

**СОДЕРЖАНИЕ В ПОЧВЕ И НАКОПЛЕНИЕ В ПРОДУКЦИИ  $^{90}\text{Sr}$  И  $^{137}\text{Cs}$  ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫПАДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ***ГУВПО «Белорусско-российский университет», г. Могилев, Беларусь*

Представлена информация о накоплении  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  основными видами сельскохозяйственной продукции, произведенной в базовых хозяйствах Могилевской области до аварии на Чернобыльской АЭС.

Имеющиеся данные представлены в сравнении с результатами наблюдений за содержанием  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в ряде пищевых продуктов, полученных в Гомельской и Брестской областях (Полесский регион).

*Ключевые слова: радионуклиды, пищевые продукты, типы почв*

**Введение.**

Радионуклидный состав радиоактивных выпадений из атмосферы глобального происхождения первоначально включал в себя несколько десятков различных радионуклидов (РН). Существенное значение для формирования доз облучения в длительной перспективе имеют  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , а также  $^{14}\text{C}$  и  $^3\text{H}$  (тритий). Годовые дозы облучения от испытаний ядерного оружия в атмосфере снижались со временем. Например, в 1963 г. коллективная среднегодовая доза составляла около 7 % облучения от естественных источников, в 1966 г. она уменьшилась до 2 %, а в начале 80-ых – до 1 %. До аварии на Чернобыльской АЭС загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  территории Беларуси за счет глобальных выпадений составляло 1,5-1,9 кБк/м<sup>2</sup>.

Наблюдения за выпадениями РН глобального происхождения в Белоруссии начаты в 1964 г. Накопленные сведения о выпадениях  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  однозначно указывают на их постоянное наличие в основных видах пищевых продуктов (хлеб, мясо, молоко, картофель), отобранных в 18 контрольных точках, равномерно расположенных по территории республики. При этом наибольшие количества  $^{137}\text{Cs}$  определялись в хлебе ржаном и мясе говяжьим [1, 2]. В динамике наблюдений отмечено снижение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  во всех исследованных продуктах. Так, активность хлеба ржаного за 1964-1980 гг. снизилась в

8,3 раза (с  $8,2 \pm 2,6$  до  $1 \pm 0,8$  Бк/кг), а хлеба пшеничного, молока, говядины и картофеля в 4,6; 3,7; 6,7; 1,3 раза соответственно. Максимальные уровни поступления  $^{137}\text{Cs}$  в организм жителей БССР с основными компонентами рациона отмечены в 1964 г. (9,4 Бк/сутки), а минимальные – в 1980 г. (2,3 Бк/сутки). В соответствии с данной динамикой поступления нуклида находились и уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в организме у населения – 1328 Бк в 1964 г. и 333 Бк в 1980 г.

**Материалы и методы исследования**

Радиационная обстановка на территории Беларуси, обусловленная глобальными выпадениями, свидетельствует о выраженной неравномерности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  растительности и, вследствие этого, распределения РН в организмах животных и людей. Одной из характерных зон является Полесье [3-7]. Около 30 % площади этого региона покрыто лесами, главным образом сосновыми. Большая часть земель, куда относятся и обширные территории осушенных болот, занята сельскохозяйственными посевами. Пойменные угодья и земли, неудобные для пахоты, покрыты луговой растительностью и используются под сенокосы и выпас скота. Сельское хозяйство на территории Полесья имеет молочно-овощеводческое направление, а население питается в основном продуктами местного производства.

