

Оценка текущих доз внутреннего облучения жителей отдельных населенных пунктов Брянской области вследствие аварии на Чернобыльской АЭС

А.В. Громов

ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург

В статье представлены результаты оценки текущих доз внутреннего облучения жителей отдельных населенных пунктов Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, выполненные с использованием двух различных методических приемов: по результатам определения содержания ^{137}Cs в организме жителей обследованных НП; по данным о содержании радионуклидов в местных пищевых продуктах и структуре рационов питания жителей. Проведено сравнение полученных оценок.

Ключевые слова: авария на Чернобыльской АЭС, радиоактивное загрязнение территории, плотность загрязнения, содержание радионуклидов в организме человека, удельная активность радионуклидов в продуктах питания, дозы облучения.

Введение

В результате аварии на Чернобыльской АЭС произошел выброс значительного количества радионуклидов в окружающую среду, что привело к формированию радиоактивных облаков, которые распространились на значительные расстояния. Радиоактивно загрязненные территории сформировались, в основном, вследствие выпадения атмосферных осадков. Радиоактивные выпадения зависели от траектории переноса аварийного выброса и местных метеоусловий, поэтому имеет место «пятнистая» структура радиоактивного загрязнения, то есть образовались районы с сильно различающимися плотностями радиоактивного загрязнения. В отдельных частях таких районов плотности загрязнения радионуклидами могут различаться в десятки раз. По причине такой структуры радиоактивного загрязнения на территории России пострадало больше площадей, чем на Украине или в Белоруссии. Радиоактивному загрязнению на территории России выше уровня 1 Ки/км^2 по цезию-137 подверглось около 57 тыс. км^2 , в том числе выше уровня 5 Ки/км^2 – 8 тыс. км^2 , из которых более 5 тыс. км^2 находятся в западных районах Брянской области. По данным за 2008 г., показатели плотности загрязнения ^{137}Cs в населенных пунктах Брянской области варьируют в диапазоне от $0,2$ до 70 Ки/км^2 (село Заборье) [1, 2].

Население, проживающее на территориях, загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, продолжает подвергаться внутреннему и внешнему облучению. Уровни текущих эффективных доз как внешнего, так и внутреннего облучения населения напрямую зависят от плотности радиоактивного загрязнения территорий, на которых они проживают, и от проведенных мер защиты населения, а их соотношение существенно зависит от свойств почвы, которые влияют на формирование дозы внутреннего облучения пострадавших жителей [3]. Основным радионуклидом, определяющим дозу внутреннего облучения жителей в настоящее время, является ^{137}Cs . Вклад в дозу от других радионуклидов незначителен [10].

В России уровни вмешательства на радиоактивно загрязненных территориях определяются зонированием населенных

пунктов (НП), т. е. отнесением их к той или иной зоне, в зависимости от величины поверхностного загрязнения почвы радионуклидами и величины средней годовой эффективной дозы (СГЭД), которая может быть получена жителями в условиях отсутствия активных мер радиационной защиты.

В отличие от СГЭД_{зон}, при оценке текущих доз облучения критических групп населения (СГЭД_{крит}) и средних накопленных эффективных доз (СНЭД) используются методические приемы, благодаря которым определяются фактические, а не предполагаемые дозы.

Наиболее достоверная информация о фактических уровнях облучения населения может быть получена только на основании данных радиационного мониторинга, проводимого на загрязненных территориях, включая прямые инструментальные измерения содержания ^{137}Cs в организме жителей, полученные с помощью счетчиков излучения человека (СИЧ).

В настоящей работе представлены результаты оценки текущих средних годовых эффективных доз внутреннего облучения (СГЭД_{внутр}) взрослых жителей 53 НП, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения, полученные с помощью разных методических приемов. Показана зависимость СГЭД_{внутр} от плотности загрязнения почвы на территории НП цезием-137.

Цель исследования

Цель исследования – выполнение оценок текущих доз внутреннего облучения жителей отдельных населенных пунктов Брянской области вследствие аварии на Чернобыльской АЭС с использованием различных методических приемов.

Задачи исследования

1. Оценка текущих средних годовых эффективных доз внутреннего облучения населения, проживающего на территориях, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по результатам определения содержания ^{137}Cs в организме жителей обследованных НП.

2. Оценка текущих доз внутреннего облучения населения по данным о содержании радионуклидов в местных пищевых продуктах и структуре рационов питания жителей.

