

УДК 614.876.06:621.039.58

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕХОДА  $^{137}\text{Cs}$  В ЦЕПИ «ПОЧВА – МОЛОКО»****Ю. В. Висенберг****Республиканский научно-практический центр радиационной  
медицины и экологии человека, Гомель**

Целью работы является выявление статистической зависимости формирования дозы внутреннего облучения жителей сельских населенных пунктов от коэффициента перехода радионуклида цезия-137 в цепи «почва-молоко».

**Ключевые слова:** населенный пункт, доза внутреннего облучения, дозоформирование, коэффициент перехода радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в цепи «почва-молоко».

**DEPENDENCE OF TRANSFER INTERNAL EXPOSURE DOSE ON  $^{137}\text{Cs}$  TRANSITION COEFFICIENT IN A CHAIN «GROUND – MILK»****Yu. V. Visenberg****Republican Scientific-Practical Centre of Radiation Medicine  
and Human Ecology, Gomel**

The aim of the study: to revile statistic dependence of the internal exposure dose on  $^{137}\text{Cs}$  transition coefficient in a chain «ground – milk».

**Key words:** settlement, internal exposure dose, dose formation,  $^{137}\text{Cs}$  transition coefficient in a chain «ground – milk».

**Введение**

При принятии решений по планированию радиационной защиты населения и реализации защитных мероприятий, а также оценки эффективности их проведения имеет важное значение оценка доз облучения. Для ее проведения необходимо изучение закономерностей дозоформирования. Корректная оценка дозы облучения — сложная научная задача.

Поступление радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в организм сельских жителей обусловлено потреблением загрязненных пищевых продуктов, в частности, молока и молочных продуктов, произведенных в личных подсобных хозяйствах. Связь радиационного качества молока с плотностью загрязнения сельхозугодий населенного пункта определяется коэффициентом перехода. Коэффициент перехода это — отношение удельной активности молока к средней плотности загрязнения сельхозугодий в населенном пункте (НП) [1].

**Материалы и методы**

Материалами исследования зависимости коэффициента перехода радионуклидов явились базы данных по результатам спектрометрических измерений удельной активности проб молока, собранных в исследуемых населенных пунктах районов Гомельской области, расположенных на территориях как с низкими, так и с высокими значениями плотности загрязнения. Работа выполнялась в рамках НИР по созданию

каталогов средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь в 1991, 1993, 1998 и 1999 гг. сотрудниками Гомельского филиала НИКИ радиационной медицины и эндокринологии, Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия «Институт радиологии» и Гомельского областного центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья.

Были применены методы прикладной статистики: корреляционный и регрессионный анализ для выявления корреляционной связи между дозой внутреннего облучения населения и коэффициентом перехода радионуклида цезия-137 в цепи «почва – молоко».

**Результаты и обсуждение**

Из ранее проведенных исследований известно, что значения коэффициента перехода существенно варьируют не только на сельхозугодьях с одним уровнем загрязнения, но и в пределах одного сельсовета. Очевидно, существуют природные или экологические факторы, связанные с особенностью поступления радионуклидов по цепи «почва – растительность – молоко» [2–4].

Содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции зависит не только от плотности загрязнения, но и от типа почв, их гранулометрического состава и агрохимических свойств, режима увлажнения, биологиче-

ских особенностей возделываемых культур. Следует отметить, что среди загрязненных радионуклидами земель Беларуси большую часть составляют почвы легкого гранулометрического состава, характеризующиеся низкой емкостью поглощения, малым содержанием гумуса и вторичных глинистых минералов, повышенной гидроморфностью и высокими коэффициентами перехода радиоактивных веществ в сельскохозяйственные культуры [5]. Установлено, что гранулометрический состав почвы влияет на прочность закрепления микроколичества радионуклидов. Поглощенные радионуклиды, особенно  $^{137}\text{Cs}$ , сильнее закрепляются тяжелыми почвами, чем легкими. С уменьшением размера фракций почвы прочность закрепления ими  $^{137}\text{Cs}$  повышается. Наиболее прочно закрепляются радионуклиды илистой фракцией. Почвы тяжелого гранулометрического состава обладают большим количеством мелкодисперсных фракций, нежели легкие, поэтому и величины накопления радионуклидов растениями напрямую зависят от гранулометрического состава почв.

