

Биология

УДК 574:539.104

Прогноз коэффициента перехода ^{137}Cs в звене почва-молоко и дозы внутреннего облучения населения, формируемой за счет потребления молока, производимого на различных типах почв в отдаленный период после катастрофы на Чернобыльской АЭС

В.С. АВЕРИН, Д.А. НОЗДРЕВ

Представлены результаты теоретических расчетов на основании данных радиационного мониторинга. В качестве объекта исследования рассматривались различные типы почв, на которых происходил выпас коров. Рассчитывались коэффициенты перехода ^{137}Cs из почвы в молоко.

Ключевые слова: Коэффициент перехода, дозы внутреннего облучения.

The results of theoretical calculations based on radiation monitoring data are presented. As the object of study various types of soil, which occurred grazing cows are considered. The coefficient of ^{137}Cs transfer from soil to milk is calculated.

Keywords: transfer factor, internal exposure doses.

Введение. В первые годы после катастрофы до 80 % дозы внутреннего облучения сельского населения, проживавшего на территории радиоактивного загрязнения, формировалась за счет потребления загрязненного ^{137}Cs молока. В Беларуси радиоактивному загрязнению была подвержена значительная часть территории страны площадью 4,8 млн. га (23 % общей площади страны). Одной из главных задач в постчернобыльский период была разработка контрмер на кормовых угодьях, где достигался наибольший эффект уменьшения загрязнения продукции растениеводства, а данная отрасль сельскохозяйственного производства является определяющим звеном в загрязнении молока и мяса и, как следствие, снижение поступления радионуклидов в организм человека.

Основная часть. Миграция радионуклидов в почве происходит, благодаря совокупности разных процессов, которые приводят к перераспределению нуклидов в глубь почвенного покрова. Основными «движущими силами», миграции радионуклидов в почве являются: конвективный перенос (фильтрация атмосферных осадков вглубь почвы, капиллярный поток влаги к поверхности почвы, который вызван испарениями, теплоперенос влаги под действием градиента температуры), диффузия свободных ионов (миграция свободных ионов радионуклида, содержащихся в почвенном растворе) и сорбция ионов (по ионообменному механизму), перенос радионуклидов корневыми системами растений и хозяйственная деятельность человека [1]–[3].

Миграция (поступление) радионуклидов из почвы в растения зависит от комплекса факторов. Основными факторами, определяющими уровни накопления радионуклидов в растениях, является: физико-химические формы радионуклидов, агрохимические свойства почв, биологические особенности растений, агротехника выращивания культур [4].

Для определения поступления радионуклидов из почвы в растения используют следующие показатели: коэффициент биологического поглощения и коэффициент перехода или коэффициент пропорциональности. Данные показатели используются в радиоэкологии – с помощью их сравнивают и характеризуют уровни накопления радионуклидов для разных видов растений, животных и т. д. [5].

Материалы и методы. На основе сформированной базы данных об уровнях загрязнения ^{137}Cs молока частного сектора, а также данных Республиканского центра по гидрометеорологии и радиационному контролю об уровнях загрязнения радионуклидами населенных пунктов, были высчитаны коэффициенты перехода согласно формуле:

$$КП = \frac{A_m}{A_s}$$

где A_m – активность радионуклидов в молоке (Бк/л), A_s – плотность радиоактивного загрязнения (Бк/м²).

Коэффициент перехода – это эмпирический параметр, устанавливающий соотношение концентраций радионуклида на двух трофических уровнях, например, в мясе или молоке и в почве пастбищ или лугов.

Доза внутреннего облучения, получаемого при употреблении молока, рассчитывалась по формуле: $D = A_m \times DF_{Cs^{137}} \times H_m$, где D – внутренняя доза облучения, A_m – активность радионуклидов в молоке (Бк/л), $DF_{Cs^{137}}$ – дозовый коэффициент при поступлении цезия-137, H_m – годовое потребление молока.

Полученные данные были статистически обработаны, с целью определения достоверности полученных данных.

Результаты исследования и их обсуждение.

