

РАЗДЕЛ VI

ЧАСТЬ 1. ЗДОРОВЬЕ И СРЕДА ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА, АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

Аветисов А. Р., Стожаров А. Н.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРЯМЫМ И РАСЧЕТНЫМ МЕТОДОМ

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Простой и точный метод оценки эффективных доз, формируемых на население, проживающее на загрязненной радионуклидами территории, является необходимым и достаточным условием для принятия своевременных управленческих решений в области радиационной безопасности. Не менее важным критерием контроля доз облучения в современных условиях является экономическая сторона вопроса, а именно, уровень затрат на исследование дозовых нагрузок на население, которое проживает на загрязненной территории. Известно, что регулярная дозиметрия на основе прямых измерений с помощью СИЧ является весьма затратной и даже при наличии достаточных ресурсов не сможет охватить в полной мере население загрязненных территорий. Однако в силу необходимости постоянного мониторинга, т. е. регулярного анализа доз и прогнозирования последствий облучения, назрела необходимость в применении простых, точных и доступных инструментов мониторинга доз облучения, формируемых в результате чернобыльских выпадений, на основе адекватной радиоэкологической модели. Данный модельный подход ни в коем случае не является заменой СИЧ-дозиметрии, т. к. последний является «золотым стандартом» в области измерения доз внутреннего облучения. Периодическое сравнение доз облучения полученных различными расчетными методами с данными прямых измерений у критических групп населения останется необходимым инструментом контроля. Таким образом, применение точных и воспроизводимых дозиметрических моделей становится все более востребованным, позволяет существенно снизить частоту, масштабность, и, как следствие, затратность эталонного метода СИЧ-исследования.

Вторым несомненным преимуществом моделирования является использование мощного инструмента для оперативного и качественного контроля радиационной безопасности практически в любой точке республики исходя из данных радиационно-экологической обстановки. Например, данный подход может быть использован и уже используется для оценки радиоэкологической обстановки, вокруг строящейся Белорусской АЭС [1]. В данной ситуации наиболее отчетливо видно, что применение СИЧ-дозиметрии будет иметь организационные, материально-технические и материальные трудности. В то же время, применение радиоэкологического метода предоставляет как возможность оперативной оценки ситуации, так и ее прогнозирования на любой срок.

В качестве исходных данных использованы результаты СИЧ-дозиметрии работников Полесского государственного радиационно-экологического заповедника за 2014 год. Другим источником служили данные о среднем содержании Cs-137 в организме и средних дозах внутреннего облучения жителей населенных пунктов Хойникского района, обследованных на СИЧ в 2015 году. Значения площадной активности того же района по Cs-137 взяты из Каталога средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь [2]. Радиоэкологическое моделирование проведено с помощью компьютерной программы Resrad (onsite) v.7.0 (США). Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программы Statistica 10.

На первом этапе исследований нами проведено моделирование дозовых нагрузок на население, проживающее в условиях загрязнения территории по Cs-137. Используются следующие параметры для расчетов, отличающиеся от значений по умолчанию:

- плотность загрязнения территории в г. Хойники составляет 2,01 Ки/км²;
- средняя плотность почв – 1,35 г/см³;
- статистика годового потребления цельномолочной продукции – 100 кг, мясной продукции – 91 кг, растительной продукции – 163 кг.
- площадь загрязненной зоны – 5 км².
- толщина загрязненного слоя – 0,2 метра.
- формирование облучения – внешнее и внутреннее (пероральный путь поступления).

Данный подход к использованию параметров расчета дозы имеет некоторые неопределенности. Например, в программе отсутствуют четкие указания на использование цифр потребления молока в разрезе использования молочной продукции. Учитывая тот факт, что по умолчанию в программу заложено потребление 92 литров молока, нами был сделан вывод о том, что эта цифра касается исключительно цельномолочной продукции, т. к. потребление молочной продукции в пересчете на цельное молоко значительно выше и для Республики Беларусь превышает 250 литров на человека, в то время как потребление цельномолочной продукции составляет 100 литров.