Поступление радионуклидов в растения, произрастающие на дерново-подзолистых суглинистых почвах, в 1,5–2 и более раз ниже по сравнению с дерново-подзолистыми песчаными почвами. Высокая сорбционная способность мелкодисперсных фракций объясняется не только большой удельной поверхностью илистых и глинистых частиц, но и особенностями их минералогического состава. Минеральная часть почвы составляет от 55 до 97% массы почвы. В почве содержатся первичные минералы, представленные, главным образом, скелетными и крупнопесчаными частицами, и вторичные минералы, которые преобладают в глинистых и коллоидных фракциях почвы. Наибольшей поглотительной способностью по отношению к микроколичеству радионуклидов обладают минералы монтмориллонитовой группы и группы гидрослюдов [5]. Минералы каолиновой группы и группы слюды характеризуются меньшей сорбционной способностью по отношению к макро- и микроколичеству катионов, находящихся в почве. Поглощенный  $^{137}\text{Cs}$  прочнее сорбируется минералами. Особенно прочно  $^{137}\text{Cs}$  закрепляется минералами монтмориллонитовой группы [5]. Различия в полноте сорбции и в степени их закрепления разными минералами обусловлены, прежде всего, неодинаковой структурой кристаллической решетки минералов. Минералы монтмориллонитовой группы, а также слюды и гидрослюды обладают способностью к интермицеллярному поглощению — это вхождение катионов внутрь кристаллической решетки минералов. Основными составляющими минеральной части дерново-подзоли-

стых почв являются первичные минералы, главным образом, кварц и полевые шпаты, отличающиеся низкой поглотительной способностью.

Таким образом, гранулометрический состав почв в значительной степени определяет их поглотительную способность. Сорбционная способность почв зависит от степени дисперсности почвенных частиц. Почвы тяжелого гранулометрического состава обладают большим количеством мелкодисперсных фракций, нежели легкие. Коэффициенты перехода радионуклидов в растения, произрастающие на дерново-подзолистых суглинистых почвах, в 1,5–2 раза ниже по сравнению с дерново-подзолистыми песчаными почвами. Илистые и глинистые фракции почв обладают высоким содержанием гумуса и обменных катионов, большой емкостью катионного обмена. Коэффициент перехода в торфяно-болотных типах почв по молоку равен  $0,6 \times 10^{-3} \text{ м}^2 / \text{кг(л)}$ , в почвах других типов — меньше. Например, в песчаных и супесчаных (дерново-подзолистых, дерново-глеевых, дерновых, светло-серых и серых лесных) коэффициент перехода равен  $0,2 \times 10^{-3} \text{ м}^2 / \text{кг(л)}$ , в легко- и среднесуглинистых (дерново-подзолистых, дерновых, серых и темно-серых лесных, выщелоченных и оподзоленных черноземах) почвах коэффициент перехода равен  $0,07 \times 10^{-3} \text{ м}^2 / \text{кг(л)}$ , в тяжелосуглинистых и глинистых (темно-серых лесных; черноземах; выщелоченных, оподзоленных, типичных, обыкновенных, южных; каштановых) почвах коэффициент перехода равен  $0,03 \times 10^{-3} \text{ м}^2 / \text{кг(л)}$  [5].

Поведение в почвенном покрове поступивших из атмосферы радиоактивных продуктов в значительной степени зависит от форм их нахождения в радиоактивных выпадениях и почвах. Формы нахождения радионуклидов на разных типах почв различны. Нахождение и подвижность радионуклидов в почвах зависят от физико-химических свойств последних, строения почвы и других факторов. Существенное значение имеют количество и характер органического вещества почвы и растворимость образующихся органических соединений с этими элементами. Согласно имеющимся данным, поведение радионуклидов в почвах, их подвижность и доступность растениям зависит от совокупного действия различных факторов, к которым относятся условия внешней среды, тип почв и физико-химические свойства самих элементов. Кроме того, территории с высокой плотностью загрязнения отличаются крупнодисперсностью выпадений, т. е. «крупные» — активные частицы рассеяны на относительно большой площади. Отсюда, поступление в растения этих рассеянных активных частиц не только крайне неравномерно, но и маловероятно.

Известно, что водный режим почв в значительной мере влияет на процессы жизнедеятельности растений и темпы вовлечения химических элементов в биологический круговорот. Однако роль почвенной влаги в процессах миграции и накопления радиоактивных изотопов в почвенно-растительном покрове изучена еще недостаточно, а имеющиеся по этому вопросу немногочисленные данные довольно противоречивы.

