

## ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ СРЕДНЕГОДОВОЙ ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Л.А. Чунихин<sup>1</sup>, Д.Н. Дроздов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель

<sup>2</sup>УО «Гомельский государственный университет имени Ф.Скорины», Гомель, Беларусь

**Введение.** Распределение во времени средней годовой дозы внутреннего облучения жителей сельских населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения имеет не монотонный убывающий характер. Динамика спада дозы внутреннего облучения обусловлена естественной убылью радионуклидов, а также рядом природных и социальных особенностей, сложившихся на загрязненных территориях. Влияние этих особенностей наиболее интересны, поскольку позволяют оценить перспективу снижения дозовых нагрузок населения. Для оценки средних годовых доз облучения жителей населенных пунктов в настоящее время существует несколько методических подходов. Основной методический подход для Республики Беларусь, разработанный на основе инструментальных СИЧ-измерений индивидуальных доз внутреннего облучения ограниченной выборки жителей населенного пункта [1, 2, 5-7]. Другой, более распространенный в странах СНГ методический подход, основанный на оценке дозы внутреннего облучения основывается на данных среднесуточного поступления радионуклидов с продуктами питания [3, 4]. Оба подхода имеют свои плюсы и минусы, однако позволяют достаточно объективно оценивать радиационную опасность (или безопасность) территории проживания в отношении радиационного фактора. В тоже время накопленный за многолетний период наблюдений период массив данных позволяет разработать унифицированную динамическую модель оценки дозы внутреннего

облучения сельских населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения. Установленные в работах разных авторов (Скрябин А.М., 1995, Шевчук В.Е., 1996, Чунихин Л.А., 1998, Власова Н.Г., 1999, Дроздов Д.Н., 2010 и др.) закономерности позволяют выделить и оценить влияние основных факторов формирования дозы внутреннего облучения и прогнозировать возможную динамику этой величины для населенного пункта [7]. Цель работы состояла в разработке динамической модели, позволяющей проводить оценку средних годовых эффективных доз внутреннего облучения жителей населенных Республики Беларусь, проживающих на загрязненных черномыльскими радионуклидами территориях.

**Материалы и методы исследования.** Для разработки модели данные СИЧ-измерений базы Государственного дозиметрического регистра за период с января 1992 года по декабрь 2008 года. Было установлено, что за указанный период, число населенных пунктов, где в течение года производилось более 30 измерений, составило 447. Для этих населенных пунктов была сформирована выборка за каждый год измерений. Информация о плотности загрязнения населенных пунктов  $^{137}\text{Cs}$ , была представлена Республиканским центром радиационного контроля и мониторинга окружающей среды за 1992, 1998, 2001, 2004 и 2009 года. Используя представленные данные, для каждого населенного пункта была построена экспоненциальная зависимость и для каждого года определено значение плотности загрязнения территории населенного пункта. Учитывая региональные особенности формирования дозы внутреннего облучения жителей населенных пунктов, были рассчитаны СГЭД внутреннего облучения. При расчете СГЭД внутреннего облучения жителей сельских была принята модель равновесного содержания  $^{137}\text{Cs}$  в теле человека, когда значение среднего в течение года суточного поступления радионуклида соответствует его среднему суточному выведению. СГЭД внутреннего облучения жителей  $^{137}\text{Cs}$  ( $E_{\text{инт}}^{\text{инт}}$ ) определяется согласно выражению (1):