Материалы и методы

Для проведения полевых измерений содержания цезия-137 в теле жителей специалистами ФГУН НИИРГ были разработаны специальные оперативные методики, позволяющие использовать в качестве счетчиков излучения человека переносные малогабаритные сцинтилляционные спектрометры. Калибровка этих приборов производилась с помощью метрологически аттестованных фантомов тела человека различной массы УФ-02Т, а также путем сравнения результатов измерений отдельных индивидуумов, выполненных с помощью малогабаритных сцинтилляционных спектрометров, и стационарного СИЧ.

В выборочных обследованиях 2009 г., как и в предыдущие годы, в качестве СИЧ нами использовался спектрометр «DigiDART» производства фирмы ORTEC, USA, с детектором NaI(Tl) 75×75 мм.

В положении обследуемого лица «сидя» с детектором у нижней части живота измеряли число импульсов в энергетическом диапазоне гамма-излучения 610–705 кэВ (пик ¹³⁷Cs). Время измерения – 100 с, относительная погрешность – до 30%, практическая чувствительность методики – около 1 кБк содержания радионуклида в теле человека, в зависимости от гамма-фона в помещении и массы обследуемого.

Пробы пищевых продуктов отбирали из личных хозяйств жителей обследуемых сел. Объем каждой пробы составлял 0,5–1,0 л молока и 500–700 г сырых или 100–150 г сухих грибов, собранных в ареале НП.

Удельную активность ¹³⁷Cs в пробах определяли на сцинтилляционном гамма-спектрометре с детектором NaI(Tl) диаметром 110 мм, имеющим «колодец» для проб объемом 200 см³. Минимальная детектируемая активность (МДА) ¹³⁷Cs – около 2 Бк на пробу при времени измерения 30 мин и относительной погрешности измерения 30%. Содержание ¹³⁷Cs в пробах, меньшее МДА, определяли по сурьмяно-йодидной радиохимической методике.

Структуру рационов питания населения определяли путем опроса жителей обследуемых НП. Опрос проводили с использованием специально разработанной анкеты, в которую, помимо общих данных, входили вопросы о режимах поведения жителей, о наличии личного приусадебного хозяйства и о потреблении наиболее значимых пищевых продуктов местного производства, составляющих рацион питания, включая «дары природы», играющие особо важную роль в процессе формирования дозы внутреннего облучения.

Результаты и обсуждение

1. Оценка текущих средних годовых эффективных доз внутреннего облучения населения по результатам определения содержания ¹³⁷Cs в организме жителей обследованных НП

Использование метода оценки средних доз внутреннего облучения населения, проживающего на территориях, загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по результатам определения содержания ¹³⁷Cs в организме жителей дает возможность определять дозы с наименьшей погрешностью по сравнению с другими методами.

Расчет средних годовых эффективных доз производится по результатам выполненных измерений жителей на счетчиках (спектрометрах) излучения человека (СИЧ) с использованием следующей формулы:

$$СГЭД_{внутр} = k_d \cdot \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (Q_i / M_i), \text{ мЗв/год}, \quad (1)$$

где: k_d – дозовый коэффициент; $k_d = 2,3$ мЗв·кг/кБк·год для взрослого человека;

Q_i – содержание ¹³⁷Cs в организме i -го человека по данным измерений на СИЧ, кБк;

M_i – масса тела i -го человека, кг;

n – количество обследованных на СИЧ жителей.

В таблицах 1–5 представлены среднегодовые значения результатов измерений населения на содержание ¹³⁷Cs в организме 49 обследованных НП, расположенных на территориях с разной плотностью загрязнения почвы ¹³⁷Cs (σ_{137}), и оцененные с использованием формулы (1) средние годовые эффективные дозы внутреннего облучения жителей этих НП.

Из приведенных в таблицах 1–5 данных видно, что в обследованных НП средняя удельная активность ¹³⁷Cs в организме жителей и СГЭД_{внутр} варьируют в достаточно широких пределах.

Таблица 1

Средняя удельная активность ¹³⁷Cs в организме и дозы внутреннего облучения взрослых жителей, проживающих в обследованных НП ($\sigma_{137} < 1$ Ки/км²)

Населенный пункт	Количество измерений	Средняя удельная активность в теле (Q/M), Бк/кг	СГЭД _{внутр} , мЗв/год
Унеча	184	7,5±2	0,017
Добрик	25	13±4	0,030
Робчик	45	14±2	0,031
Красновичи	39	2±1	0,005
Старая Гута	52	10±2	0,02
Павловка	40	3±1	0,007
Все НП:	447	8±5	0,018±0,01

Таблица 2

Средняя удельная активность ¹³⁷Cs в организме и дозы внутреннего облучения взрослых жителей, проживающих в обследованных НП ($\sigma_{137} = 1-5$ Ки/км²)

