

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра

Д.Л.Пиневиц

« 06 » *сентября* 2019 г.

Регистрационный № 117-0919



**МЕТОД ОЦЕНКИ СРЕДНИХ ГОДОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ  
ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ–РАЗРАБОТЧИК: государственное учреждение  
образования «Республиканский научно-практический центр радиационной  
медицины и экологии человека»

АВТОРЫ: д.б.н., доцент Власова Н.Г., д.м.н., доцент Рожко А.В.,  
Евтушкова Г.Н., Матарас А.Н., Эвентова Л.Н., Дрозд Е.А.

Гомель, 2019

Настоящая инструкция по применению (далее – Инструкция) представляет технологию проведения расчета средней годовой эффективной дозы облучения с применением разработанных с учётом рекомендаций МКРЗ методов оценки доз внешнего и внутреннего облучения в отношении репрезентативного лица, как представителя наиболее облучаемой группы среди жителей населенных пунктов (НП), расположенных на территории, загрязненной радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

### **ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ И ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И Т.Д.**

- Спектрометр излучения человека (СИЧ);
- Персональные компьютеры с программным обеспечением и пакетом статистических программ;
- Прогнозные данные 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 год;
- Данные Государственного дозиметрического регистра о дозах внутреннего облучения, рассчитанных по результатам СИЧ-измерений у жителей Республики Беларусь за 2015–2017 гг.

### **ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ**

Оценка средней годовой эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь на 5 лет (2021–2025гг.) при

условии постоянного проживания на территории, загрязненной радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

## **ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ**

Не допускается использование настоящей инструкции для:

- оценки средней годовой эффективной дозы облучения на отдаленные периоды времени (начиная с 2026 г.);
- реконструкции индивидуальных эффективных доз внешнего и внутреннего облучения;
- оценки доз облучения отдельных органов и тканей;
- оценки доз облучения лиц *in-utero*.

## **ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА**

Оценку средних годовых эффективных доз внешнего и внутреннего облучения проводят в соответствии с международными рекомендациями (публикации МКРЗ: 101, 2006 г. и 103, 2007 г.) как годовую эффективную дозу облучения репрезентативного лица, которое является типичным представителем наиболее облучаемой (критической) группы среди жителей населённого пункта. Следуя рекомендациям МКРЗ, изложенным в публикации 103 (*«Репрезентативное лицо эквивалентно и заменяет среднего члена критической группы»*), доза облучения репрезентативного лица есть средняя доза облучения лиц критической группы.

Средняя годовая эффективная доза облучения жителей населённого пункта, подвергшегося радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС, определяется как сумма дозы внешнего облучения репрезентативного лица от цезия-137, находящегося в почве, и дозы

внутреннего облучения репрезентативного лица от поступившего в организм человека с пищевыми продуктами и водой цезия-137 по формуле:

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

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.

### **1 Годовая эффективная доза внешнего облучения репрезентативного лица**

Для расчета годовой эффективной дозы внешнего облучения репрезентативного лица необходима следующая информация:

- официальные данные Белгидромета о средней плотности загрязнения территории НП и его ареала цезием-137 на 2021 год;
- данные по типу НП, в котором постоянно проживает население.

Годовая эффективная доза внешнего облучения репрезентативного лица в НП типа  $s$  определяется выражением:

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

где  $KF_s$  – коэффициент связи годовой эффективной дозы репрезентативного лица НП типа  $s$  со средней плотностью загрязнения территории НП цезием-137, мЗв\*год<sup>-1</sup>/кБк\*м<sup>-2</sup> (мЗв\*год<sup>-1</sup>/Ки\*км<sup>-2</sup>);

$\sigma_{cs}$  – средняя плотность загрязнения территории НП цезием-137 на 2021 год, кБк/м<sup>2</sup> (Ки/км<sup>2</sup>).

В таблице 1 представлены значения коэффициента  $KF_s$  для репрезентативного лица НП типа  $s$ .