Независимо от условий увлаженности, миграционная способность радионуклидов возрастает в ряду почв: дерново-луговая, торфяно-глеевая, дерново-подзолистая (песчаная).

На территории Беларуси выделяют следующие типы почв: дерново-карбонатные, дерново-подзолистые, дерново-подзолистые заболоченные, дерново-болотные, торфяно-болотные, пойменные (аллювиальные) дерново- и торфяно-болотные. Гомельская область на 83,9% относится к Юго-восточному округу Беларуси. Почвообразующие породы представлены песками и супесями древнеаллювиального и водно-ледникового происхождения, лессовидными суглинками, донно-моренными песчаненными суглинками и торфяными отложениями, в основном, низинного типа. Разнообразие природных условий, в том числе и почв, в различных частях округа дает основания выделить

в составе его два почвенных района и два подрайона [6]. Район дерново-подзолистых заболоченных песчаных, супесчаных и торфяно-болотных почв низинного типа подразделяется на подрайон дерново-подзолистых заболоченных песчаных, супесчаных и торфяно-болотных почв низинного типа и подрайон дерново-подзолистых заболоченных почв, развивающихся на водно-ледниковых супесях и древнеаллювиальных песках. Второй район по типу почв относится к дерново-подзолистым почвам, развивающимся на лессовидных суглинках (местами на лессах) [6].

Исследуемые районы классифицируются по типам почв следующим образом: Лельчицкий и Наровлянский районы (торфяно-болотные почвы); Житковичский и Хойникский районы (дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы); Ветковский и Чечерский районы (дерново-подзолистые суглинистые почвы).

Был проведен корреляционный и регрессионный анализ зависимости дозы внутреннего облучения жителей выбранных населенных пунктов Чечерского, Хойникского, Наровлянского, Ветковского, Житковичского, Лельчицкого районов от коэффициента перехода радионуклида <sup>137</sup>Cs в цепи «почва-молоко». Результаты анализа представлены на рисунках 1–6.

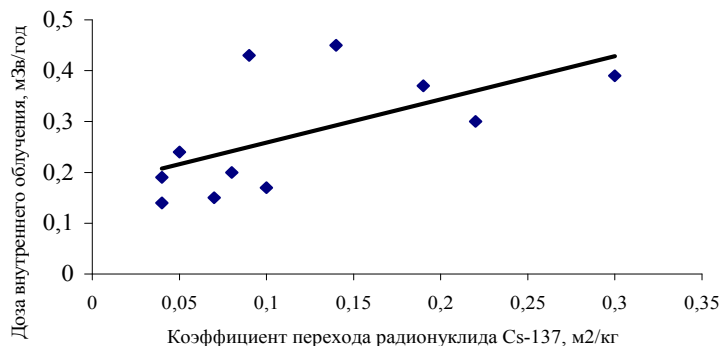


Рисунок 1 — Зависимость дозы внутреннего облучения от коэффициента перехода радионуклида <sup>137</sup>Cs в молоко в населенных пунктах Ветковского района

