

УДК 614.876.06:621.039.58

ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ ВСЛЕДСТВИЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА 2021–2025 ГГ.

Л. Н. ЭВЕНТОВА¹⁾, А. Н. МАТАРАС¹⁾, А. Н. БАТЯН²⁾, Н. Г. ВЛАСОВА^{1), 3)}, Ю. В. ВИСЕНБЕРГ³⁾

¹⁾Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека,
ул. Ильича, 290, 246040, г. Гомель, Беларусь

²⁾Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова,
Белорусский государственный университет,
ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь

³⁾Гомельский государственный медицинский университет,
ул. Ланге, 5, 246050, г. Гомель, Беларусь

В соответствии с Законами Республики Беларусь «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС» от 06.01.2009 г. и «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС» от 26.05.2012 г., величина средней годовой эффективной дозы облучения жителей является одним из показателей радиационной обстановки в населенных пунктах, подвергшихся загрязнению радионуклидами в результате аварии на ЧАЭС. Цель исследования: актуализировать метод оценки доз облучения населения в ситуации существующего облучения после аварии на ЧАЭС и на его основе провести оценку средней годовой эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь вследствие аварии на Чернобыльской АЭС на период 2021–2025 гг. С учетом международных рекомендаций в области радиационной защиты, изменений в радиационной обстановке в отдаленном периоде после Чернобыльской аварии и накопленных новых данных индивидуальной дозиметрии внутреннего облучения населения по результатам проведения измерений на спектрометре излучения человека актуализирован метод оценки средних годовых эффективных доз внешнего и внутреннего облучения жителей радиоактивно загрязненных населенных пунктов Республики Беларусь.

Проведена оценка средних годовых эффективных доз облучения населения Республики Беларусь, проживающего на территории радиоактивного загрязнения, и по ее результатам составлен Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей 2193 населенных пунктов на 2021–2025 гг. Согласно данным составленного Каталога средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь, из 2193 населенных пунктов в 29 суммарная эффективная доза облучения может превысить 1 мЗв/год, кроме того, в 5 населенных пунктах она составляет около 1 мЗв/год. Ни в одном из них средняя годовая эффективная доза облучения не может превысить 5 мЗв/год. Данные Каталога средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения

Образец цитирования:

Эвентова ЛН, Матарас АН, Батян АН, Власова НГ, Висенберг ЮВ. Дозы облучения населения Беларуси вследствие аварии на Чернобыльской атомной электростанции на 2021–2025 гг. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология.* 2022;4:70–78.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2022-4-70-78>

For citation:

Eventova LN, Mataras AN, Batyan AN, Vlasova NG, Visenberg YuV. Exposure doses to the population of Belarus from the Chernobyl accident in 2021–2025. *Journal of the Belarusian State University. Ecology.* 2022;4:70–78. Russian.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2022-4-70-78>

Авторы:

Людмила Николаевна Эвентова – научный сотрудник лаборатории радиационной защиты научного отдела.

Анастасия Николаевна Матарас – научный сотрудник лаборатории радиационной защиты научного отдела.

Анатолий Николаевич Батян – доктор медицинских наук, профессор; заведующий кафедрой экологической медицины и радиобиологии.

Наталья Генриховна Власова – доктор биологических наук, профессор; заведующий лабораторией радиационной защиты научного отдела¹; профессор кафедры экологической и профилактической медицины³.

Юлия Валерьевна Висенберг – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры нормальной и патологической физиологии.

Authors:

Ludmila N. Eventova, researcher at the laboratory of radiation protection of the science department.

ludeven@mail.ru

Anastasia N. Mataras, researcher at the laboratory of radiation protection of the science department.

ma-na77@mail.ru

Anatoly N. Batyan, doctor of science (medicine), full professor; head of the department of ecological medicine and radiobiology.

giv@iseu.by

Natalya G. Vlasova, doctor of science (biology), full professor; head of the laboratory of radiation protection of the science department^a; professor at the department of ecological and preventive medicine^c.

