

УДК 614.876.06:621.039.58

**МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАКОПЛЕННЫХ
ДОЗ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ СИЧ-ИЗМЕРЕНИЙ С 1987 Г.**

Чунихин Л. А., Дроздов Д. Н.

**Государственное учреждение «Республиканский научно-
практический центр радиационной медицины и экологии
человека» Учреждение образования**

«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

г. Гомель, Республика Беларусь

Введение

На территории, загрязненной радиоактивными выпадениями в результате аварии на ЧАЭС, проживало несколько миллионов человек, подвергшихся радиоактивному воздействию в различной степени. Дозы облучения определяют основные медикобиологические последствия пострадавшего от радиационного воздействия населения. Для лиц из Регистра [1] дозы облучения являются ключевыми показателями для отнесения к группам первичного учета, определения связи заболеваемости с радиационным воздействием, оказания адресной медицинской помощи. Базовой пространственной структурой для реконструкции дозы облучения лиц из Регистра является населённый пункт (НП). Реконструкция дозы опирается, в основном, на расчетные методы, подкрепляемые результатами инструментальных измерений. При проведении расчетных оценок разделяют источники и пути формирования дозы и периоды развития аварии. По закономерностям формирования период после аварии можно разделить на два принципиально различающихся временных отрезка: 1986 и 1987 гг. и далее [2].

Период, начинающийся с 1987 г. характеризуется сокращением источников и путей облучения. Источниками внутреннего облучения на долгие годы становятся продукты питания из сельскохозяйственной продукции местного произрастания и местного производства, загрязненной путем корневого поступления радионуклидов. Содержание в организме радионуклидов в основном, ^{137}Cs и ^{134}Cs приобретает равновесный характер и для оценки дозы облучения на организм используют инструментальные методы: массовые СИЧ-измерения.

Целью работы является оценка средних эффективных накопленных доз внутреннего облучения жителей НП Республики Беларусь, проживающих на загрязненных чернобыльскими радионуклидами территориях за период 1987–2010 гг., по модели, основанной на результатах СИЧ-измерений равновесной активности изотопов цезия, содержащихся в организме человека.

Материалы и методы

Материалами для проведения сравнительных оценок являлись средние эффективные накопленные дозы облучения жителей НП Республики Беларусь. Данные СИЧ-измерений были взяты из банка данных Государственного дозиметрического регистра за период 1987–2010 гг. Информация по плотности загрязнения ^{137}Cs была предоставлена Департаментом по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Оценку средних эффективных накопленных доз облучения жителей НП Республики Беларусь проводили для взрослого населения. Реконструкция средних эффективных накопленных доз внутреннего облучения жителей НП была проведена в русле развития методологических подходов оценки дозы. В работе [3] было показано, что основными факторами, влияющими на формирование дозы внутреннего облучения жителей НП, расположенных на загрязненных чернобыльскими радионуклидами территориях, является потребление молока и пищевых продуктов леса, особенно грибов. В работах [3,4] выделены основные факторы формирования дозы внутреннего облучения: коэффициенты перехода из почвы в молоко, кислотность почв, удельная площадь леса в ареале НП. Используя

обоснованный в работе [3] методический подход, была получена кинетика формирования доз внутреннего облучения взрослых жителей загрязненных чернобыльскими радионуклидами НП по результатам СИЧ-измерений, для трех регионов, отличающихся по условиям дозоформирования. На рисунке 1 приведены средние по годам значения дозы внутреннего облучения жителей НП, отнесенные к плотности загрязнения территории проживания, для трех регионов: Полесье (регион 1), Центр (регион 2) и Северо-Восток (регион 3).

Накопленную дозу внутреннего облучения для каждого региона с 1987 г. можно рассчитать как интеграл изменения приведенных доз (рисунок 1), умноженных на плотность загрязнения НП.

Поправки на влияние фактора леса вносили с помощью поправочных коэффициентов, определяемых по процедуре, изложенной в работе [4].

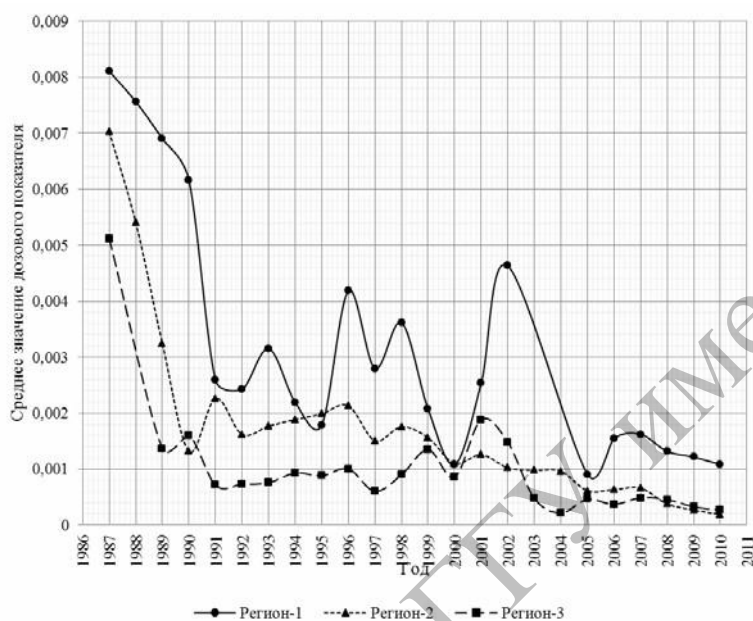


Рисунок 1 — Изменение значения приведенной дозы внутреннего облучения в период 1987–2010 гг. по данным СИЧ-измерений