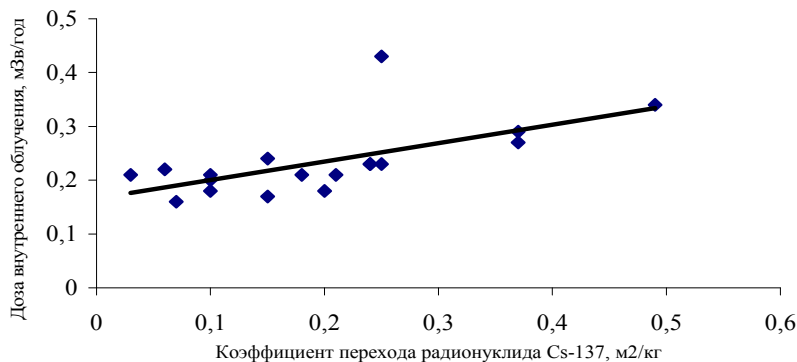
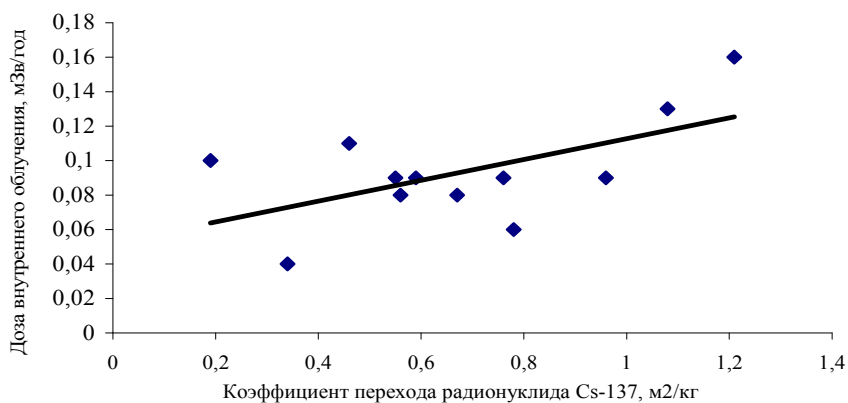
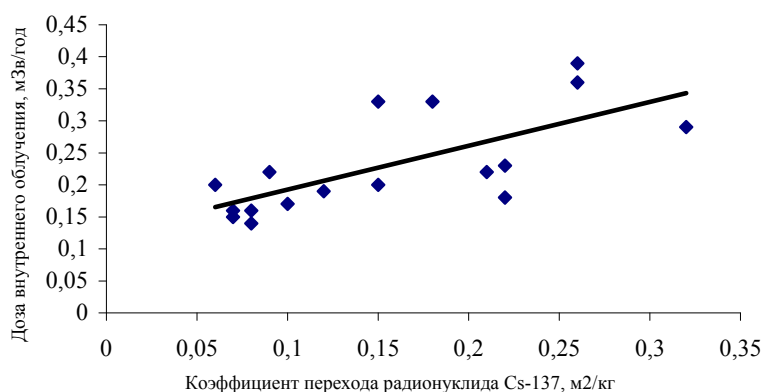


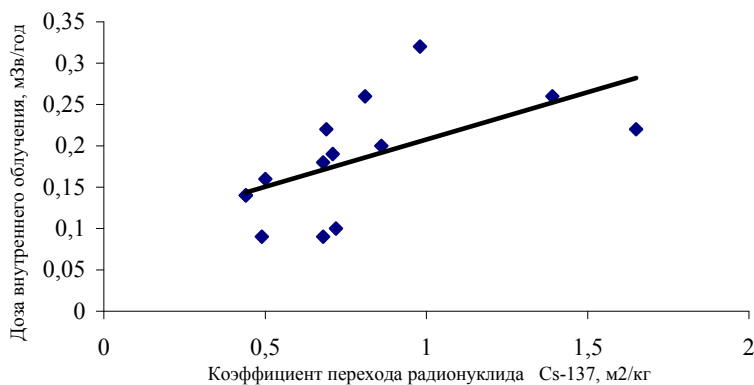
Рисунок 2 — Зависимость дозы внутреннего облучения от коэффициента перехода радионуклида <sup>137</sup>Cs в молоко в населенных пунктах Хойникского района



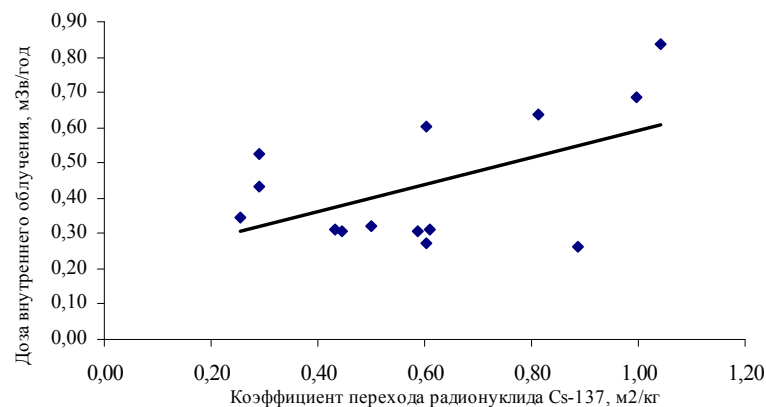
**Рисунок 3** — Зависимость дозы внутреннего облучения от коэффициента перехода радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в молоко в населенных пунктах Наровлянского района



**Рисунок 4** — Зависимость дозы внутреннего облучения от коэффициента перехода радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в молоко в населенных пунктах Чечерского района



**Рисунок 5** — Зависимость дозы внутреннего облучения от коэффициента перехода радионуклида  $\text{Cs}^{137}$  в молоко в населенных пунктах Житковичского района



**Рисунок 6** — Зависимость дозы внутреннего облучения от коэффициента перехода радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в молоко в населенных пунктах Лельчицкого района

Как видно из рисунков 1–6, зависимость средней дозы внутреннего облучения жителей населенных пунктов от коэффициента перехода радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  представляет собой простую линейную регрессионную модель вида  $y = ax + b$ . Чем больше коэффициент перехода

радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ , тем выше средняя доза внутреннего облучения жителей населенных пунктов.