Населенный пункт	Количество измерений	Средняя удельная активность в теле (Q/M), Бк/кг	СГЭД _{внутр} , мЗв/год
Колюды	34	55±9	0,13
Перелазы	67	26±2	0,06
Лопатни	29	78±8	0,18
Песчанка	29	18±2	0,041
Душкино	44	18±1	0,041
Кибирщина	51	34±9	0,08
Старый Кивец	86	20±2	0,046
Любовшо	46	47±8	0,11
Все НП:	498	37±17	0,085±0,04

Таблица 3

Средняя удельная активность ^{137}Cs в организме жителей и СГЭД внутреннего облучения взрослых жителей, проживающих в обследованных НП ($\sigma_{137} = 5\text{--}15 \text{ Ки/км}^2$)

Населенный пункт	Количество измерений	Средняя удельная активность в теле (Q/M), Бк/кг	СГЭД ^{внутри} , мЗв/год
Перетин	25	31±2	0,071
Смяльч	42	49±7	0,11
Уношево	33	39±3	0,09
М. Щербиничи	16	26±5	0,06
Верещаки	27	34±5	0,078
Гута Корецкая	43	92±10	0,21
Унеча	26	117±18	0,27
Веприн	44	75±8	0,17
Рожны	27	46±14	0,11
Новозыбков	31	28±3	0,064
Митьковка	22	29±6	0,067
Ямное	29	23±3	0,053
Каприловка	54	33±3	0,076
Ущерпье	21	23±4	0,053
Петрова Буда	28	27±5	0,062
Селец	23	26±3	0,060
Все НП:	447	44±20	0,1±0,045

Таблица 4

Средняя удельная активность ^{137}Cs в организме жителей и СГЭД внутреннего облучения взрослых жителей, проживающих в обследованных НП ($\sigma_{137} = 15\text{--}40 \text{ Ки/км}^2$)

Населенный пункт	Количество измерений	Средняя удельная активность в теле (Q/M), Бк/кг	СГЭД ^{внутри} , мЗв/год
Увелье	18	46±7	0,11
Батуровка	21	103±17	0,24
Староновицкая	23	33±5	0,076
Кожаны	16	111±14	0,26
Мирный	34	71±14	0,16
Поповка	39	72±11	0,17
Гордеевка	49	52±18	0,12
Вышков	55	59±9	0,14
Добродеевка	19	62±9	0,14
Заречье	38	201±33	0,46
Халеевичи	52	73±26	0,17
Нов. Бобовичи	27	60±7	0,14
Деменка	37	65±9	0,15
Ширяевка	20	88±18	0,20
Старый Вышков	24	47±11	0,1
Все НП:	508	76±26	0,18±0,06

Таблица 5

Средняя удельная активность ^{137}Cs в организме жителей и СГЭД внутреннего облучения взрослых жителей, проживающих в обследованных НП ($\sigma_{137} \text{ Ки/км}^2 > 40 \text{ Ки/км}^2$)

Населенный пункт	Количество измерений	Средняя удельная активность в теле (Q/M), Бк/кг	СГЭД ^{внутри} , мЗв/год
Яловка	30	112±20	0,26
Заборье	25	176±35	0,40
Николаевка	8	72±18	0,17
Все НП:	63	120±52	0,3±0,12

На рисунке 1 показаны средние, минимальные и максимальные средние годовые эффективные дозы внутреннего облучения жителей обследованных НП, в зависимости от плотности загрязнения этих территорий ^{137}Cs .

Из представленного рисунка видно, что по мере увеличения интервалов плотности загрязнения ^{137}Cs территорий обследованных НП наблюдается увеличение средних, минимальных и максимальных значений СГЭД^{внутри} в этих НП. Это говорит о наличии положительной корреляционной связи содержания ^{137}Cs в организме и дозы внутреннего облучения жителей, проживающих на этих территориях, с величиной σ_{137} . Коэффициент корреляции составил 0,68, что свидетельствует об умеренной положительной корреляционной связи.

Рис. 1. Средние, минимальные и максимальные годовые эффективные дозы внутреннего облучения жителей обследованных НП в зависимости от плотности загрязнения их территорий ^{137}Cs

2. Оценка текущих доз внутреннего облучения населения по данным о содержании радионуклидов в местных пищевых продуктах и структуре рационов питания жителей

Таблица 6

Коэффициенты кулинарного снижения содержания ¹³⁷Cs в пищевых продуктах, отн. ед. [4–8]

Продукт	K_{Cs} , отн. ед.
Молоко	1
Мясо	0,4
Рыба	0,8
Ягоды	0,5
Грибы	0,5
Дичь	0,4
Картофель	0,8

К параметрам модели оценки эффективных доз внутреннего облучения, обусловленного поступлением радионуклидов с пищевыми продуктами, относятся удельная активность радионуклидов в пищевых продуктах и количество потребляемых пищевых продуктов.