Коэффициенты перехода ^{137}Cs из почвы в молоко были рассчитаны с 1995 по 2005 г., и на основе полученных данных составлен прогноз на 2020 г.

На период с 1995 г. по 2005 г. коэффициенты перехода ^{137}Cs из почвы в молоко достоверно различалась между всеми типами почв. По прогнозам на 2020 г. коэффициенты перехода ^{137}Cs из почвы в молоко, которое производилось в населенных пунктах, расположенных на территории с минеральными и торфяно-болотными типами почв, практически совпадают. Достоверные различия имеется для коэффициента перехода ^{137}Cs из почвы в молоко, которое было произведено на территории, расположенной недалеко от лесных массивов (рисунок 1).

Таким образом, по состоянию на 2020 г. критическими с позиции уровня загрязнения получаемого на них молока будут почвы, расположенные вблизи лесных массивов.

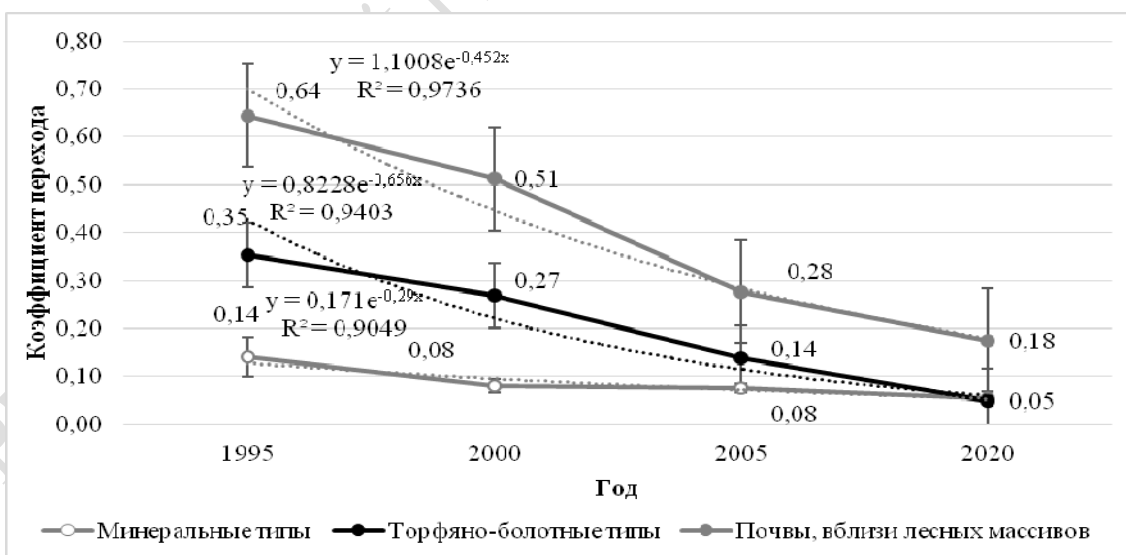


Рисунок 1 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs из почвы в молоко на различных типах почв

Эмпирический критерий Фишера равен 9,36, что больше критического, который равен 1,13 при уровне значимости меньше 0,05. Этот факт свидетельствует о достоверном различии средних.

На основе полученных данных по прогнозу на 2020 г. коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в молоко и плотности загрязнения ^{137}Cs была рассчитана прогнозная удельная активность молока, произведенного на территории с различными типами почв на 2020 г.

На период с 1995 г. по 2005 г. удельная активность молока достоверно различалась между всеми типами почв. В то же время, прогнозные значения на 2020 г. удельной активности молока по ^{137}Cs , произведенного в населенных пунктах, расположенных на территории с минеральными и торфяно-болотными типами почв, практически одинаковы, но имеются достоверные различия удельной активностью молока, произведенного на территории, расположенной недалеко от лесных массивов (рисунок 2).

