

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УТВЕРЖДАЮ**



**Первый заместитель Министра**

*[Signature]*  
**Р.А. Часнойть**

**2008г.**

**Регистрационный № 044-0508**

**ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ  
ОБЛУЧЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ,  
РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ РАДИОАКТИВНОГО  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ,  
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЗОНИРОВАНИЯ**

**инструкция по применению**

**Гомель 2008**

**Настоящая инструкция по применению разработана  
авторским коллективом сотрудников**

Государственного учреждения *“Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека”* Министерства здравоохранения Республики Беларусь

канд. биол. наук, доцент **Н.Г. Власова**, канд. биол. наук **Л.А. Чунихин**,  
**Ю.В. Висенберг**, **С.В. Лещёва**, **Д.Н. Дроздов**, **В.Б. Масыкин**

Государственного учреждения образования *“Белорусская медицинская академия последипломного образования”* Министерства здравоохранения Республики Беларусь

канд. биол. наук, старший научный сотрудник **В.Ф. Миненко**

*Белорусского отделения Российско-Белорусского информационного центра Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия “Институт радиологии”* Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

канд. биол. наук **Ю.Е. Крюк**, **Е.П. Куц**

### **Условные обозначения и сокращения:**

РЦРКМ – Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды Министерства природных ресурсов и окружающей среды Республики Беларусь

СИЧ – счетчик излучения человека

СГЭД – средняя годовая эффективная доза

ЧАЭС – Чернобыльская атомная электростанция

НП – населенный пункт

ТЛД – термолюминесцентная дозиметрия

МКРЗ – международный комитет по радиационной защите

МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии

ТУЭ – трансураниевые элементы

### **Перечень исходных данных:**

- данные РЦРКМ по средним плотностям загрязнения территорий населенных пунктов цезием-137;
- результаты прямых СИЧ-измерений содержания цезия-137 в организме жителей населенных пунктов Беларуси за период с 2005 по 2007 гг.;
- результаты прямых измерений доз внешнего облучения жителей населенных пунктов Беларуси, расположенных на территориях с разными уровнями загрязнения цезием-137 (от 221 до 566 кБк/м<sup>2</sup>), полученные методом термолюминесцентной дозиметрии в зимне-весенний и весенне-летний периоды 2006 – 2007 гг.

### **Область применения:**

Инструкция предназначена для использования специалистами учреждений и организаций, в сферу ответственности которых входит подготовка необходимых исходных данных и выполнение расчетов СГЭД облу-

чения населения Республики Беларусь, проживающего на территории радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС.

Инструкция предназначена для расчета СГЭД облучения населения на ближайшие 5 лет при условии постоянного проживания в населённых пунктах, расположенных на территориях радиоактивного загрязнения.

#### **Противопоказания к применению:**

Не допускается использование Инструкции для:

- оценки СГЭД на отдаленные периоды времени (более 5 лет);
- реконструкции индивидуальных эффективных доз внешнего и внутреннего облучения;
- оценки доз облучения отдельных органов и тканей,
- оценки доз облучения лиц, облученных in-utero.

#### **Описание технологии использования метода:**

Предлагается инструкция определения текущих СГЭД облучения жителей НП Республики Беларусь.

Для определения текущих СГЭД внешнего облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь представлены числовые значения эмпирических параметров для населенных пунктов сельского, поселкового и городского типа, которые характеризуют дозу внешнего облучения населения.

Для оценки текущих СГЭД внутреннего облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь представлены числовые значения эмпирически полученных параметров модели расчёта средних доз внутреннего облучения жителей населенных пунктов.

## **Предполагаемый уровень внедрения:**

Рассчитанные по Инструкции средние годовые эффективные дозы облучения наряду со значениями средней плотности загрязнения цезием-137 территорий НП будут использованы при проведении зонирования территории Республики Беларусь.

### **1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.1 Настоящая Инструкция определяет требования к исходным данным и процедуру расчета средней годовой эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь, попавших в зону радиоактивного загрязнения.

1.2 Согласно Инструкции средние значения дозы могут быть определены для жителей каждого населённого пункта Республики Беларусь, расположенного на радиоактивно загрязнённой территории после аварии на ЧАЭС.