Для анализа влияния лесного фактора на величину дозы внутреннего облучения весь период после аварии, после 1986 г. был разбит на 4 характерных временных отрезка: 1987–1993, 1994–1998, 1999–2004 гг. и с 2005 г. — по настоящее время, которые характеризуются различными объемами применяемых противорадиационных мероприятий и отношению населения к контрмерам. Для этих временных отрезков были получены зависимости значения $K_{нор.}$ от величины удельной площади леса в виде линейных регрессий по процедуре, описанной в работе [3].

Результаты и обсуждение

Для апробации результатов модельных расчетов были сформированы 3 выборки сравнения (по 1-й для каждого региона) из НП, в которых имелись статистически обоснованные значения средней дозы внутреннего облучения жителей. Сравнение расчетных (по модели) оценок и основанных на результатах СИЧ-измерений средних накопленных доз внутреннего облучения жителей НП для этих выборок показало, что для НП с небольшими значениями плотности загрязнения модельные оценки, в основном, ниже СИЧ-оценок, а для НП с высокими уровнями загрязнения модельные оценки выше. Было сделано предположение, что наличие зависимости разности между модельными и экспериментальными оценками от плотности загрязнения обусловлено различным объемом и эффективностью контрмер в НП с разным уровнем загрязнения.

Объем и эффективность контрмер коррелирует с величиной плотности загрязнения НП, поэтому мы предложили модифицирующий множитель — т. н. «фактор контрмер» для коррекции модельных значений в виде обратной показательной функции вида:

$$F = \frac{m}{z_k - 0,5} \quad (3)$$

где F_c — безразмерный фактор контрмер; m — константа, равная: регион 1 — 1,4, регион 2 и 3 — 1; z_k — величина, численно равная плотности загрязнения НП в 1986 г., деленная на 37, отн. ед.; n — показатель степени, равный 0,5 для региона 1, 0,6 для региона 2 и 0,33 для региона 3.

Результаты сравнения средних доз внутреннего облучения по критерию МаннаУитни, оцененных по данным обследования жителей на СИЧ и модельных оценок представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Статистические характеристики выборок сравнения

Регион	Средняя доза внутреннего облучения, мЗв		Р-уровень
	СИЧ	модель	
1	8,6	8,9	0,72
2	3,1	3,3	0,41
3	3,2	3,5	0,63

Анализ результатов, полученных на выборках сравнения для 3-х регионов, показал, что с помощью предложенной модели можно адекватно и корректно оценить средние эффективные накопленные дозы внутреннего облучения жителей НП Республики Беларусь, проживающих на загрязнённых чернобыльскими радионуклидами территориях, начиная с 1987 г. Модельные оценки имеют небольшой консерватизм, что, с одной стороны, не предполагает получение заниженных дозовых оценок, с другой стороны, дают оценки дозы, близкие к значениям, полученным по результатам СИЧ-измерений.

Выводы

Оценки накопленных доз внутреннего облучения, выполненные по предложенной модели, могут, таким образом, являться надежной основой для индивидуализации дозовых оценок для лиц из Регистра. Впервые была проведена коррекция дозовых оценок, учитывающая снижение дозы внутреннего облучения в результате проведенных противорадиационных мероприятий. Накопленная доза облучения, взятая в качестве интегрального критерия эффективности контрмер, является наиболее обоснованным показателем, т. к. контрмеры проводили в разное время в различных регионах, в разных объемах, при различных почвенно-климатических, хозяйственных и социальных условиях, и результаты проведенных контрмер нелинейно распределялись по времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. О создании Белорусского государственного регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС: Постановление Совета министров Республики Беларусь №283 05.05.93 г. — Минск, 1993. — 6 с.
2. Реконструкция среднegrуповых и коллективных накопленных доз облучения жителей населенных пунктов Беларуси, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС: утв. гл. сан. вр. Республики Беларусь В. И. Ключеновичем 30.06.2002 г. — Минск, 2002. — 41 с.
3. Власова, Н. Г. Статистический анализ результатов СИЧ-измерений для оценки дозы внутреннего облучения сельских жителей в отдаленный период аварии на ЧАЭС / Н. Г. Власова, Д. Н. Дроздов, Л. А. Чунихин // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2009. — № 4. — С. 397–406.
4. СИЧ-ориентированный метод оценки годовых доз внутреннего облучения населения в отдаленный период Чернобыльской аварии / А. В. Рожко [и др.] // Радиация и риск. — 2009. — Т. 18, № 2. — С. 48–60.