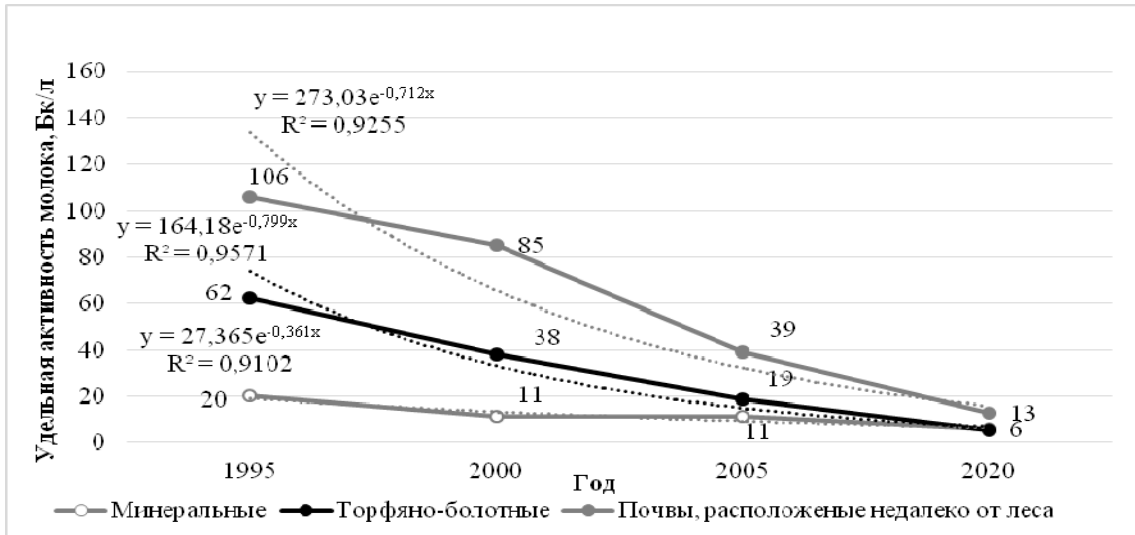


Рисунок 2 – Удельная активность молока, произведенного на различных типах почв

К 2020 г. акценты критичности почв будут смещаться от торфяно-болотных почв к почвам, расположенным вблизи леса. Эмпирический критерий Фишера равен 4,71, что больше критического, который равен 1,13 при уровне значимости меньше 0,05.

На основании данных по удельной активности молока была рассчитана среднегодовая доза внутреннего облучения, получаемая при употреблении молока, динамика на период с 1995 и по 2020 гг.

В период с 1995 г. по 2005 г. получаемая внутренняя доза при употреблении молока по группам достоверно различалась между всеми типами почв (рисунок 3).

Прогнозная оценка дозы внутреннего облучения за счет молока, которое будет производиться в населенных пунктах, расположенных на территории с минеральными и торфяно-болотными типами почв в 2020 г., свидетельствует о недостоверном различии средних (рисунок 3).

