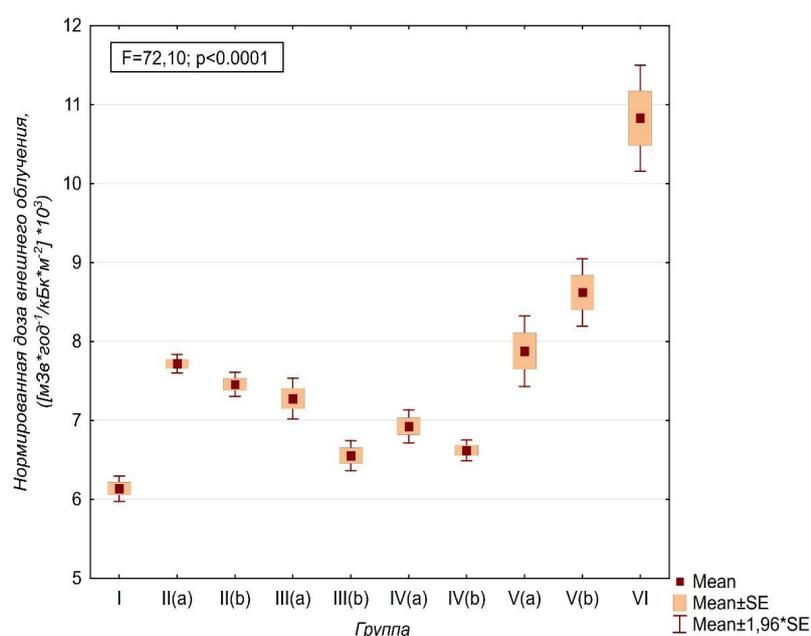


Рисунок 1. Сформированные группы объединенных профессий с учетом гендерной принадлежности
Figure 1. Formed groups of combined occupations by gender affiliation

Следующим этапом исследования был анализ зависимости дозы внешнего облучения от возраста в сформированных группах обследованных лиц по гендерному признаку, учитывающих социальный фактор, методом ANOVA.

В I группу были включены все обследованные дети в возрасте до 18 лет ввиду отсутствия различий в средних значениях дозы внешнего облучения ($F = 2,29$; $p > 0,05$).

Анализ II группы показал, что у обследованных женщин не наблюдаются различия средних значений дозы внешнего облучения по всей интервальной возрастной шкале ($F = 0,28$; $p > 0,05$). Все обследованные женщины были включены в одну подгруппу II (b), напротив, у мужчин было выделено две подгруппы II (a_1) и II (a_2)), в которых средние значения дозы статистически значимо различаются ($F = 8,43$; $p < 0,05$), что позволило из данной группы выявить 3 профессионально ориентированные группы, учитывающая возраст обследованных.

Третья (III) группа была классифицирована на 2 социально ориентированные группы по гендерному признаку, поскольку в данной группе у обследованных лиц не наблюдались различия средних значений доз внешнего облучения по интервальной возрастной шкале ($F = 1,97$; $p > 0,05$ — для группы мужчин III (a) и $F = 1,48$; $p > 0,05$ — для группы женщин III (b) соответственно).

Проведенный анализ в IV и V группах показал значимые различия в средних значениях доз внешнего облучения как по гендерному, так и по возрастному признаку, что позволило выявить по 4 профессионально ориентированные группы из исследуемых, в которых в полной мере учтены вышеперечисленные факторы: $F = 4,36$; $p < 0,05$ — для IV (a_1) и IV (a_2) групп; $F = 20,71$; $p < 0,05$ — для IV (b_1) и IV (b_2); $F = 8,43$; $p < 0,05$ — для групп V (a_1) и V (a_2); $F = 6,29$; $p < 0,05$ — для групп V (b_1) и V (b_2) соответственно.

Анализ VI группы по совокупности информативных фактор-признаков позволил выявить 2 социально ориентированные группы ($F = 12,12$; $p < 0,05$), в которых наблюдались статистически значимые различия средних значений доз внешнего облучения. В группу VI (c) вошли исключительно мужчины среднего возраста, а группа VI (a) была сформирована из оставшихся обследованных лиц, в которую вошли женщины всех возрастов, мужчины молодого и пожилого возраста.