1.3 Значения средней годовой эффективной дозы облучения определяются для жителей населенного пункта с целью применения их в качестве одного из критериев принятия решения об оправданности мер социальной защиты на загрязнённых территориях. Значение СГЭД является основанием для зонирования территорий радиоактивного загрязнения.

1.4 Настоящая Инструкция по применению подготовлена взамен Инструкции по применению № 22-0304 от “12” марта 2004 г (“Методика определения средних годовых эффективных доз облучения населения, проживающего на территориях, загрязненных радионуклидами вследствие Чернобыльской катастрофы”) с учётом накопленных за период 2005-2007гг. новых данных индивидуальной дозиметрии внешнего и внутреннего облучения населения, проживающего на радиоактивно загрязнённых территориях, а также для приведения в соответствие методов оценки доз

облучения с новейшими международными подходами, рекомендованными в публикации МКРЗ №101 (2006 г.) и Международных стандартах безопасности (Серия изданий по безопасности №115 МАГАТЭ) [1, 2].

## **2 ХАРАКТЕРИСТИКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ**

2.1 Радиационная обстановка в населенных пунктах, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС, определяется в настоящее время наличием в окружающей среде долгоживущих радионуклидов цезия, стронция и ТУЭ. Поэтому в основу методики расчета положены общие закономерности динамики мощности экспозиционной дозы, характерные для всех территорий Республики, подвергшихся радиоактивному загрязнению, а также общие закономерности поступления радионуклидов из почвы в организм человека по пищевой цепи.

2.2 Источник формирования дозы: внешнего облучения –  $\gamma$ -излучение цезия-137, который распределен по профилю почвы; внутреннего –  $\gamma$ -излучение цезия-137, инкорпорированного в организме человека, поступившего с пищевыми сельскохозяйственными продуктами местного производства, а также дикорастущих продуктов.

## **3 ПРИНЯТЫЕ ДОПУЩЕНИЯ**

3.1 Поскольку текущие дозы облучения населения практически полностью определяются цезием-137, т.е. вклад других радионуклидов ( $^{90}\text{Sr}$  и ТУЭ) в формирование текущей СГЭД пренебрежимо мал и составляет единицы и доли %, то в настоящей инструкции описана процедура расчетов только в отношении  $^{137}\text{Cs}$ .

3.2 Заложенный в алгоритм расчета дозы определенный консерватизм позволяет избежать ее недооценки.

3.3 В настоящем документе в соответствии с установившейся практикой используются как единицы СИ, так и внесистемные единицы.

## 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ

Средняя годовая эффективная доза облучения жителей населённых пунктов Беларуси, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС, определяется как сумма средней дозы внешнего облучения от цезия-137, находящегося в почве, и дозы внутреннего облучения от инкорпорированного в организме жителей цезия-137:

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

где  $E^{ext}$  – средняя эффективная доза внешнего облучения жителей населённого пункта, мЗв/год;

$E^{int}$  – средняя эффективная доза внутреннего облучения жителей населённого пункта, мЗв/год.

### 4.1 Средняя годовая эффективная доза внешнего облучения

#### 4.1.1 Требования к исходным данным

Для расчета годовой эффективной дозы внешнего облучения необходима следующая информация:

- официальные данные РЦРКМ о средней плотности загрязнения территории НП и его ареала  $^{137}\text{Cs}$ ;
- данные по типу населенного пункта, в котором постоянно проживает человек.

#### 4.1.2. Определение годовой эффективной дозы внешнего облучения

СГЭД внешнего облучения жителей НП типа *s* определяется выражением:

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

где  $KF_s$  – коэффициент перехода от величины средней плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории НП типа *s* к средней годовой эффективной дозе облучения жителей НП, мЗв /кБк м<sup>-2</sup> (мЗв/Ки км<sup>-2</sup>);

$\sigma_{cs}$  – средняя плотность загрязнения территории НП  $^{137}\text{Cs}$ , кБк/м<sup>2</sup> (Ки/км<sup>2</sup>).

В таблице 1 представлены значения коэффициента  $KF_s$  для жителей населенного пункта типа *s*.