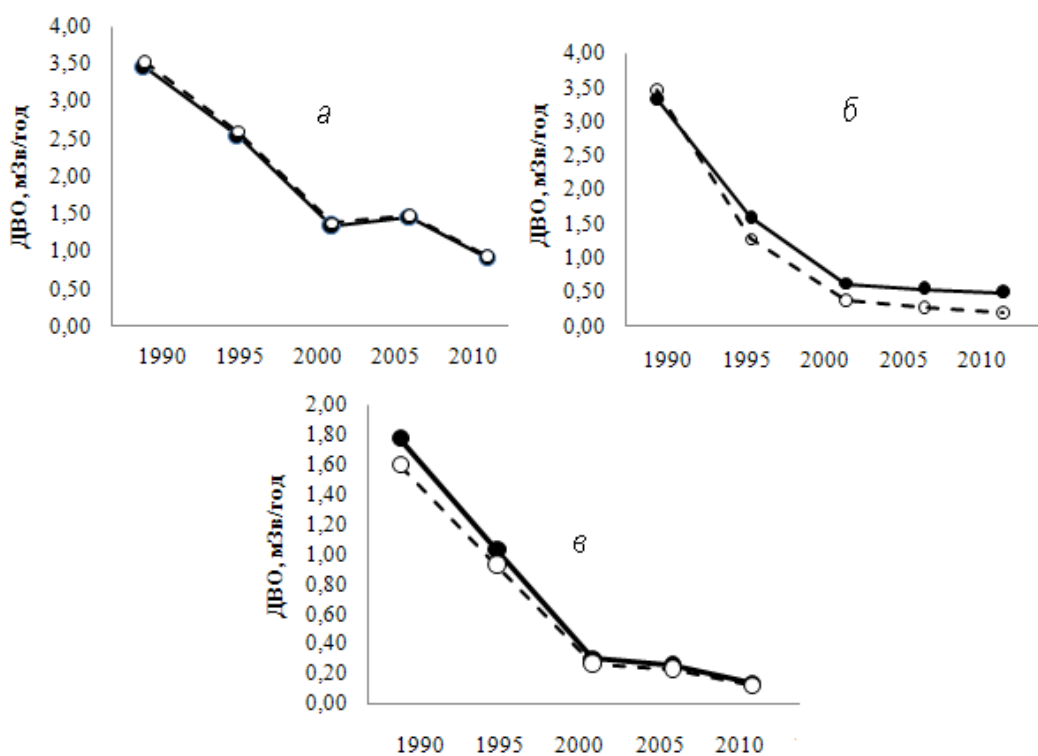
$$E_{\text{инт}}^{\text{инт}} = K_d \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i / M_i), \text{ мЗв/год} \quad (1)$$

где  $K_d$  – дозовый коэффициент, равный 2,5 (мЗв/год)/(кБк/кг);  $Q_i$  – содержание  $^{137}\text{Cs}$  в организме  $i$ -го человека по данным СИЧ-измерений, кБк;  $M_i$  – масса тела  $i$ -го человека, кг;  $n$  – количество обследованных на СИЧ жителей населенного пункта.

Для каждого населенного пункта было рассчитано величина приведенной дозы, т.е. отношение дозы на плотности загрязнения и построены графики зависимости динамики приведенной дозы для трех регионов Полесье, Северо-Восток, Центр согласно [7, 8]. Для последующей статистической обработки данных использовались методы дескриптивная статистика, регрессионный и дисперсионный анализ. Статистическая обработка была проведена с помощью пакета статистических программ STATISTICA 6.0 и редактора MS Office Excel 2007.

**Результаты и их обсуждение.** Динамика снижения приведенной дозы хорошо описывается двух экспоненциальной моделью. Первая экспонента аппроксимирует быстрый компонент на начальном отрезке времени (быстрая фаза), а вторая экспонента описывает участок кривой медленного снижения приведенной дозы внутреннего облучения в последующий период (медленная фаза). Аппроксимация двух экспонент имеет следующее объяснение: основные объемы противорадиационных мероприятий в первые годы после аварии были реализованы в регионе Центр, включающий Брагинский, Хойникский и Наровлянский районы. В связи с этим величина периода полууменьшения дозы ( $T_{1/2}$ ) в уравнения для Центрального региона принимает наименьшее значение 3 и 12 лет. Крупные масштабы и большой объем контрмер были выполнены и в регионе

Северо-Восток (Ветковский, Чечерский, Кормянский и др. районы), хотя имела место значительная задержка по времени. Величина периода полууменьшения дозы ( $T_{1/2}$ ) в уравнения для региона Северо-Восток принимает значение 4 и 15 лет. Значения периода полууменьшения дозы внутреннего облучения для региона Полесье в быструю фазу снижения составил 5 лет, а в медленную фазу 31 год. Регион Полесье резко отличается от других по условиям формирования дозы внутреннего облучения. В основном, это объясняется преобладанием почв с аномально высокими коэффициентами перехода цезия-137 в системе почва-растение и пищевыми привычки жителей этого региона, связанными с традиционно высоким потреблением пищевых продуктов леса. Кроме этого, территория региона в меньшей степени загрязнена чернобыльскими радионуклидами, вследствие чего объем проведенных контролей был меньшим, чем в других регионах. Результатом влияния этих факторов является увеличение значение периода полууменьшения дозы для региона Полесье в медленную фазу. На первый взгляд, это величина является парадоксом, т.к. превышает значение периода полураспада цезия-137. Этот факт означает, что активность дикорастущих грибов и лесных ягод практически не меняется, а потребление в условиях фактического отсутствия запретов на пользование лесом значительно зависит от урожайности «даров леса».