Natalie.Vlasova@mail.ru

Yulia V. Visenberg, PhD (biology), docent; associate professor at the department of normal and pathological physiology.

visenyu@gmail.com

Республики Беларусь, действующего на период 2021–2025 гг., наряду с данными о плотности загрязнения территорий Республики Беларусь долгоживущими радионуклидами, применены для составления Перечня населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения, и принятия Постановления Совета Министров Республики Беларусь об отнесении населенных пунктов к соответствующим зонам радиоактивного загрязнения.

Ключевые слова: доза внутреннего облучения; доза внешнего облучения; средняя годовая эффективная доза облучения; населенный пункт; репрезентативное лицо.

EXPOSURE DOSES TO THE POPULATION OF BELARUS FROM THE CHERNOBYL ACCIDENT IN 2021–2025

L. N. EVENTOVA^a, A. N. MATARAS^b, A. N. BATYAN^b, N. G. VLASOVA^{a,c}, Yu. V. VISENBERG^c

^aRepublican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology,
290 Ilyicha Street, Gomel 246040, Belarus

^bInternational Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University,
23/1 Daŭhabrodskaja Street, Minsk 220070, Belarus

^cGomel State Medical University,

5 Lange Street, Gomel 246050, Belarus

Corresponding author: L. N. Eventova (ludeven@mail.ru)

In accordance with the Laws of the Republic of Belarus «On the social protection of citizens affected by the accident at the Chernobyl NPP» dated January 6, 2009 and «On the legal regime of territories exposed to radioactive contamination due to the accident at the Chernobyl NPP» dated May 26, 2012, the value of the average annual effective dose of exposure to residents is one of the indicators of the radiation situation in settlements contaminated with radionuclides as a result of the Chernobyl accident. The objective: to update the method for assessing the exposure doses to the population in the situation of existing exposure after the Chernobyl accident and, on its basis, to assess the average annual effective exposure dose to residents of settlements of the Republic of Belarus due to the Chernobyl accident for the period 2021–2025. The method for estimating the average annual effective doses due to external and internal irradiation to residents of radioactively contaminated settlements of the Republic of Belarus has been improved taking into account international recommendations in the field of radiation protection, changes in the radiation situation in the long-time period after the Chernobyl accident and the new data on individual dosimetry of internal exposure to the population based on the results of whole-body counter (WBC) measurements. An assessment of the average annual effective exposure doses to the population of the Republic of Belarus residing in the territory of radioactive contamination was carried out, and based on its results, the Catalog of average annual effective exposure doses to residents of 2193 settlements for the period 2021–2025 was compiled. According to the compiled Catalog of average annual effective exposure doses to residents of settlements located on the territory of radioactive contamination of the Republic of Belarus, in 29 settlements out of 2193, the total effective exposure dose can exceed 1 mSv/year, in addition, it is about 1 mSv/year in 5 settlements. In none of the settlements, the average annual effective radiation dose can exceed 5 mSv/year. Valid for the period 2021–2025 Catalog of average annual effective exposure doses to the residents of settlements located on the territory of radioactive contamination of the Republic of Belarus, along with data on the density of contamination of the territories of the Republic of Belarus with long-lived radionuclides, was used to compile the List of settlements and objects located in the zones of radioactive contamination, and to adopt a Resolution of the Council of Ministers of the Republic Belarus on designation of settlements to the corresponding zones of radioactive contamination.

Keywords: internal exposure dose; external exposure dose; average annual effective exposure dose; settlement, representative person.