При проведении исследований по накоплению РН в производимой продукции,

почвы были классифицированы по двум группам: (I – песчаные, которые в свою очередь разделены на подгруппы по типам почв: Ia – торфяно-болотные, торфяно-глеевые, перегнойно-торфяно-глеевые, подстилаемые песками; Ib – дерново-глеевые, дерново-подзолисто-глеевые песчаные; Iv – дерново-слабо- и средне-подзолистые песчаные) II – дерново-глеевые, дерново-подзолисто-глеевые, дерново-подзолистые супесчаные и суглинистые [3, 8]. Согласно результатам анализов, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почвах Полесья не превышало средних величин ( $0,30-4,07 \text{ кБк/м}^2$ ), типичных для умеренных широт европейской территории СССР. Основная масса  $^{137}\text{Cs}$  в исследуемых почвах находилась в слое почвы 0-10 см. В среднем за 1968-1973 гг. содержание  $^{137}\text{Cs}$  на пастбищных участках составляло для песчаных почв  $22,9 \pm 10,4 \text{ Бк/кг}$ , для супесчаных и суглинистых –  $30,3 \pm 9,6 \text{ Бк/кг}$ . Содержание  $^{90}\text{Sr}$  соответственно было  $9,6 \pm 3,3 \text{ Бк/кг}$  и  $5,9 \pm 1,9 \text{ Бк/кг}$ . Соотношение удельных активностей  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  в песчаных почвах  $2,5 \pm 1,4$ , на супесчаных и суглинистых –  $4,4 \pm 2,6$  (в выпадениях 1,5). Это свидетельствует о преимущественном накоплении  $^{137}\text{Cs}$  в поверхностном слое супесчаных и суглинистых почв и о меньшей подвижности его в последних по сравнению со  $^{90}\text{Sr}$ . Несмотря на то, что по содержанию в почвах  $^{137}\text{Cs}$  районы не являлись аномальными, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в пастбищной растительности (ПР) зависело от типа почвы и колебалось в широких пределах – от 12,6 до 100 Бк/кг. Наибольшее содержание наблюдали на торфяно-болотных почвах различной степени заболоченности, подстила-

емых песками ( $100 \pm 40,7 \text{ Бк/кг}$ ), наименьшее – на супесчаных и суглинистых почвах ( $12,6 \pm 5,2 \text{ Бк/кг}$ ). Для  $^{90}\text{Sr}$  такой зависимости поступления из почвы в растения от типа почв установлено не было. Величина отношения  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  в ПР уменьшалась от песчаных (10,8) к супесчаным и суглинистым почвам (1,9), что объяснимо большей величиной сорбции  $^{137}\text{Cs}$  и уменьшением его подвижности на тяжелых почвах.

Для количественного выражения накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в ПР был использован коэффициент накопления ( $K_n$ )  $K_n$  (Бк/кг травы)/(Бк/кг почвы). Обращает на себя внимание зависимость  $K_n$  от типа почв (таблица 1). Наибольшее значение  $K_n$   $^{137}\text{Cs}$  отмечалось в торфяных почвах (4,3), наименьшее (0,4) – на почвах более тяжелого механического состава – супесчаных и суглинистых. Для  $^{90}\text{Sr}$   $K_n$  не столь зависел от типа почв и был равен примерно единице. Заслуживает внимания факт увеличения  $K_n$   $^{137}\text{Cs}$  с ростом содержания радионуклида в растительности, что связано с увеличением его миграционной способности. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в ПР и  $K_n$   $^{137}\text{Cs}$  растительностью достигают значительных величин, что обусловлено особенностями почвенного покрова. Это примерно на порядок выше, чем для ПР других регионов ( $K_n = 1,5 \div 0,15$ ) [8]. Исключение составляли наблюдаемые в украинском Полесье  $K_n$ , которые составляли  $2,5 \div 1,8$ .