В таблице 1 представлены параметры уравнения линейной регрессии и коэффициенты корреляции.

Таблица 1 — Параметры уравнения линейной регрессии средней дозы внутреннего облучения на коэффициент перехода радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и коэффициент корреляции

Район Гомельской области	Коэффициент корреляции	Параметры уравнения	
		<i>a</i>	<i>b</i>
Хойникский	0,62	0,34	0,17
Ветковский	0,61	0,84	0,17
Наровлянский	0,58	0,06	0,05
Чечерский	0,70	0,68	0,12
Житковичский	0,58	0,11	0,09
Лельчицкий	0,53	0,38	0,21

Как видно из данных таблицы 1, коэффициенты корреляции линейной регрессии средней дозы внутреннего облучения на коэффициент перехода радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  достаточно высоки.

#### Заключение

Таким образом, можно сделать вывод: коэффициент перехода радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в цепи «почва – молоко» вносит существенный вклад в формирование дозы внутреннего облучения жителей населенных пунктов районов Гомельской области.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Висенберг, Ю. В.* К вопросу о зависимости коэффициента перехода радионуклидов из почвы в растительность и молоко от плотности загрязнения территории / Ю. В. Висенберг, Н. Г. Власова // Актуальные проблемы дозиметрии: матер. IV международного симпозиума. — Мн., 2003. — С. 35–37.

2. *Висенберг, Ю. В.* Коэффициент перехода «почва – молоко» как один из факторов формирования дозы внутреннего облучения у сельских жителей / Ю. В. Висенберг, Н. Г. Власова // Сборник тезисов докладов белорусско-польского научно-практического семинара, Ольштын. — Польша, 2004. — С. 58–60.

3. *Висенберг, Ю. В.* Исследование особенностей формирования дозы внутреннего облучения у сельских жителей / Ю. В. Висенберг, Н. Г. Власова // Экологическая антропология. Ежегодник. — Мн.: Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», 2005. — С. 393–397.

4. *Висенберг, Ю. В.* Исследование зависимости коэффициента перехода радионуклидов по пищевой цепочке «почва – молоко» от уровня загрязнения территории / Ю. В. Висенберг, Н. Г. Власова // Проблемы здоровья и экологии. Ежеквартальный научно-практический журнал. — 2005. — №1 (3). — С. 15–23.

5. *Агеец, В. Ю.* Система радиоэкологических контрмер в агрофере Беларуси / В. Ю. Агеец // Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт радиологии». — Мн., 2001. — С. 79.

6. Почвы Белорусской ССР / Под ред. член-корреспондента АН БССР Т. Н. Кулаковской, академика АН БССР П. П. Рогового и канд. сельхоз. наук Н. И. Смеяна. — Мн.: Изд «УРАДЖАЙ», 1974. — С. 86;136.

Поступила 30.06.2008

УДК 616-036.22+312.922]: 911.373

## СЕЛЬСКИЕ НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ: СОЦИАЛЬНЫЕ, ПРИРОДНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЗОФОРМИРОВАНИЕ

Ю. В. Висенберг

Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, г. Гомель

Исследования, проведенные за период 1990–2000 гг. в районах Гомельской области с разной степенью загрязнения территории, показали, что дозы внутреннего облучения населения, проживающего в населенных пунктах на территориях с близкими значениями плотности загрязнения, существенно различаются. Определены причины различия средних доз внутреннего облучения жителей сельских населенных пунктов. Показано на конкретных примерах, что на формирование дозы внутреннего облучения оказывает влияние не только непосредственно радиационное загрязнение территории, но и ряд нерадиационных факторов.

**Ключевые слова:** населенный пункт, доза внутреннего облучения, дозоформирование, косвенные факторы, коэффициент перехода радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в цепи «почва – молоко», численность населения.