Введение

В соответствии с законодательством Республики Беларусь по обеспечению радиационной безопасности населения, начиная с 1992 г. составлялись Каталоги средней годовой эффективной дозы облучения населения, действующие сроком на пять лет. Данные Каталога средней годовой эффективной дозы облучения населения и средняя плотность загрязнения территории населенного пункта радионуклидами цезия-137, стронция-90 и плутония -238, -239, -240 являются показателями для отнесения населенных пунктов к зонам радиоактивного загрязнения. В Публикации № 60 Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) подчеркивается, что оценка доз облучения фундаментальна для радиационной защиты [1], хотя ни одну дозу в органе или ткани (эквивалентную дозу), ни эффективную дозу невозможно измерять непосредственно. Для проведения любых оценок доз облучения необходимо использовать элементы моделирования.

До 2008 г. в методах, на основе которых проводили расчет доз для Каталога, оценка средней годовой эффективной дозы внутреннего облучения базировалась на поступлении ¹³⁷Cs в организм человека

с молоком, моделирующим все потребляемые мясомолочные продукты, и картофелем, моделирующим все потребляемые растительные продукты. С 2008 г. для оценки средней годовой эффективной дозы внутреннего облучения населения применяют метод, базирующийся на основании результатов прямых измерений на спектрометре излучения человека (СИЧ).

С учетом современной радиационной обстановки, накопленных новых данных индивидуальной дозиметрии внутреннего облучения населения по результатам СИЧ-измерений, а также для приведения метода в соответствие с международными рекомендациями в области радиационной безопасности возникла необходимость во внесении корректирующих изменений в метод оценки доз облучения.

Дозы внешнего и внутреннего облучения населения, проживающего на загрязненных черновыльскими радионуклидами территориях, формируются в основном за счет содержания цезия-137 в объектах окружающей среды и его поступления в организм человека с пищевыми продуктами местного произрастания и производства. Вклад других долгоживущих радионуклидов (стронция-90 и плутония-238, -239, -240) в среднюю годовую эффективную дозу облучения жителей населенных пунктов, расположенных на загрязненных территориях, невелик и не учитывается.

Цель исследования: актуализировать метод оценки доз облучения населения в ситуации существующего облучения после аварии на ЧАЭС и на его основе провести оценку средней годовой эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь вследствие аварии на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 гг.

Задачи исследования: с учетом международных рекомендаций в области радиационной безопасности внести корректирующие изменения в параметры метода оценки доз облучения населения в соответствии с изменениями в радиационной обстановке в отдаленном периоде после Чернобыльской аварии и накопленными новыми данными индивидуальной дозиметрии внутреннего облучения населения по результатам СИЧ-измерений.

Материалы и методы исследования

Материалы для проведения исследования:

– данные Государственного дозиметрического регистра о дозах внутреннего облучения, рассчитанных по результатам СИЧ-измерений 140 тыс. жителей Гомельской обл. за 2016–2018 гг.;

– данные прогноза Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет) Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь о средних плотностях загрязнения территории населенных пунктов цезием-137 на 2021 г.;

– данные по типу населенного пункта.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ статистического анализа *STATISTICA 8.0* и *MS EXCEL 2010*.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно Публикации № 103 МКРЗ для отдаленного периода после аварии введено понятие «ситуация существующего облучения» [2]. В этих условиях, в соответствии с требованиями Публикации № 101 МКРЗ, оценка доз облучения жителей населенных пунктов, находящихся на территории радиоактивного загрязнения, проводится в отношении репрезентативного лица, которое является представительным индивидуумом среди жителей населенного пункта, наиболее подвергшихся облучению [3]. Доза облучения репрезентативного лица есть ничто иное, как средняя доза облучения лиц критической группы, которая составляет в среднем 10 % (± 5 %) наиболее облучаемых лиц среди жителей населенного пункта.