В результате проведенного анализа было сформировано 16 профессионально и социально ориентированных групп (таблица 3) по совокупности информативных фактор-признаков ($F = 47,99$; $p < 0,05$), в которых наблюдаются различия средних значений индивидуальных доз внешнего облучения.

Таблица 3. Структура групп обследованных лиц по совокупности информативных фактор-признаков

Table 3. The structure of examined individuals by a set of informative of factor-signs

Код группы	Описание группы		Нормированная средняя годовая доза внешнего облучения ([мЗв·год ⁻¹ /кБк·м ²] · 10 ³)	p-value в сформированных подгруппах
	тип занятости	гендерные особенности и возраст		
I	Дети	Юноши и девушки в возрасте до 18 лет	6,14 ± 0,08	p = 0,101
II (b)	Инвалиды и пенсионеры по инвалидности, пенсионеры по возрасту, безработные и домохозяйки	Женщины в возрасте от 18 лет и старше	6,62 ± 0,07	p = 0,750
II (a ₁)		Мужчины в возрасте от 18 до 54 лет; мужчины в возрасте от 63 лет и старше	6,76 ± 0,11	p = 0,040
II (a ₂)		Мужчины в возрасте от 55 до 62 лет	7,52 ± 0,25	
III (b)	Студенты, служащие, военнослужащие и медицинские работники	Женщины в возрасте от 18 лет и старше, которые занимаются трудовой деятельностью	6,57 ± 0,09	p = 0,228
III (a)		Мужчины в возрасте от 18 лет и старше, которые занимаются трудовой деятельностью	7,28 ± 0,13	p = 0,160

Окончание таблицы 3.

End of Table 3.

Код группы	Описание группы		Нормированная средняя годовая доза внешнего облучения ([мЗв·год ⁻¹ /кБк·м ⁻²] · 10 ³)	p-value в сформированных подгруппах
	тип занятости	гендерные особенности и возраст		
IV (b ₁)	Водители и механизаторы, животноводы, работники сельского хозяйства и рабочие	Женщины в возрасте от 18 до 40 лет; женщины в возрасте от 55 лет и старше	7,13 ± 0,10	p < 0,001
IV (b ₂)		Женщины в возрасте от 41 до 54 лет	7,84 ± 0,12	
IV (a ₁)		Мужчины в возрасте от 18 до 54 лет; мужчины в возрасте от 63 лет и старше	7,65 ± 0,12	p = 0,036
IV (a ₂)		Мужчины в возрасте от 55 до 62 лет	7,94 ± 0,07	
V (a ₁)	Полеводы	Мужчины в возрасте от 55 до 62 лет	6,92 ± 0,22	p = 0,008
V (a ₂)		Мужчины в возрасте от 18 до 54 лет; мужчины в возрасте от 63 лет и старше	8,26 ± 0,28	
V (b ₁)		Женщины в возрасте от 18 до 40 лет	7,37 ± 0,48	p = 0,012
V (b ₂)		Женщины в возрасте от 41 года и старше	8,86 ± 0,24	
VI (a)	Работники лесхозов	Мужчины в возрасте от 18 до 35 лет; мужчины в возрасте от 63 лет и старше; женщины в возрасте старше 40 лет	8,62 ± 0,67	p < 0,001
VI (c)		Мужчины в возрасте от 36 до 62 лет	11,46 ± 0,39	

Анализ рода деятельности всех обследованных лиц, учитывая их социальные и демографические особенности, показал, что наблюдается широкий разброс доз внешнего облучения (рисунок 2). Это объясняется спецификой трудовой деятельности индивидов в совокупности с гендерной принадлежностью и возрастом: у лиц, чья практическая деятельность связана с нахождением в большей степени на открытом воздухе, значение дозы внешнего облучения на 30–40 % выше, чем у лиц остальных категорий ($F = 47,99$; $p < 0,05$).

Полученные результаты исследования статистически обоснованно показывают, что информативные фактор-признаки — профессиональная занятость, возраст и гендерная при-

надлежность — в совокупности оказывают влияние на формирование индивидуальной дозы внешнего облучения.

Заключение

Сформированы профессиональные однородные по дозе внешнего облучения группы различных социальных сфер по совокупности информативных фактор-признаков, обуславливающих ее формирование у лиц, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях, что в дальнейшем станет основой для разработки метода реконструкции и прогноза индивидуализированной дозы внешнего облучения.