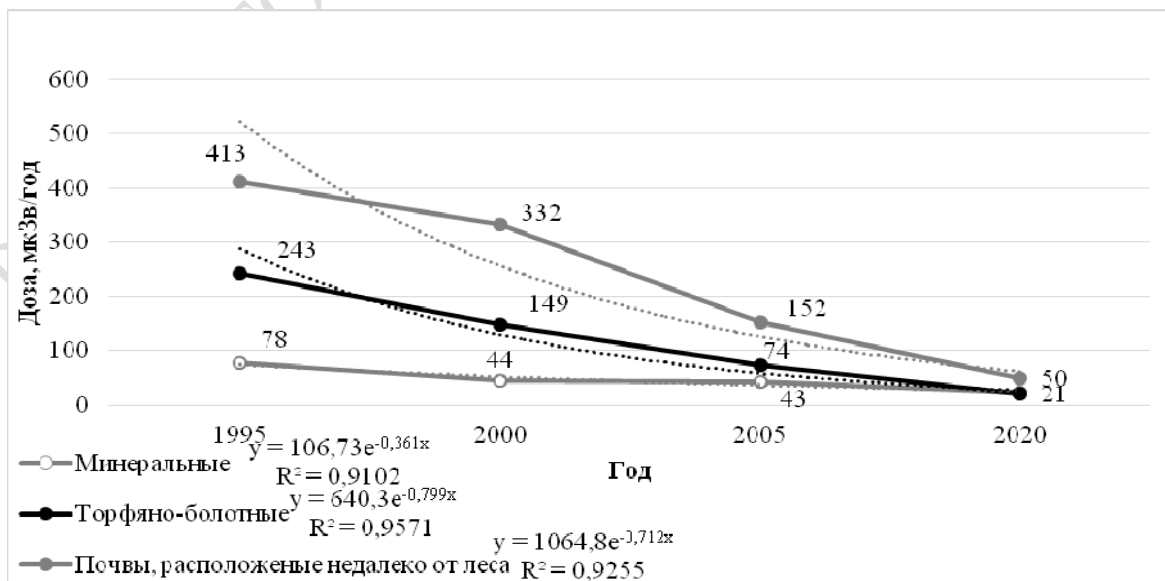


Рисунок 3 – Получаемая внутренняя доза облучения на различных типах почв

Однако наблюдается достоверное различие между величиной дозы при употреблении молока, которое было произведено на территории с минеральными и торфяно-болотными типами почв и молоком, произведенным на территории, расположенной недалеко от лесных массивов. Эмпирический критерий Фишера равен 4,71, что больше критического, который равен 1,13 при уровне значимости меньше 0,05.

Учитывая то, что предельно допустимая получаемая доза для населения составляет 1 мЗв/год а максимальная получаемая внутренняя доза от употребления молока приблизительно равна 50 мкЗв/год, то молоко по прогнозам на 2020 г. не будет являться основным дообразующим продуктом, в отличие от состояния на 1995 г. [6].

Заключение. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что, благодаря естественным процессам (радиоактивный распад) и вводимым защитным мероприятиям, наблюдается снижение коэффициентов перехода и удельной активности молока, а помимо этого – еще и снижение внутренней дозы облучения получаемой при употреблении молока. При этом стоит обратить внимание на то, что в диапазоне 1995 по 2005 гг. в зависимости от типа почвы все анализируемые параметры, коэффициент перехода, удельная активность, средне-годовая получаемая внутренняя доза облучения значительно различались. Иная ситуация прогнозируется в 2020 г., когда достоверной разницы между коэффициентами перехода удельной активностью молока и среднегодовой получаемой внутренней дозой на минеральных и торфяно-болотных типах почв наблюдаться не будет.

Однако стоит обратить внимание на то, что анализируемые параметры (коэффициент перехода, удельная активность, среднегодовая получаемая внутренняя доза) на почвах, расположенных недалеко от леса будут достоверно отличаться от анализируемых параметров на минеральных и торфяно-болотных типах почв. Различие этих параметров на данных территориях можно изменить при организации защитных мероприятий по снижению перехода ¹³⁷Cs из почвы в молоко, что в конечном итоге будет способствовать и снижению дозы облучения, формируемой за счет употребления молока.

Литература

1. Правила ведения агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2002–2005 гг. / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Мн., 2002. – 74 с.
2. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС) / Под общей ред. В.И. Парфенова, Б.И. Якушева. – Мн. : Навука і тэхніка, 1995. – 582 с.
3. Лурье, А.А. Сельскохозяйственная радиология и радиэкология / А.А. Лурье. – М. : ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. – 227 с.
4. Моисеев, А.А. Цезий-137 в биосфере / А.А. Моисеев. – М. : Атомиздат, 1975. – 182 с.
5. Рекомендации по определению требуемого водного режима для минимизации накопления радионуклидов многолетними травами: Утв. Комчэрнобыль / Брестский филиал РНИУП «Институт радиологии» ; Под ред. А.С. Судаса. – Пинск, 2004. – 32 с.
6. Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности» [Электронный ресурс] / Государственное научное учреждение «Объединенный Институт Энергетических и Ядерных исследований – Сосны». – 2015. – Режим доступа : <http://sosny.bas-net.by>. – Дата доступа : 22.12.2015.

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Поступила в редакцию 06.03.2016