Средняя годовая эффективная доза облучения жителей населенных пунктов, подвергшихся воздействию радиоактивного загрязнения в результате аварии на ЧАЭС, определяется суммарно дозой внешнего облучения репрезентативного лица от цезия-137, находящегося в почве, и дозой внутреннего облучения репрезентативного лица от поступившего в организм человека цезия-137 с пищей и водой:

$$E = E_{RP}^{ext} + E_{RP}^{int}, \quad (1)$$

где E_{RP}^{ext} – годовая эффективная доза внешнего облучения репрезентативного лица, мЗв/год;

E_{RP}^{int} – годовая эффективная доза внутреннего облучения репрезентативного лица, мЗв/год.

Наиболее точный метод оценки средней годовой дозы внешнего облучения в населенных пунктах разного типа – метод индивидуального дозиметрического контроля с использованием термолюминесцентной дозиметрии, либо измерения мощности дозы в локациях. Но этот метод целесообразно использовать только в условиях плотности загрязнения территории цезием выше 444 кБк/м². По данным ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»

Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, в 2021 г. таких населенных пунктов насчитывалось всего 13.

Для оценки эффективной дозы внешнего облучения репрезентативного лица применили расчетный метод с использованием эмпирического коэффициента связи средней эффективной дозы внешнего облучения с плотностью загрязнения территории населенного пункта цезием-137:

$$E_{RP}^{ext} = KF_s \cdot \sigma_{CS}, \quad (2)$$

где KF_s – коэффициент связи годовой эффективной дозы репрезентативного лица населенного пункта типа s со средней плотностью загрязнения территории населенного пункта цезием-137, мЗв*год⁻¹/кБк*м⁻² (мЗв*год⁻¹/Ки*км⁻²);

σ_{CS} – средняя плотность загрязнения территории населенного пункта цезием-137 на 2021 год, кБк/м² (Ки/км²).

Коэффициент связи средней эффективной дозы внешнего облучения с плотностью загрязнения территории населенного пункта цезием-137 рассчитан для населенных пунктов различного типа (село, городской поселок, город) по результатам индивидуального дозиметрического контроля методом термoluminescentной дозиметрии у представителей наиболее облучаемой группы среди жителей соответствующих населенных пунктов за период 1991–2008 гг. и экстраполирован на период до 2021 г.

Значения коэффициента связи дозы внешнего облучения с плотностью загрязнения территории цезием-137 для трех типов населенных пунктов, полученные в результате экстраполяции, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициента KF_s для расчета годовой эффективной дозы внешнего облучения репрезентативного лица населенного пункта соответствующего типа

Table 1

Values of the KF_s coefficient for calculating the annual effective external exposure dose to a representative resident of a settlement of the corresponding type

Коэффициент	Тип населенного пункта		
	сельский	поселковый	городской
KF_s , мЗв/кБк·м ⁻²	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$
KF_s , мЗв/Ки·км ⁻²	0,049	0,027	0,021

Оценка годовых эффективных доз внутреннего облучения репрезентативного лица основывается на использовании результатов индивидуального контроля внутреннего облучения населения, полученных при проведении СИЧ-измерений, как наиболее достоверных и надежных.

При наличии достаточного количества СИЧ-измерений содержания цезия-137 в организме жителей конкретного населенного пункта за один из последних трех лет или за три года, годовая эффективная доза внутреннего облучения репрезентативного лица населенного пункта рассчитывается по формуле:

$$E_{RP}^{int} = \frac{1}{n} \sum_i E_i^{int}, \quad (3)$$

где n – численность наиболее облучаемой группы лиц из числа обследуемых жителей населенного пункта;

E_i^{int} – эффективная доза внутреннего облучения i -го лица наиболее облучаемой группы среди жителей населенного пункта, рассчитанная по результатам СИЧ-измерений, мЗв/год.

В табл. 2 представлен критерий достаточности объема СИЧ-измерений содержания цезия-137 в организме жителей населенного пункта при определенной численности населения.