**Рисунок 1 – Динамика СГЭД населенных пунктов согласно каталогов 1992-2008 и модельные оценки для 3-х регионов: а – полесье, б – центр, в – северо-восток.**

Статистический анализ результатов оценки дозы внутреннего облучения, проведенный на выборках сравнения для трех регионов, выполненных по 2-экспоненциальной динамической модели и полученных непосредственно из результатов СИЧ-измерений, показал однородность всех выборок по критерию Манна-Уитни. Значения достоверной вероятности различия (р-уровень) для регионов Полесье, Центр и Северо-Восток, составили 0,88, 0,28 и 0,72 соответственно. Результаты оценки СГЭД, полученные по динамической модели, экстраполированы на 2014 года и сопоставлены с данными каталога доз за 2014 год. Результаты сравнения представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа**

Год	ДВО, мЗв/год						р-уровень
	полесье		центр		северо-восток		
	К*	М**	К	М	К	М	
1992	3,45±0,35	3,53±0,53	3,33±0,33	3,47±0,26	1,77±0,27	1,59±0,26	> 0,05
1998	2,54±0,38	2,59±0,31	1,59±0,21	1,28±0,20	1,03±0,20	0,93±0,18	> 0,05
2004	1,34±0,16	1,37±0,22	0,61±0,10	0,38±0,05	0,30±0,10	0,27±0,05	> 0,05
2009	1,45±0,23	1,48±0,15	0,55±0,10	0,27±0,10	0,26±0,10	0,23±0,05	> 0,05
2014	0,91±0,10	0,93±0,20	0,49±0,10	0,20±0,05	0,14±0,05	0,13±0,05	> 0,05

\* – по данным Каталогов доз облучения, \*\* – расчет по модели

**Заключение.** Анализ результатов, полученных на выборках сравнения для трех регионов, показал, что с помощью предложенной модели можно адекватно и корректно оценить средние годовые эффективные дозы внутреннего облучения жителей НП Республики Беларусь, проживающих на загрязненных чернобыльскими радионуклидами территориях.

#### Литература

1. Постановление Кабинета Министров Республики Беларусь № 283. – 05.05.1993.
2. ISPR Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection // Ann. ICPR. Oxford: Pergamon Press, 2007. – 332 с.
3. Ильин, Л.А. Радиационная безопасность и защита: справочник / Л.А. Ильин, В.Ф. Кириллов. – М. : Медицина, 1996. – 336 с.
4. 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., Перевозников О.Н., Чумак В.В., Шевчук В.Е. – Вена, Австрия, 200.
5. Каталог доз облучения жителей, НП Республики Беларусь. Утверждено Министром здравоохранения В.С. Казаковым 19 октября 1992г. Минск – 1992 г. – 94 с.
6. Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь / Н.Г. Власова [и др.]; утв. М-стром здравоохранения Республики Беларусь 7.07. 2009 г. – Гомель: РНПЦ РМиЭЧ, 2009. – 86 с.
7. Оценка средней годовой эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь, для целей зонирования / Н.Г. Власова, В.Ф. Миненко, Л.А. Чунихин, Ю.Е. Крюк, Ю.В. Висенберг, С.В. Лещева, Д.Н. Дроздов, В.Б. Масыкин, Е.П. Куц; утв. Министерством здравоохранения Республики Беларусь 27.06.08 г. №ГР 044-0508. – Гомель, 2008. – 13с.
8. Дроздов, Д. Н. Прогноз дозы внутреннего облучения в отдаленный период аварии на ЧАЭС / Д.Н. Дроздов, Л.А. Чунихин // Чернобыльские чтения – 2014: Материалы международной научно-практической конференции (Гомель, 10-11 апреля 2014г.) / М-во здравоохр. РБ, РНПЦ радиац. медиц.; под общ. ред. А.В. Рожко. – Гомель, ГУ «Респ. науч.- пр. центр рад.мед. и экол. чел.». Гомель, РНИУП «Институт радиологии». – 2014. – С. 42-44.