Таблица 1 – Значения коэффициента  $KF_s$  для расчета годовой эффективной дозы внешнего облучения репрезентативного лица НП соответствующего типа

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

## **2 Годовая эффективная доза внутреннего облучения репрезентативного лица**

Для расчета годовой эффективной дозы внутреннего облучения репрезентативного лица необходима следующая информация:

- данные о содержании цезия-137 в организме жителей НП, рассчитанные по результатам СИЧ-измерений;
- официальные данные Белгидромета о средней плотности загрязнения территории НП и его ареала цезием-137 на 2021 год.

### 2.1 Оценка годовой эффективной дозы внутреннего облучения репрезентативного лица по результатам СИЧ-измерений

Результаты измерений содержания цезия-137 в организме человека на СИЧ являются наиболее достоверными данными для оценки дозы внутреннего облучения. При наличии достаточного количества СИЧ-измерений содержания цезия-137 в организме жителей конкретного НП используются данные СИЧ-измерений за один из последних трёх лет периода 2015 -2017гг. Критерий достаточности объема СИЧ–измерений содержания цезия-137 в организме жителей НП определённой численности населения представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Объем выборки с доверительной вероятностью 0,95 для корректной оценки доз облучения жителей НП

Число 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

По результатам СИЧ–измерений содержания  $^{137}\text{Cs}$  в организме рассчитывается индивидуальная эффективная доза внутреннего облучения  $E_i^{\text{int}}$  по выражению:

$$E_i^{\text{int}} = DF \frac{Q}{M} \quad (3)$$

где  $DF$  – дозовый коэффициент для  $^{137}\text{Cs}$ , мЗв·год<sup>-1</sup>/кБк·кг<sup>-1</sup>, значения которого представлены в таблице 3;

$Q$  – содержание  $^{137}\text{Cs}$  в организме человека по результатам СИЧ-измерения, кБк;

$M$  – масса тела человека, кг.

Таблица 3 – Значения дозового коэффициента DF

Возрастная группа, лет	Дозовый коэффициент (DF), мЗв·год <sup>-1</sup> /кБк·кг <sup>-1</sup>
0–1	2,4
1–2	2,1
3–7	2,2
8–12	2,2
13–17	2,4
> 17	2,5

Годовую эффективную дозу внутреннего облучения репрезентативного лица НП рассчитывают по формуле:

$$E_{RP}^{int} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n E_i^{int} \quad (4)$$

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

$n$  – численность наиболее обучаемой (критической) группы НП, которая составляет 10 % жителей с наибольшими индивидуальными дозами внутреннего облучения от числа жителей НП, обследованных на СИЧ;

$E_i^{int}$  – индивидуальная эффективная доза внутреннего облучения  $i$  – го жителя наиболее обучаемой (критической) группы, мЗв/год.

## 2.2 Оценка годовой эффективной дозы внутреннего облучения репрезентативного лица по плотности загрязнения территории НП цезием-137

В случае отсутствия или недостатка СИЧ–измерений годовая эффективная доза внутреннего облучения репрезентативного лица НП определяется по уравнению линейной регрессии вида:

$$E_{RP}^{int} = a + b \cdot \sigma_{Cs} \quad (5)$$

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 таблице 4, мЗв/год;

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

$\sigma_{cs}$  – средняя плотность загрязнения территории НП цезием-137 на 2021 год, кБк/м<sup>2</sup> (Ки/км<sup>2</sup>).