Таблица 2

Объем выборки с доверительной вероятностью 0,95 для корректной оценки доз облучения жителей населенного пункта

Table 2

Sample size with a confidence coefficient of 0.95 for a correct assessment of exposure doses to residents of a settlement

Количество жителей в населенном пункте	<100	100–1000	1000–10000	>10000
Объем выборки	Не менее 85 % от общей численности	Не менее 40 % от общей численности	Не менее 10 % от общей численности	680 человек

В случае отсутствия либо недостатка данных СИЧ-измерений для оценки дозы внутреннего облучения репрезентативного лица применяют расчетную модель¹, разработанную в 2008 г., с внесенными в нее корректирующими изменениями расчетных параметров, которые соответствуют периоду 2021–2025 гг.

Для приведения расчетных параметров модели в соответствие с радиационной обстановкой настоящего времени были использованы 140 тыс. СИЧ-измерений за период 2016–2018 гг. у жителей 388 сельских населенных пунктов Гомельской обл. Из этого количества 26 тыс. измерений наиболее облучаемой части жителей населенных пунктов составили обучающую выборку. В соответствии с классификацией [4], по факторам, оказывающим влияние на формирование дозы внутреннего облучения, населенные пункты обучающей выборки, подобно населенным пунктам Республики Беларусь, подвергшимся радиоактивному загрязнению и подлежащим зонированию, распределили на три региона, различающиеся по радиоэкологическим и социальным параметрам:

- Центральный регион, в него вошли Брагинский, Житковичский, Калинковичский, Мозырьский, Речицкий, Рогачевский, Петриковский, Светлогорский и Хойникский р-ны;
- Северо-Восточный регион, в него вошли Буда-Кошелевский, Ветковский, Гомельский, Добрушский, Жлобинский, Кормянский, Лоевский и Чечерский р-ны;
- Полесский регион, в него вошли Ельский, Лельчицкий и Наровлянский р-ны.

Для каждого региона была построена регрессионная зависимость годовой эффективной дозы внутреннего облучения репрезентативного лица от средней плотности загрязнения территории населенного пункта цезием-137, позволяющая провести расчет дозы внутреннего облучения репрезентативного лица населенных пунктов Беларуси, подлежащих зонированию.

При отсутствии или недостаточности результатов СИЧ-измерений годовая эффективная доза внутреннего облучения репрезентативного лица населенного пункта рассчитывается по уравнению линейной регрессии вида:

$$E_{RP}^{int} = a + b \cdot \sigma_{cs}, \quad (4)$$

где E_{RP}^{int} – годовая эффективная доза внутреннего облучения репрезентативного лица;

a – свободный член уравнения регрессии, эмпирически полученный для каждого региона, значения которого представлены в табл. 3, мЗв/год;

b – коэффициент регрессии, определяющий связь годовой эффективной дозы внутреннего облучения репрезентативного лица со средней плотностью загрязнения территории населенного пункта цезием-137, мЗв*год⁻¹/кБк*м⁻² (мЗв*год⁻¹/Ки*км⁻²);

σ_{cs} – средняя плотность загрязнения территории населенного пункта цезием-137 на 2021 год, кБк/м² (Ки/км²).

В табл. 3 приводятся значения расчетных параметров уравнения линейной регрессии для населенных пунктов 3-х регионов, различающихся по радиоэкологическим параметрам.

Таблица 3

Параметры уравнения линейной регрессии для 3-х регионов

Table 3

Parameters of the linear regression equation for 3 regions

Регион	Параметры уравнения $y = a + bx$		Коэффициент корреляции
	a	b	
Полесский	0,1560	0,0020	0,98
Центральный	0,0587	0,0003	0,95
Северо-Восточный	0,0280	0,0005	0,96

Для оценки качества модели из трех регионов сформировали контрольную выборку из 44 населенных пунктов Гомельской обл., которые не были включены в выборку для разработки модели. Количество населенных пунктов контрольной выборки по каждому региону представлено в табл. 4.