В результате моделирования средняя эффективная доза внутреннего облучения на население, проживающее в заданных условиях, составила 16,3 мкЗв/год. Распределение вклада различных компонентов пищевого рациона представлено в табл. 1.

Таблица 1

Вклад различных компонентов питания в формирование дозы внутреннего облучения населения

Год	Доза внутреннего облучения, мкЗв/год			Всего
	растительная пища	мясная продукция	цельномолочная продукция	
2015	2,8	10,7	2,8	16,3

Как видно из таблицы, три основных компонента питания населения формируют суммарную среднегодовую эффективную дозу внутреннего облучения для жителей г. Хойники, равную 16,3 мкЗв/год. При этом основная часть дозо-

вой нагрузки приходится на мясную продукцию, которая формирует почти 2/3 дозы внутреннего облучения.

На следующем этапе нами были проанализированы данные измерений СИЧ для работников Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Всего было обработано 685 измерений. Описательная статистика представлена в табл. 2.

Таблица 2

Описательная статистика по данным СИЧ-дозиметрии

Число наблюдений	Среднее значение, мкЗв/год	Медиана, мкЗв/год	Стандартное отклонение	Асимметрия	Стандартная ошибка асимметрии
685	27,35	15,65	45	9,04	0,09

Представленные сведения показывают, что невзирая на значительное число измерений, распределение выборки не является нормальным. На это указывают, во-первых, существенное отличие среднего значения и медианы, во-вторых, большое значение коэффициента асимметрии, а, в-третьих, значительное отношение асимметрии к стандартной ошибке асимметрии. Аналогичная картина прослеживается и для эксцесса (135,5) и стандартной ошибки эксцесса (0,186). При выявлении признаков асимметрии рекомендуется использовать значение медианы вместо среднего значения [3]. Известно, что в большинстве вариационных рядов с увеличением выборки различия между медианой и средним значением уменьшаются. И действительно, данные о средних дозах внутреннего облучения 2719 жителей г. Хойники, обследованных на СИЧ в 2015 г. показывают, что среднее значение составляет 17 мкЗв/год, т.е. на 1,3 мкЗв/год отличается от медианы, представленной выше и значительно отличается от среднего значения для выборки из 685 человек. Таким образом, мы видим, что представительность выборки существенно влияет на среднюю величину. Если в выборке из 685 человек среднее оказалось выше медианы в 1,75 раза, то в выборке из 2719 наблюдений она в 1,09 раза выше медианы. К сожалению, мы не располагаем сведениями об описательной статистике по выборке из 2719 наблюдений и можем лишь предполагать, что асимметрия данных согласно статистическим закономерностям должна быть менее выраженной. Сравнение данных, полученных с помощью радиоэкологической модели, еще меньше отстоит от медианы и лишь в 1,045 раза выше медианы эффективной дозы СИЧ 2014 и в 1,039 раз меньше среднего значения по данным 2719 измерений СИЧ-дозиметрии в 2015 году.

Полученные нами данные хорошо согласуются с данными российских коллег, которые также демонстрируют совпадение данных по дозовым нагрузкам, полученных по результатам СИЧ-спектрометрии и радиоэкологической модели [4].

Таким образом, радиоэкологическая модель показывают максимальное возможное приближение к данным СИЧ-дозиметрии, проведенным для жителей г. Хойники в 2014 и 2015 годах, что позволяет использовать расчетные методы для мониторинга радиоэкологической ситуации в Республике Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анализ* формирования годовой эффективной дозы облучения за счет выпадения техногенных радионуклидов на территории Островецкого района Гродненской области / А. Н. Стожаров [и др.] // Мед. журн. 2016. № 1. С. 140–143.
2. *Каталог* средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь. Минск, 2015. 94 с.
3. *Орлов, А. И.* Прикладная статистика : учебник / А. И. Орлов. М. : Экзамен, 2004. 656 с.
4. *Сравнение* расчетных оценок индивидуальных доз внутреннего облучения всего тела с данными, полученными на основе СИЧ-измерений / Е. Е. Калашникова [и др.] // Радиация и риск. 2010. Т. 19. № 4. С. 45–49.