Таблица 1 – Значения параметров  $KF_s$ , предлагаемых для использования в расчетах средней годовой эффективной дозы внешнего облучения жителей населенного пункта соответствующего типа

Параметр	Тип населенного пункта		
	сельский	поселковый	городской
$KF_s$ , мЗв/Ки км <sup>-2</sup>	0,08	0,05	0,04
$KF_s$ , мЗв/кБк м <sup>-2</sup>	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$

### **4.2 Средняя годовая эффективная доза внутреннего облучения**

#### 4.2.1 Требования к исходным данным

Для расчета средней годовой эффективной дозы внутреннего облучения необходима следующая информация:

- данные по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в организме жителей населенного пункта, полученные по результатам СИЧ–измерений;
- официальные данные РЦРКМ о средней плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории НП и его ареала.



#### 4.2.2 Оценка СГЭД внутреннего облучения по результатам СИЧ-измерений

Результаты прямых инструментальных измерений содержания  $^{137}\text{Cs}$  в организме человека являются наиболее достоверными данными для оценки дозы внутреннего облучения от  $^{137}\text{Cs}$ . При наличии достаточного количества результатов СИЧ-измерений содержания  $^{137}\text{Cs}$  в организме жителей конкретного НП используются данные СИЧ-измерений за один из последних 1–3 лет. Критерий достаточности объема данных СИЧ-измерений содержания  $^{137}\text{Cs}$  в организме жителей для НП с определённой численностью населения представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Необходимый и достаточный с вероятностью 0,95 объем выборки для корректной оценки текущих доз облучения жителей в населенном пункте

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 эффективная доза внутреннего облучения  $E^{\text{ин}}$  по выражению:

$$E^{\text{ин}} = DF \frac{Q}{M} \quad (3)$$

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

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

$M$  – масса тела человека,  $\text{кг}$ ;

Таблица 3 – Значения дозового коэффициента DF для  $^{137}\text{Cs}$

Возрастная группа, лет	Дозовый коэффициент для $^{137}\text{Cs}$ (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

Среднюю годовую эффективную дозу внутреннего облучения жителей НП рассчитывают по формуле:

$$E^{\text{int}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_i E_i^{\text{int}} \quad (4)$$

где  $n$  – численность обследуемых жителей НП;

$E_i^{\text{int}}$  – эффективная доза внутреннего облучения  $i$ -го жителя, мЗв/год.

#### 4.2.3 Оценка СГЭД внутреннего облучения по плотности загрязнения $^{137}\text{Cs}$ территории НП

В случае отсутствия или недостатка данных СИЧ-измерений средняя годовая эффективная доза внутреннего облучения оценивается по среднему суточному поступлению  $^{137}\text{Cs}$  в организм жителей НП ( $q$ ), которое определяется по уравнению линейной регрессии вида:

$$q = a + b \cdot \sigma_{\text{Cs}} \quad (5)$$

где  $q$  – среднее суточное поступление  $^{137}\text{Cs}$  в организм, Бк/сутки;

$a$  и  $b$  – эмпирически полученные для каждого региона коэффициенты связи поступления  $^{137}\text{Cs}$  и плотности загрязнения территории НП  $^{137}\text{Cs}$ ;

$\sigma_{\text{Cs}}$  – средняя плотность загрязнения территории НП  $^{137}\text{Cs}$ , кБк/м<sup>2</sup>.

Перечень районов загрязненных территорий Беларуси, отнесенных к различным регионам, представлен в Приложении А.

Параметры уравнения линейной регрессии для 3 регионов, различающимися экологическими условиями поступления с пищевыми продуктами цезия-137 в организм жителей, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры уравнения линейной регрессии для 3-х регионов

Регион	Параметры уравнения $y = a + bx$		Коэффициент корреляции
	a	b	
1 Полесье	47	0,52	0,98
2 Центр	28	0,12	0,91
3 Северо-Восток	8,4	0,34	0,98

Средняя годовая эффективная доза внутреннего облучения жителей НП по среднему суточному поступлению  $^{137}\text{Cs}$  рассчитывается по выражению:

$$E^{\text{int}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 120q / M \quad (6)$$

где  $E^{\text{int}}$  – дозовый коэффициент, равный для взрослого человека  $2,5 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1} / \text{кБк} \cdot \text{кг}^{-1}$ ;

120 – коэффициент, учитывающий период полувыведения  $^{137}\text{Cs}$  из организма (коэффициент перехода от суточного поступления к равносному годовому содержанию цезия-137 в организме) в условиях хронического постоянного поступления радионуклида в организм;

$q$  – среднее суточное поступление  $^{137}\text{Cs}$  жителям населенного пункта, Бк;

$M$  – средняя масса взрослого человека, кг.