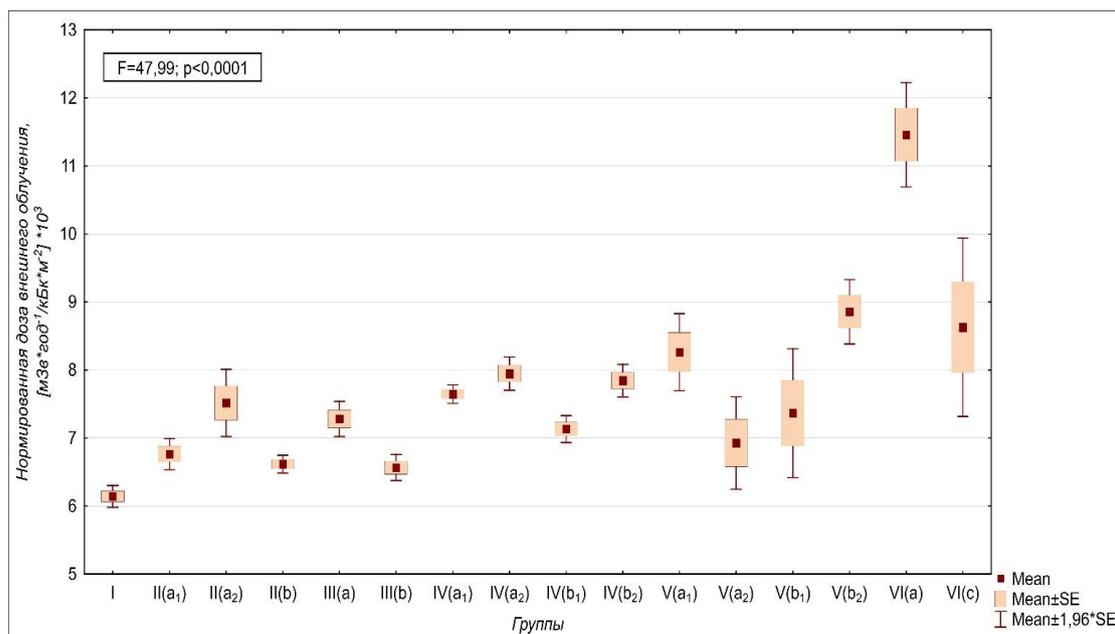


Рисунок 2. Выявленные группы по совокупности информативных фактор-признаков
Figure 2. Identified groups by a set of informative of factor-signs

Список литературы

- 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 сентябрь 16]. Режим доступа: https://www.rcrm.by/upload/science/1_20/vlasova.pdf
- Эвентова ЛН, Аверин ВС, Матарас АН, Висенберг ЮВ. Мониторинг доз внешнего облучения населения Республики Беларусь в отдаленном периоде после аварии на ЧАЭС. *Медико-биологические проблемы жизнедеятельности*. 2017;17(1):100-104. [дата обращения 2022 сентябрь 16]. Режим доступа: <https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2772?show=full>
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann. ICRP*. ICRP Publication 103. 2007;37(2-4). [дата обращения 2022 сентябрь 16]. Режим доступа: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>
- Petoussi-Hens N, Satoh D, Endo A, Eckerman KF, Bolch WE, Hunt J, et al. 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>
- Harrison JD. The mandate and work of ICRP Committee 2 on doses from radiation exposure. *Ann ICRP*. 2018 Oct;47(3-4):9-19. DOI: <https://doi.org/10.1177/0146645318756223>
- Bellamy MB, Veinot KG, Hiller MM, Dewji SA, Eckerman KF, Easterly CE, Hertel NE, Leggett RW. Effective Dose Rate Coefficients for Immersions in Radioactive Air and Water. *Radiat Prot Dosimetry*. 2017 Apr 25;174(2):275-286. DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw103>
- Jönsson M, Tondel M, Isaksson M, Finck R, Wålander R, Mamour A, Råäf 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>
- 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>
- Tzivaki M, Waller E. On the Use of Location and Occupancy Factors for Estimating External Exposure from Deposited Radionuclides. *Health Phys*. 2018 September;115(3):317-323. DOI: <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000000875>
- Golikov VYu, Balonov MI, Jacob P. External Exposure of the Population Living in Areas of Russia Contaminated due to the Chernobyl Accident. *Radiant. Environ. Biophysics*. 2002 September; 41(10):185-193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00411-002-0167-2>
- 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>
- Vlasova NG, Rozhko AV, Visenberg YuV, Drozd EA. Dose Assessment in Population Living on Contaminated Territories at the Remote Period after the Chernobyl Accident International Conference on Global Emergency Preparedness and Response. International Atomic Energy Agency (IAEA). Book of Synopses. IAEA Headquarters, Vienna, Austria, 19-23 October 2015. Ref. No: CN-213. P. 250-255.
- MacDonell MM, Hertzberg RC, Rice GE, Wright JM, Teuschler LK. Characterizing Risk for Cumulative Risk Assessments. *Risk Anal*. 2018 Jun;38(6):1183-1201. DOI: <https://doi.org/10.1111/risa.12933>
- 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>
- Maria J. Blanca, Rafael Alarcon, Jaume Arnau, Roser Bono, Rebecca Bendayan. Non-normal data: Is ANOVA still a valid option? *Psicothema*. 2017 November; 29(4):552-557. DOI: <https://doi.org/10.7334/psicothema2016.383>