Расчет средней годовой эффективной дозы внутреннего облучения жителей НП (СГЭД_{внутр}) ведут по формуле:

$$СГЭД_{внутр} = d_k \cdot \sum_i A_i \cdot V_i^{эфф} \cdot K_i, \text{ мЗв/год}, \quad (2)$$

где: A_i – средняя удельная активность ¹³⁷Cs в i -ом пищевом продукте, Бк/кг;

$V_i^{эфф}$ – эффективное годовое потребление i -го пищевого продукта (молоко, картофель, грибы), учитывающее вклад в дозу других компонентов рациона питания, кг/год; K_i – коэффициент снижения содержания ¹³⁷Cs в готовом i -ом пищевом продукте по сравнению с его содержанием в исходном продукте, вследствие его кулинарной обработки, отн. ед.;

d_k – дозовый коэффициент для пищевого пути поступления ¹³⁷Cs в организм человека; для взрослых мужчин и женщин принято среднее значение $d_k = 1,2 \cdot 10^{-5}$ мЗв/Бк.

Ведущими дозообразующими пищевыми продуктами среди сельскохозяйственных пищевых продуктов животного происхождения является молоко, среди сельскохозяйственных пищевых продуктов растительного происхождения – картофель, среди пищевых продуктов природного происхождения – грибы [10]. Отсюда очевидно, что расчет СГЭД_{внутр} можно вести по трем указанным продуктам, с учетом вклада в дозу других компонентов рациона питания, но для этого предварительно нужно определить эффективное годовое потребление молока ($V_{м(зр,к)}^{эфф}$), грибов ($V_{зр}^{эфф}$) и картофеля:

$$V_{м(зр,к)}^{эфф} = \frac{\sum_i A_i \cdot V_i \cdot K_i}{A_{м(зр,к)} \cdot K_{м(зр,к)}}, \text{ кг/год} \quad (3)$$

где: A_i – средняя удельная активность ¹³⁷Cs в i -ом сельскохозяйственном пищевом продукте животного происхождения (молоко, мясо говяжье и мясо свиное) и растительного (картофель, овощи), а также в природных пищевых продуктах (лесные грибы, ягоды, дичь, рыба), Бк/кг;

V_i – годовое потребление i -го пищевого продукта, кг/год; K_i – коэффициент снижения содержания ¹³⁷Cs в готовом i -ом пищевом продукте по сравнению с его содержанием в исходном продукте, вследствие его кулинарной обработки, отн. ед. (табл. 6);

$A_{м(зр,к)}$ – средняя удельная активность ¹³⁷Cs в молоке, грибах или картофеле, соответственно, Бк/кг.

Согласно формуле (3), для расчета эффективного годового потребления молока, грибов и картофеля необходимо знать величины потребления основных дозообразующих пищевых продуктов местными жителями. Численные значения этого параметра приведены в таблице 7.

Таблица 7

Потребление основных дозообразующих пищевых продуктов местного происхождения взрослыми жителями обследованных населенных пунктов, кг(л)/год

Продукт	Потребление	Продукт	Потребление
Свинина	28	Рыба речная	3,7
Говядина	3,3	Рыба озерная	3,0
Молоко коровье	122	Мясо дичи	1,5
Молоко козье	5,6	Ягоды лесные	1,7
Картофель	135	Грибы	5,6

При отсутствии или недостаточности данных об удельной активности ¹³⁷Cs в продуктах (A_i) при расчете $V_{м(зр,к)}^{эфф}$ для их оценки допустимо использовать величины коэффициентов перехода ¹³⁷Cs из почвы в эти продукты ($KП_{137}$) [9]:

$$A_i = KП_i \cdot \sigma_{137}, \text{ Бк/кг}, \quad (4)$$

где: $KП_i$ – коэффициент перехода ¹³⁷Cs из почвы в i -й пищевой продукт, 10^{-3} м²/кг;

σ_{137} – поверхностная активность ¹³⁷Cs в почве (плотность загрязнения почвы ¹³⁷Cs) на территории НП в рассматриваемом году (по данным Росгидромета), кБк/м².

В таблице 8 представлены численные значения $KП_{137}$ из почвы в основные пищевые продукты для территорий с дерново-подзолистыми песчаными и супесчаными почвами, преобладающими на радиоактивно загрязненных территориях Брянской области.

Полученные, согласно уравнениям (3) и (4), величины эффективного годового потребления молока, грибов и картофеля приведены в таблице 9.