#### Результаты исследования

Влияние механического и минерального состава особенно четко сказывается на поведении  $^{137}\text{Cs}$  в почвах Полесья, в которых находилось крайне низкое со-

Таблица 1 – Коэффициент накопления ( $K_n$ ) и содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пастбищной растительности на территории белорусского Полесья

Подгруппа почв	$^{137}\text{Cs}$		$^{90}\text{Sr}$	
	Бк/кг	$K_n$	Бк/кг	$K_n$
Ia	$95,90 \pm 40,70$	4,3 (16,0-1,8)	$8,51 \pm 3,70$	1,4 (2,5-0,4)
Iб	$462,50 \pm 62,90$	4,1 (8,2-1,5)	$5,92 \pm 1,48$	0,7 (0,9-0,4)
Iв	$51,80 \pm 25,16$	2,2 (6,5-1,1)	$15,17 \pm 4,07$	1,2 (2,5-0,8)
Среднее значение по I группе	$81,40 \pm 40,70$	3,5	$9,62 \pm 4,07$	1,1
II	$340 \pm 140$	0,4 (0,7-0,2)	$6,66 \pm 1,85$	1,1 (1,7-0,6)

Примечание - в скобках – диапазон значений

держание подвижного калия (110-70 мг/кг), большая часть которого находится в обменной форме. В более тяжелых суглинистых почвах наблюдалась тенденция к увеличению содержания подвижного калия, особенно его обменной формы. Низкое содержание подвижного калия в почвах вместе с другими факторами оказывает существенное влияние на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения и обуславливает высокие уровни его накопления.

Содержание органического вещества в почвах колебалось в широких пределах – от 0,9 % до 26 %. Какой-либо закономерности между количеством органических веществ и содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в ПР не было обнаружено. Прочность связи  $^{137}\text{Cs}$  с органическим веществом почв незначительна, поэтому его поступление в растения происходит более интенсивно, чем при сорбции  $^{137}\text{Cs}$  минеральной частью почвы.

Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в ПР на осушенных почвах значительно ниже, чем на однотипных почвах с высоким уровнем стояния грунтовых вод (таблица 2), что обусловлено уменьшением фиксации радионуклида почвой в условиях избыточного увлажнения при прочих равных условиях. Поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растительность увеличивается, что подтвердилось резким снижением поступления  $^{137}\text{Cs}$  в ПР, наблюдавшимся на заболоченных и обильно увлажненных участках на территории Гомельской и Брестской областей летом засушливого 1972 г. (таблица 3).

Таблица 2 – Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в растительности однотипных почв с разным уровнем грунтовых вод

Тип почв	Уровень грунтовых вод, м	Содержание $^{137}\text{Cs}$ в траве, Бк/кг	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ , (Бк/кг)/(Бк/кг)	Содержание К, мг/кг	Содержание органического вещества, %
Перегноино-торфяно-глеевые песчаные	выше 0,5	177,6	0,64	22,2	4,5
	глубже 1,0	45,1	0,23	26,6	2,7
Дерново-подзолисто-глеевые песчаные	выше 0,5	133,7	0,20	37,0	3,5
	глубже 1,0	11,1	0,04	48,5	4,5

Таблица 3 – Динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в растительности на влажных и сухих почвах, Бк/кг

Тип почв	Годы				
	1968	1969	1970	1972	1973
Торфяно-болотные и дерново-глеевые песчаные	129,50 ± 44,40	88,80 ± 12,95	91,02 ± 26,27	37,00 ± 14,06	85,10 ± 28,12
Дерново-подзолистые песчаные	-	-	19,61 ± 11,10	14,43 ± 5,55	26,64 ± 7,77

Здесь наибольшее снижение содержания  $^{137}\text{Cs}$  имело место в ПР на торфяно-болотных и дерново-глеевых почвах. Отсюда следует, что наличие влаги свыше полной влагоемкости оказывает влияние на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растительность. Незначительное изменение влажности, которое наблюдалось на дерново-подзолистых песчаных почвах, сказывалось на миграции изотопа гораздо меньше.

Согласно выполненным исследованиям, наибольшее количество  $^{137}\text{Cs}$  во все виды сельскохозяйственных культур поступало из песчаных почв подгрупп Ia, Ib. Минимальное поступление характерно для суглинистых почв.  $K_n^{137}\text{Cs}$  уменьшался от песчаных к супесчаным и суглинистым почвам, т.е. наблюдается та же закономерность, что и при поступлении цезия в растительность на целинных почвах. Обращает на себя внимание также преимущественное поступление в сельскохозяйственные культуры  $^{137}\text{Cs}$  по сравнению со  $^{90}\text{Sr}$  – соотношение  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственных культурах (19,6÷27,9) значительно выше, чем в почвах (4,9). Однако  $K_n^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственными культурами во всех случаях меньше единицы (таблица 4).