¹ГР № 20082092. Создать Каталог среднегодовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения: отчет о НИР (заключительный) // Научное обеспечение решения медицинских проблем последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС / ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ»; рук. Н. Г. Власова; исполн.: Л. А. Чунихин [и др.]. Гомель, 2008. 118 с.

Количество населенных пунктов, вошедших в контрольную выборку

Table 4

Number of settlements included into the control sample

Регион	Количество населенных пунктов
Полесский	12
Центральный	22
Северо-Восточный	10
Всего	44

Населенные пункты контрольной выборки отбирались в соответствии со следующими условиями:

- общее количество СИЧ-измерений за период 2016–2018 гг. должно составлять ~50 % от числа жителей населенного пункта;
- наличие результатов СИЧ-измерений в каждом из трех лет;
- количество результатов СИЧ-измерений должно быть достаточным для получения статистически достоверных результатов (см. табл. 2);
- населенные пункты должны различаться по числу жителей, экологическим условиям и географическому местоположению.

Проведен сравнительный анализ доз внутреннего облучения репрезентативного лица, рассчитанных по модели и по результатам СИЧ-измерений.

В табл. 5 представлены результаты сравнения модельных оценок доз внутреннего облучения с таковыми, рассчитанными по результатам СИЧ-измерений.

Сравнительный анализ доз внутреннего облучения репрезентативного лица, рассчитанных по модели и по результатам СИЧ-измерений, показал, что в целом по населенным пунктам трех регионов, расположенных на территориях с различной плотностью загрязнения, наблюдается хорошая сходимость результатов.

Ошибка прогноза по модели составила 21 %, что свидетельствует об адекватности и высокой точности метода.

Усовершенствованный метод оценки средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на загрязненных территориях, с откорректированными расчетными параметрами, описан в Инструкции по применению «Метод оценки средних годовых эффективных доз облучения населения»².

В соответствии с Инструкцией проведена оценка годовых эффективных доз внешнего, внутреннего облучения и суммарных эффективных доз облучения репрезентативного лица среди жителей 2193 населенных пунктов Беларуси, подлежащих зонированию. По итогам оценки составлен Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь³, сроком действия на 2021–2025 гг.

По данным созданного Каталога доз⁴, проведен анализ годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения.

Результат анализа данных Каталога⁵ следующий: из 2193 населенных пунктов, находящихся на территории радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, в 2159 из них суммарная годовая эффективная доза облучения меньше уровня в 1 мЗв/год. В 29 населенных пунктах суммарная годовая эффективная доза облучения может превысить 1 мЗв/год, кроме того, в 5 из них она ~1 мЗв/год (0,96 мЗв/год и выше). При этом 31 населенный пункт находится в Гомельской и 3 – в Могилевской областях, в которых проживает 2406 чел.

В табл. 6 представлено распределение населенных пунктов и численности населения в них по дозовым диапазонам, близким к 1 мЗв/год.

²Метод оценки средних годовых эффективных доз облучения населения. Инструкция по применению. Утверждено Министерством здравоохранения Республики Беларусь 06.12.2019 г. № 117–0919. Гомель, 2019.

³Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь. Утвержден Министерством здравоохранения Республики Беларусь 10.04.2020 г. Минск, 2020.

⁴Там же.

⁵Там же.

Средние годовые дозы внутреннего облучения репрезентативного лица населенных пунктов контрольной группы, рассчитанные по модели и по результатам СИЧ-измерений

Table 5

Average annual doses of internal exposure of a representative resident of the control group, calculated from the model and from the results of WBC measurements