## 5 РАСЧЕТ СУММАРНОЙ ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ

Суммарная годовая эффективная доза облучения жителей населенных пунктов Беларуси, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС, является суммой эффективных доз внешнего и внутреннего облучения (1).

$E^{ext}$ ,  $E^{int}$  вычисляются по формулам (2) и (3), (4), (5), (6), соответственно.

Таким образом, СГЭД облучения жителей НП определяется по выражению:

$$E = KF_s \cdot \sigma_{cs} + \frac{1}{n} \cdot \sum_i E_i^{int} \quad (7)$$

или

$$E = KF_s \cdot \sigma_{cs} + 0,3 \cdot q / M \quad (8)$$

где  $q$  определяется по формуле (5).

Результаты расчётов дозы по формулам (7) и (8) округляются до двух значащих цифр.

**Возможные осложнения и ошибки при выполнении и пути их устранения:**

При точном соблюдении всех этапов оценки средних годовых эффективных доз облучения ошибки исключены.

### **Литература**

1. Annals of the ICRP, ICRP Publication 101, Assessing Dose of the Representative Person of the Purpose of Radiation Protection of the Public and The Optimisation of Radiological Protection: Broadening the Process, Published by Elsevier Ltd. 2006.
2. Радиационный мониторинг облучения населения в отдаленный период аварии на Чернобыльской АЭС / ТС проект RER/9/074 / Балонов М.И., Барковский А.Н., Брук Г.А., Власова Н.Г., Голиков В.Ю., Кенигсберг Я.Э., Первозников О.Н., Чумак В.В., Шевчук В.Е. – Вена, Австрия, 2007.

**Перечень районов областей Республики Беларусь, населенные пункты в которых расположены на радиоактивно загрязненных территориях, распределённые по 3-м регионам с различными условиями формирования дозы внутреннего облучения**

Регион	Область	Район
Полесье	Брестская	Лунинецкий
	Брестская	Пинский
	Брестская	Столинский
	Гомельская	Лельчицкий
	Гомельская	Ельский
	Гомельская	Наровлянский
	Минская	Солигорский
Центр	Брестская	Дрогичинский
	Гомельская	Брагинский
	Гомельская	Житковичский
	Гомельская	Калинковичский
	Гомельская	Мозырский
	Гомельская	Петриковский
	Гомельская	Речицкий
	Гомельская	Рогачевский
	Гомельская	Светлогорский
	Гомельская	Хойникский
	Гродненская	Дятловский
	Гродненская	Ивьевский
	Гродненская	Новогрудский
	Минская	Березинский
	Минская	Вилейский
	Минская	Молодеченский
	Минская	Слуцкий
	Могилевская	Бобруйский
	Могилевская	Быховский
	Могилевская	Кировский
Могилевская	Славгородский	

Северо-Восток	Витебская	Толочинский
	Гомельская	Буда-Кошелевский
	Гомельская	Ветковский
	Гомельская	Гомельский
	Гомельская	Добрушский
	Гомельская	Жлобинский
	Гомельская	Кормянский
	Гомельская	Лоевский
	Гомельская	Чечерский
	Минская	Воложинский
	Минская	Крупский
	Минская	Логойский
	Минская	Столбцовский
	Могилевская	Бельничский
	Могилевская	Климовичский
	Могилевская	Кличевский
	Могилевская	Костюковичский
	Могилевская	Краснопольский
	Могилевская	Кричевский
	Могилевская	Могилевский
Могилевская	Мстиславский	
Могилевская	Чаусский	
Могилевская	Чериковский	