Значения параметров уравнения линейной регрессии для населённых пунктов 3х регионов, различающихся по радиоэкологическим условиям, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры уравнения линейной регрессии для НП административных районов 3-х регионов

Административный район	Параметры уравнения $y = a + bx$		Кoeffициент корреляции
	$a$	$b$	
Полесский регион			
Лунинецкий (Брестская область) Пинский (Брестская область) Столинский (Брестская область) Лельчицкий (Брестская область) Ельский (Гомельская область) Наровлянский (Гомельская область) Солигорский (Минская область)	0,1560	0,0020	0,98
Центральный регион			
Дрогичинский (Брестская область) Брагинский (Гомельская область) Житковичский (Гомельская область) Калинковичский (Гомельская область) Мозырский (Гомельская область) Петриковский (Гомельская область) Речицкий (Гомельская область) Рогачевский (Гомельская область) Светлогорский (Гомельская обл.) Хойникский (Гомельская область)	0,0587	0,0003	0,95

Продолжение таблицы 4

Дятловский (Гродненская область) Ивьевский (Гродненская область) Славгородский (Могилёвская область) Слуцкий (Минская область) Бобруйский (Могилёвская область) Быховский (Могилёвская область) Кировский (Могилёвская область) Новогрудский (Гродненская область) Березинский (Минская область) Вилейский (Минская область) Молодеченский (Минская область)			
Северо-Восточный регион			
Толочинский (Витебская область) Буда-Кошелёвский (Гомельская область) Ветковский (Гомельская область) Гомельский (Гомельская область) Добрушский (Гомельская область) Жлобинский (Гомельская область) Кормянский (Гомельская область) Лоевский (Гомельская область) Чечерский (Гомельская область) Воложинский (Минская область) Крупский (Минская область) Логойский (Минская область) Столбцовский (Минская область) Бельничский (Могилёвская область) Климовичский (Могилёвская область) Кличевский (Могилёвская область) Костюковичский (Могилёвская область) Краснопольский (Могилёвская область) Кричевский (Могилёвская область) Могилевский (Могилёвская область) Мстиславский (Могилёвская область) Чаусский (Могилёвская область) Чериковский (Могилёвская область)	0,0280	0,0005	0,96

### **3 Средняя годовая эффективная доза облучения жителей населённого пункта**

Средняя годовая эффективная доза облучения жителей населённого пункта, подвергшегося радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС, равна сумме годовых эффективных доз внешнего и внутреннего облучения репрезентативного лица и рассчитывается по формуле (1).

Годовые эффективные дозы внешнего и внутреннего облучения репрезентативного лица ( $E_{Rp}^{ext}, E_{Rp}^{int}$ ) вычисляются по формулам (2), (4) и (5), соответственно.

Таким образом, средняя годовая эффективная доза облучения жителей НП типа  $s$ , находящегося на загрязненной радионуклидами территории, определяется по выражениям:

$$E = KF_s \cdot \sigma_{cs} + \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n E_i^{int} \quad (6)$$

или

$$E = KF_s \cdot \sigma_{cs} + (a + b \cdot \sigma_{cs}) \quad (7)$$

Результаты расчётов дозы облучения по формулам (6) и (7) округляются до сотых.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ВОЗМОЖНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ИЛИ ОШИБОК ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

При точном соблюдении всех этапов оценки средней годовой эффективной дозы облучения жителей населённого пункта ошибки исключены.

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель организации

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**АКТ**  
**о практическом использовании результатов исследования**

В \_\_\_\_\_  
(сфера, в которой нашли практическое применение результаты исследования\*)  
Комиссия в составе \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ настоящим подтверждает,  
что \_\_\_\_\_  
(название структурного подразделения организации)  
*проведено опытно-промышленное испытание (осуществлено внедрение в технологический процесс, в учебный процесс и др.\*\*)*  
\_\_\_\_\_  
(указываются конкретные научные результаты, которые нашли применение)  
полученных  
\_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество автора (авторов) исследования)  
при выполнении программы (проекта, темы НИР\*\*) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(название программы, проекта, темы НИР\*\*) \_\_\_\_\_  
для \_\_\_\_\_  
(указываются решаемые практические задачи)  
на основании чего \_\_\_\_\_  
(приводятся конкретные результаты практического использования)  
Экономический эффект от использования результатов составил \_\_\_\_\_  
(расчет прилагается)\*\*\*.

Члены комиссии:

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_  
(дата)