Район	Населенный пункт	Численность населения	Плотность загрязнения ^{137}Cs , кБк/м ²	Средняя доза внутреннего облучения, мЗв/год		Ошибка оценки модели, %
				по модели	по СИЧ	
Брагинский	Верхние Жары	144	32	0,070	0,075	7
Брагинский	Стежерное	118	81	0,078	0,054	44
Брагинский	Асаревичи	289	60	0,075	0,066	14
Брагинский	Комарин	1777	66	0,076	0,062	23
Брагинский	Теклинов	52	76	0,078	0,076	3
Брагинский	Углы	303	97	0,081	0,083	2
Брагинский	Шкураты	194	142	0,089	0,076	17
Буда-Кошелевс.	Морозовичи	273	61	0,055	0,051	8
Буда-Кошелевс.	Уваровичи	2320	52	0,051	0,043	19
Буда-Кошелевс.	Калинино	553	111	0,076	0,052	46
Буда-Кошелевс.	Широкое	932	139	0,089	0,064	39
Ветковский	Великие Немки	492	188	0,110	0,082	34
Ветковский	Ветка	8394	370	0,189	0,156	21
Ветковский	Старое Село	860	176	0,105	0,117	10
Ветковский	Юрковичи	56	426	0,228	0,177	29
Ветковский	Яново	295	189	0,110	0,081	36
Ельский	Добрынь	670	199	0,436	0,317	38
Ельский	Валавская Рудня	121	208	0,448	0,319	40
Ельский	Скородное	594	161	0,382	0,263	45
Ельский	Старое Высокое	282	83	0,274	0,216	27
Кормянский	Барсуки	469	141	0,090	0,066	36
Лельчицкий	Дуброва	651	50	0,228	0,204	12
Лельчицкий	Чемерное	450	46	0,223	0,239	7
Лельчицкий	Стодоличчи	715	61	0,244	0,205	19
Лельчицкий	Ударное	643	38	0,211	0,215	2
Лоевский	Малиновка	421	161	0,098	0,078	26
Наровлянский	Будки	134	209	0,450	0,316	42
Наровлянский	Демидов	301	223	0,470	0,436	8
Наровлянский	Киров	329	441	0,771	0,599	29
Наровлянский	Завойть	201	324	0,609	0,427	43
Рогачевский	Красница	230	78	0,078	0,065	20
Рогачевский	Хатовня	595	125	0,086	0,065	32
Рогачевский	Ильич	881	126	0,086	0,076	13
Рогачевский	Курганье	525	128	0,087	0,065	34
Рогачевский	Белицк	432	96	0,081	0,065	25
Хоникский	Партизанская	130	72	0,077	0,057	35
Хоникский	Дворище	317	312	0,119	0,115	3
Хоникский	Судково	598	158	0,092	0,071	30
Чечерский	Ботвиново	484	46	0,048	0,043	12
Чечерский	Нисимковичи	290	163	0,099	0,079	25
Чечерский	Ипполитовка	84	315	0,165	0,164	1
Чечерский	Отор	439	217	0,122	0,095	28
Чечерский	Чечерск	8312	223	0,125	0,111	13
Чечерский	Красный Берег	178	281	0,149	0,149	1

Распределение населенных пунктов и численности населения Беларуси по дозовым диапазонам, близким к 1 мЗв/год

Table 6

Distribution of settlements and population of Belarus by dose ranges close to 1 mSv/year

Диапазон средних годовых доз, мЗв/год	Область	Количество населенных пунктов	Численность проживающего населения, чел.
>1	Гомельская	26	2259
	Могилевская	3	2
0,96–0,99	Гомельская	5	145
	Итого	34	2406

Ни в одном из населенных пунктов, находящихся на территории радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, средняя годовая эффективная доза облучения не превысит 5 мЗв/год.

Сравнение данных Каталога средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь⁶, созданного на 2021–2025 гг., с данными Каталога предыдущего пятилетнего периода⁷, показывает снижение дозы внешнего облучения на 29 %, дозы внутреннего облучения – на 33 %, суммарной дозы облучения – на 31 %.

Заключение

Актуализирован метод оценки средних годовых эффективных доз внешнего и внутреннего облучения жителей радиоактивно загрязненных населенных пунктов Республики Беларусь с учетом международных рекомендаций в области радиационной защиты, изменений в радиационной обстановке в отдаленном периоде после Чернобыльской аварии и накопленных новых данных индивидуальной дозиметрии внутреннего облучения населения по результатам прямых измерений на СИЧ.