В таблице 10 представлены текущие значения содержания ¹³⁷Cs в пробах молока, картофеля и грибов, отобранных в НП с разными плотностями радиоактивного загрязнения их территории, полученные по итогам радиационно-гигиенических обследований 2006–2009 гг.

В таблицах 11–15 приведены среднегодовые эффективные дозы внутреннего облучения взрослых жителей 49 обследованных НП, рассчитанные по формуле (2).

На рисунке 2 показаны средние, минимальные и максимальные годовые эффективные дозы внутреннего облучения жителей обследованных НП в зависимости от плотности загрязнения ¹³⁷Cs данных территорий.

Таблица 8

Коэффициенты перехода ^{137}Cs в пищевые продукты для территорий с дерново-подзолистыми песчаными и супесчаными почвами, $10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ (на 2010 г.) [9]

Продукт	КП ₁₃₇
Молоко	0,29
Говядина	0,60
Свинина	0,32
Картофель	0,06
Рыба озерная	1,3
Рыба речная	0,89
Лесные ягоды:	
- черника	4,6
- клюква	5,0
- брусника	3,4
- земляника	0,54
Дичь:	
- кабан	9,7
- лось	3,4
- утка	1,4
- заяц	0,66
Грибы	12,5

Таблица 9

Эффективное годовое потребление молока, картофеля и грибов жителями обследованных НП, кг/год

$V_{\text{эфф}}^{\text{молока}}$, кг/год	$V_{\text{эфф}}^{\text{картофеля}}$, кг/год	$V_{\text{эфф}}^{\text{грибов}}$, кг/год
145	135	7,3

Таблица 10

Удельная активность ^{137}Cs в пробах молока, картофеля, грибов обследованных НП в зависимости от плотности их радиоактивного загрязнения, Бк/кг(л)

σ_{137} , Ки/км ²	Населенный пункт	Молоко	Картофель	Грибы	
< 1	Унеча	6,4	–	2010	
	Добрик	16	0,73	–	
	Робчик	12,1	0,46	5040	
	Красновичи	4,4	0,88	730	
	Старая Гута	8,7	0,61	2300	
	Павловка	6,4	0,27	–	
	1–5	Колюды	120	19	3420
		Перелазы	26	4,2	2310
		Любовшо	138	4,5	2110
		Лопатни	132	4,5	2196
Песчанка		6,1	6,8	320	
Душкино		12	–	680	
Кибирищина		34	8	408	
Старый Кивец		11	4,6	3090	
5–15		Перетин	51	2,8	1540
		Смяльч	110	11	1060

Таблица 10 (окончание)

Удельная активность ^{137}Cs в пробах молока, картофеля, грибов обследованных НП в зависимости от плотности их радиоактивного загрязнения, Бк/кг(л)

σ_{137} , Ки/км ²	Населенный пункт	Молоко	Картофель	Грибы
15–40	Ямное	53	3,1	–
	Уношево	12,5	1,6	2230
	Б. Щербиничи	13	6,5	2750
	Каприловка	28	12	–
	М. Щербиничи	12,9	6,3	–
	Верещаки	64	8,9	5290
	Гута Корецкая	192	6,8	4710
	Унеча	120	6,6	4250
	Веприн	97	14	1540
	Рожны	240	7,1	990
	Ущерпье	72	3,1	2350
	Петрова Буда	39	5	1410
	Новозыбков	59	9,5	1783
	Селец	6,6	7,5	650
	Митьковка	14,7	5	–
	Увелье	96	6,8	1050
	Батуровка	100	5,5	–
	Староновицкая	45	4,5	1810
	Кожаны	68	14	–
	Мирный	89	10	4420
Поповка	62	11	920	
Гордеевка	27	7,8	353	
Вышков	83	–	2631	
Добродеевка	120	32	8980	
Заречье	130	8,6	2030	
Халеевичи	89	8,3	1475	
Нов. Бобовичи	28	13	12400	
Деменка	140	21	1900	
Ширяевка	–	5	2310	
Ст. Вышков	87	11	6540	
> 40	Яловка	130	13	3760
	Заборье	35	22	19400
	Николаевка	91	15	–

Таблица 11

Дозы внутреннего облучения взрослых жителей, проживающих в обследованных НП с плотностью радиоактивного загрязнения их территории $\sigma_{137} < 1 \text{ Ки/км}^2$

Населенный пункт	СГЭД _{внутр} , мЗв/год
Унеча	0,025
Добрик	0,059
Робчик	0,044
Красновичи	0,041
Старая Гута	0,032
Павловка	0,019
Среднее:	0,037±0,014