References

- 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 September 16]. Available from: https://www.rcrm.by/upload/science/1_20/vlasova.pdf (in Russ.).
- Eventova LN, Averin VS, Mataras AN, Visenberg YuV. Monitoring of doses of external exposure of the population of the Republic of Belarus in the remote period after the Chernobyl accident. *Biomedical problems of life*. 2017;17(1):100-104. [date of access 2022 September 16]. Available from: <https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/2772?show=full> (in Russ.).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann. ICRP*. ICRP Publication 103. 2007;37(2-4). [date of access 2022 September 16]. Available from: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>
- Petoussi-Henss 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>
- Harrison JD. The mandate and work of ICRP Committee 2 on doses from radiation exposure. *Ann ICRP*. 2018 Oct;47(3-4):9-19. DOI: <https://doi.org/10.1177/0146645318756223>
- Bellamy MB, Veinot KG, Hiller MM, Dewji SA, Eckerman KF, Easterly CE, Hertel NE, Leggett RW. Effective Dose Rate Coefficients for Immersions in Radioactive Air and Water. *Radiat Prot Dosimetry*. 2017 Apr 25;174(2):275-286. DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw103>
- Jönsson M, Tondel M, Isaksson M, Finck R, Wålander 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>
- 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>
- Tzivaki M, Waller E. On the Use of Location and Occupancy Factors for Estimating External Exposure from Deposited Radionuclides. *Health Phys*. 2018 September;115(3):317-323. DOI: <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000000875>
- Golikov VYu, Balonov MI, Jacob P. External Exposure of the Population Living in Areas of Russia Contaminated due to the Chernobyl Accident. *Radiant. Environ. Biophysics*. 2002 September; 41(10):185-193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00411-002-0167-2>
- 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>
- Vlasova NG, Rozhko AV, Visenberg YuV, Drozd EA. Dose Assessment in Population Living on Contaminated Territories at the Remote Period after the Chernobyl Accident International Conference on Global Emergency Preparedness and Response. International Atomic Energy Agency (IAEA). Book of Synopses. IAEA Headquarters, Vienna, Austria, 19-23 October 2015. Ref. No: CN-213. P. 250-255.
- MacDonell MM, Hertzberg RC, Rice GE, Wright JM, Teuschler LK. Characterizing Risk for Cumulative Risk Assessments. *Risk Anal*. 2018 Jun;38(6):1183-1201. DOI: <https://doi.org/10.1111/risa.12933>
- 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. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-3-14>
- Maria J. Blanca, Rafael Alarcon, Jaume Arnau, Roser Bono, Rebecca Bendayan. Non-normal data: Is ANOVA still a valid option? *Psicothema*. 2017 November; 29(4):552-557. DOI: <https://doi.org/10.7334/psicothema2016.383>

Информация об авторах / Information about 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
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6063-6225>
e-mail: dimaproud@mail.ru

Natalie G. Vlasova, Doctor of Biological Sciences, 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 at Gomel State Medical University

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 30.10.2022

Поступила после рецензирования / Accepted 09.01.2023

Принята к публикации / Revised 24.02.2023