На основании метода проведена оценка доз облучения населения и создан Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей 2193 населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь.

Согласно данным Каталога средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь⁸, из 2193 населенных пунктов в 29 населенных пунктах суммарная эффективная доза облучения может превысить 1 мЗв/год, кроме того, в 5 из них она составляет около 1 мЗв/год. Ни в одном из населенных пунктов средняя годовая эффективная доза облучения не может превысить 5 мЗв/год.

По данным Каталога средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь, составленного на 2021–2025 гг., отмечается снижение доз внешнего и внутреннего облучения населения в сравнении с данными Каталога средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь, составленного на предыдущий пятилетний период 2016–2020 гг.⁹

На основании данных Каталога средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь, разработанного на 2021–2025 гг., а также данных о плотности загрязнения территории Республики Беларусь долгоживущими радионуклидами, составлен Перечень населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения, и принято Постановление Совета Министров Республики Беларусь об отнесении населенных пунктов к соответствующим зонам радиоактивного загрязнения.

⁶Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь. Утвержден Министерством здравоохранения Республики Беларусь 10.04.2020 г. Минск, 2020.

⁷Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, Республики Беларусь. Утвержден Министерством здравоохранения Республики Беларусь 27.03.2015 г. Минск, 2015.

⁸Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь. Утвержден Министерством здравоохранения Республики Беларусь 10.04.2020 г. Минск, 2020.

⁹Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов, Республики Беларусь. Утвержден Министерством здравоохранения Республики Беларусь 27.03.2015 г. Минск, 2015.

Библиографические ссылки

1. Кеирим-Маркус ИБ, редактор. *Радиационная безопасность. Рекомендации МКРЗ 1990 г. Публикация МКРЗ 60. Часть 2.* Москва: Энергоатомиздат; 1994. 208 с.
2. Киселёв МФ, Шандало НК, редакторы. *Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ).* Москва: Алана; 2009.
3. Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public and the Optimisation of Radiological Protection. ICRP Publication 101. *Annals of the ICRP.* 2007. 101 p.
4. Власова НГ, Чунихин ЛА, Дроздов ДН. Статистический анализ результатов СИЧ-измерений для оценки дозы внутреннего облучения сельских жителей в отдаленный период аварии на ЧАЭС. *Радиационная биология. Радиоэкология.* 2009;4:397–406.

References

1. Keirim-Marcus IB, editor. *Radiatsionnaya bezopasnost. Rekomendatsii MKRZ 1990 g. Publikatsiya MKRZ 60. Chast 2* [Radiation safety. ICRP Recommendations 1990. ICRP Publication 60. Part 2]. Moscow: Energoatomizdat; 1994. Russian.
2. Kiselev MF, Shandalo NK, editors. *Publikatsiya 103 Mezhdunarodnoy Komissii po radiatsionnoy zashchite (MKRZ)* [Publication 103 of the International Commission on Radiation Protection (ICRP)]. Moscow: Alana; 2009. Russian.
3. Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public and the Optimisation of Radiological Protection. ICRP Publication 101. *Annals of the ICRP.* 2007. 101 p.
4. Vlasova NG, Chunikhin LA, Drozdov DN. *Statisticheskiy analiz rezul'tatov SICH- izmereniy dlya otsenki dozy vnutrennego oblucheniya sel'skikh zhiteley v otdalenny period avarii na CHAES* [Statistical analysis of the results of measurements on the human radiation spectrometer to assess the internal exposure dose of rural residents in the remote period of the Chernobyl accident]. *Radiation Biology. Radioecology.* 2009;4:397–406. Russian.

Статья поступила в редакцию 19.05.2022.
Received by editorial board 19.05.2022.