Таблица 12

Дозы внутреннего облучения взрослых жителей, проживающих в обследованных НП с плотностью радиоактивного загрязнения их территории σ_{137} от 1 до 5 Ки/км²

Населенный пункт	СГЭД _{внутр.} , мЗв/год
Колюды	0,38
Перелазы	0,15
Любовшо	0,34
Лопатни	0,33
Песчанка	0,033
Душкино	0,054
Кибирищина	0,087
Старый Кивец	0,16
Среднее:	0,19±0,14

Таблица 13

Дозы внутреннего облучения взрослых жителей, проживающих в обследованных НП с плотностью радиоактивного загрязнения их территории σ_{137} от 5 до 15 Ки/км²

Населенный пункт	СГЭД _{внутр.} , мЗв/год
Перетин	0,16
Смяльч	0,25
Ямное	0,096
Уношево	0,12
Б. Щербиничи	0,15
Каприловка	0,12
М. Щербиничи	0,055
Верещаки	0,35
Гута Корецкая	0,55
Унеча	0,40
Веприн	0,25
Рожны	0,47
Ущерпье	0,23
Петрова Буда	0,14
Новозыбков	0,19
Селец	0,050
Митьковка	0,060
Среднее:	0,22±0,15

Таблица 14

Дозы внутреннего облучения взрослых жителей, проживающих в обследованных НП с плотностью радиоактивного загрязнения их территории σ_{137} от 15 до 40 Ки/км²

Населенный пункт	СГЭД _{внутр.} , мЗв/год
Увелье	0,22
Батуровка	0,37
Староновицкая	0,16
Кожаны	0,26
Мирный	0,36
Поповка	0,16
Гордеевка	0,072
Вышков	0,28
Добродеевка	0,64
Заречье	0,33
Халеевичи	0,23
Нов. Бобовичи	0,61
Деменка	0,35
Ширяевка	0,20
Ст. Вышков	0,45
Среднее:	0,31±0,16

Таблица 15

Дозы внутреннего облучения взрослых жителей, проживающих в обследованных НП с плотностью радиоактивного загрязнения их территории $\sigma_{137} > 40$ Ки/км²

Населенный пункт	СГЭД _{внутр.} , мЗв/год
Яловка	0,41
Заборье	0,94
Николаевка	0,35
Среднее:	0,57±0,33

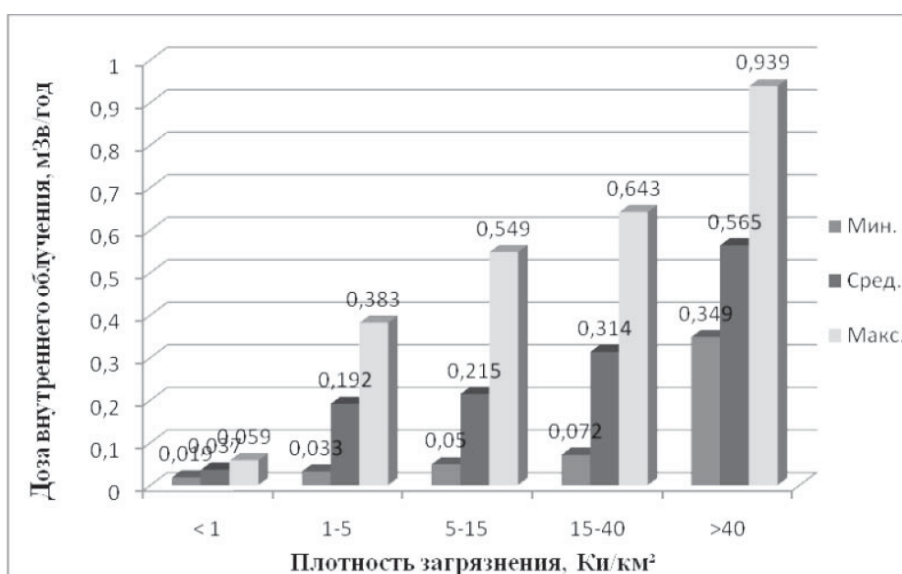


Рис. 2. Средние, минимальные и максимальные годовые эффективные дозы внутреннего облучения жителей обследованных НП (для целей зонирования) в зависимости от плотности загрязнения почвы ¹³⁷Cs

Видно, что по мере увеличения интервалов плотности радиоактивного загрязнения ^{137}Cs обследованных НП наблюдается увеличение минимальных и средних значений доз внутреннего облучения жителей этих НП. Это говорит о наличии умеренной положительной корреляционной связи между уровнями поверхностного загрязнения почвы ^{137}Cs обследованных территорий с дозами внутреннего облучения жителей, проживающих на этих территориях (коэффициент корреляции составил 0,65).

При использовании модельного метода расчета доз внутреннего облучения населения полученные оценки оказываются завышенными по сравнению с фактическими дозами, так как не учитывают эффективность проведенных защитных мероприятий и самоограничений населения в потреблении местных пищевых продуктов.

Для оценки фактической СГЭД_{внутр} полученный результат необходимо умножить на F – коэффициент эффективности проведенных контрмер, отн. ед.

Коэффициент F представляет собой отношение результатов оценки СГЭД_{внутр} по данным выборочных измерений жителей на СИЧ к результатам модельных дозовых оценок, выполненных по данным о группах и типах почв, преобладающих на сельхозугодьях и лесных массивах [12–14]. Этот коэффициент зависит от объема проведенных контрмер и, кроме того, он связан с самоограничениями населения в потреблении радиоактивно загрязненных пищевых продуктов. Так как объем контрмер и самоограничения жителей напрямую связан с уровнями радиоактивного загрязнения территорий ^{137}Cs , то последнее и определяет величину F .

В результате выполненных экспедиционных обследований в 53 перечисленных НП удалось еще раз подтвердить полученную ранее [11] эмпирическую зависимость величины F от плотности загрязнения почвы ^{137}Cs (рис. 3).

Для НП с плотностями загрязнения ^{137}Cs меньше 2 Ки/км² коэффициент F равен 0,8; для НП, где плотность радиоактивного загрязнения превышает 2 Ки/км², этот коэффициент можно рассчитать по эмпирической формуле:

$$F = 0,12 + \exp(-0,0051 \times \sigma_{137}), \text{ отн. ед.},$$

если $\sigma_{137} > 2,0 \text{ Ки/км}^2$, (5)

где σ_{137} – плотность загрязнения почвы ^{137}Cs , Ки/км².

Заключение

Для оценки доз внутреннего облучения жителей 53 обследованных НП, проживающих на радиоактивно загрязненной вследствие аварии на ЧАЭС территории, были использованы прямые инструментальные методы, основанные на результатах измерений содержания ^{137}Cs в организме человека (с помощью СИЧ) и в пищевых продуктах. При оценке доз методом СИЧ-измерений установлено, что текущие годовые дозы внутреннего облучения населения в обследованных НП варьируют от 0,018 мЗв/год до 0,28 мЗв/год, в зависимости от плотности радиоактивного загрязнения этих территорий, при оценке доз модельным методом – от 0,037 мЗв/год до 0,57 мЗв/год. Расчеты показали, что существует умеренная положительная корреляционная связь между уровнями поверхностного загрязнения почвы ^{137}Cs в населенных пунктах с дозами внутреннего облучения жителей, проживающих на этих территориях.

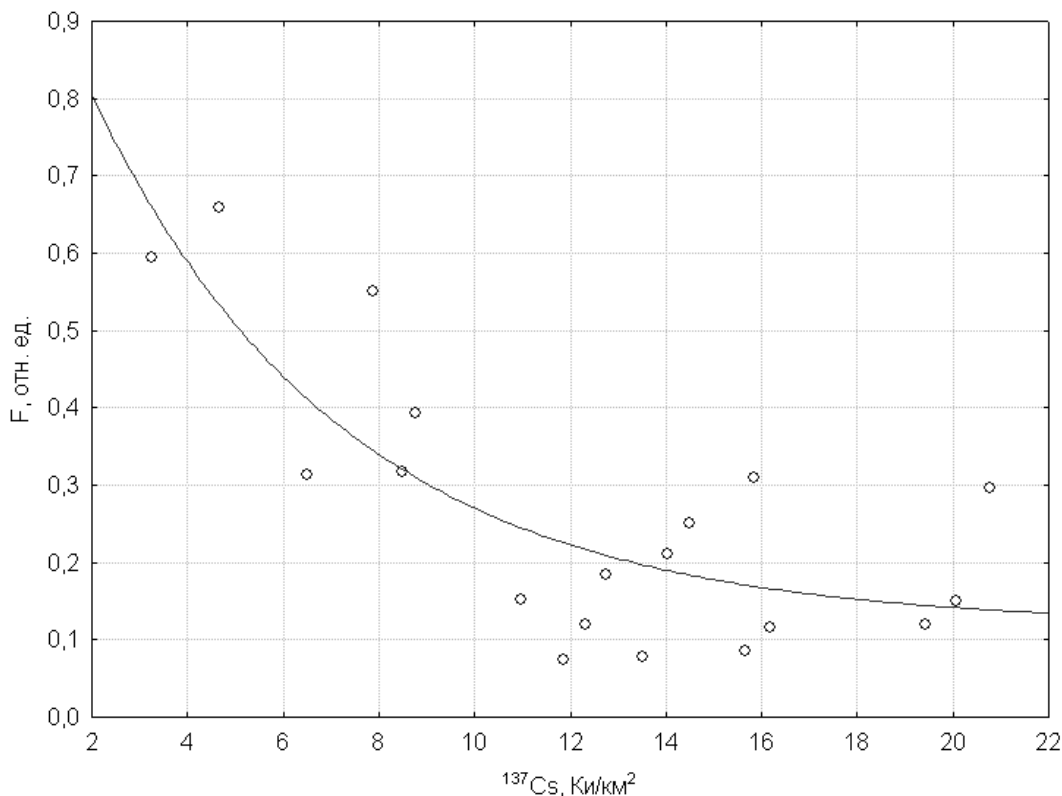


Рис. 3. Отношение фактической СГЭД внутреннего облучения (по данным измерений на СИЧ) к модельной оценке дозы (F , отн. ед.)

Литература

1. Вакуловский, С.М. Атлас радиоактивного загрязнения Европейской части России, Белоруссии и Украины после аварии на ЧАЭС [Карты] / С.М. Вакуловский [и др.]; науч. рук. Ю.А. Израэль. – М. : ИГКЭ Росгидромета, Роскартография, 1998.
2. База данных загрязнения территорий населенных пунктов Российской Федерации ¹³⁷Cs на 01.01.2006. – Электронные ресурсы: официальный сайт Росгидромет.
3. Балонов, М.И. Облучение населения Российской Федерации вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / М.И. Балонов [и др.] // Радиация и Риск. – 1996. – Вып. 7. – С. 39–71.
4. Ильенко, А.И. Основы дезактивации пищевых продуктов от радиоактивного цезия / А.И. Ильенко, Т.П. Крапивко. – М. : Наука, 1991. – 19 с.
5. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in temperate environments. Technical Report Series, IAEA Vienna, N 364. 1994.
6. Modelling of resuspension, seasonality and losses during food processing. First Report of the VAMP Terrestrial Working Group. IAEA-TECDOC-647, 1992.
7. Pathway analysis and dose distributions / Ed. by P. Jacob, I. Likhtarev. – Brussels, 1996.
8. Self-help countermeasure strategies for population living within contaminated areas of the Former Soviet Union and an assessment of land currently removed from agricultural usage / Ed. by N.A. Beresdorf, S.M. Wright. - United Kingdom, 1999. – 82 p.
9. Шутов, В.Н. Динамика радиоактивного загрязнения пищевых продуктов сельскохозяйственного производства и природного происхождения после аварии на Чернобыльской АЭС / В.Н. Шутов [и др.] // Радиационная гигиена. – 2008. – Т. 1, № 3. – С. 25–30.
10. Радиационный мониторинг доз облучения населения территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС : методические рекомендации по обеспечению радиационной безопасности. – М. : Роспотребнадзор, 2007.
11. Брук, Г.Я. Облучение критических групп населения Российской Федерации вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / Г.Я. Брук, А.Б. Базюкин, А.А. Братилова // Актуальные вопросы радиационной гигиены : сб. тезисов конференции. – СПб., 2010. – С. 15–17.
12. Методические указания «Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения» (МУ 2.6.1.784-99).
13. Методические указания «Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения» (Дополнение № 1 к МУ 2.6.1.784-99).
14. Методические указания МУ 2.6.1.2319-08 «Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения» (МУ 2.6.1.1101-02) (Дополнение 2 к МУ 2.6.1.784-99).

A.V. Gromov

Assessment of current internal exposure doses due to the accident at Chernobyl NPP for the citizens of some Bryansk region settlements

Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev» of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Saint-Petersburg

Abstract. The article contains the results of current internal exposure dose assessment for the citizens of some Bryansk region settlements affected by radioactive contamination due to the accident at Chernobyl NPP, obtained with the use of three different methodical approaches: based on the results of ¹³⁷Cs content determination in the bodies of citizens of examined settlements; based on the data on radionuclide content in the local food products and structure of food ration of citizens; based on the data on groups and types of soil, prevailing in the farmland and in the forest areas. The comparison of resulting assessments is done.

Key words: accident at Chernobyl NPP, radioactive contamination of territory, soil surface activity, radionuclide content in the human body, specific radionuclide activity in the food products, exposure doses.

Поступила 01.09.2010 г.

А.В. Громов
Тел. (812) 233-53-63;
E-mail: irh@ek6663.spb.edu