Такое относительно низкое поступление  $^{137}\text{Cs}$  из пахотных почв по сравнению с поступлением из целинных обусловлено целым рядом факторов. Во-первых, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в пахотных почвах в результате вспашки несколько ниже, чем на целинных почвах - 13,3÷17 Бк/кг. Во-вторых, под па-

Таблица 4 – Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственных продуктах растительного происхождения

Группа почв	Злаки		Овощи		Картофель		Свекла	
	Бк/кг	$K_d$	Бк/кг	$K_d$	Бк/кг	$K_d$	Бк/кг	$K_d$
Ia, Ib	$6,55 \pm 3,33$	0,56 (0,82-0,21)	$4,07 \pm 3,70$	0,29 (0,5-0,13)	$5,29 \pm 4,81$	0,34 (1,1-0,2)	$2,29 \pm 1,81$	0,25
Iв	$1,44 \pm 0,70$	0,10 (0,17-0,09)	$2,70 \pm 2,37$	0,20 (0,3-0,08)	$3,15 \pm 2,96$	0,28 (1,5-0,13)	1,55	0,11
II	$3,52 \pm 1,48$	0,13 (0,20-0,06)	$1,26 \pm 4,51$	0,07 (0,1-0,02)	$2,22 \pm 0,74$	0,13 (0,6-0,05)	0,48	0,03

хоту используются относительно сухие или осушенные участки территории. Эти факторы, а также видовые особенности растений снижают поступление  $^{137}\text{Cs}$  в культуры по сравнению с дикорастущими травами. Тем не менее, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственных культурах на территории белорусского Полесья была значительно выше средних показателей по Союзу.

Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в отдельных пробах молока из ряда пунктов Полесья достигало в 1966 г. 14,8 Бк/л и выше. С 1963 по 1966 гг. в этом районе выпало не более 1,11 кБк/м<sup>2</sup>  $^{90}\text{Sr}$  и 1,85 кБк/м<sup>2</sup>  $^{137}\text{Cs}$ . Поэтому повышенное содержание обоих элементов в организме жителей и коровьем молоке в отдельных местах Полесья объясняется специфическими местными причинами: преобладанием песчаных почвообразующих пород, обилием водоемов и высоким уровнем грунтовых вод. Для большинства разновидностей дерново-подзолистых почв, занимающих основную территорию, характерны кислая реакция, низкое содержание гумуса, кальция, магния, железа и других элементов. Почвы же низинных болот и особенно заболоченные дерново- и перегнойно-глеевые

пойменные почвы отличаются большим содержанием микро- и макроэлементов [7].

В июне-июле 1967 г. были отобраны пробы почвы, травы, овощей, злаковых, молока и мяса [9]. Образцы целинной почвы отбирались на пастбищах с двух горизонтов (0-5 и 5-15 см), пахотной – на глубину вспашки (0-20 см). Пробы растительности – трава, кормовые культуры (люпин, овес), овощи и злаковые – отбирались на выпасах и полях, пробы молока – на молочных фермах, пробы мяса – на месте забоя животных. Для характеристики радиационной обстановки вся обследуемая территория была условно разбита на три зоны, объединяющие районы с содержанием в коровьем молоке  $^{137}\text{Cs}$  в следующих диапазонах: I зона – < 3,7 Бк/л, II – зона – 3,7-18,5 Бк/л и III зона – > 18,5 Бк/л (таблица 5). Сопоставление данных о содержании  $^{137}\text{Cs}$  в траве и молоке с его содержанием в почве показывает, что коэффициенты перехода (КП) изотопа из почвы в траву возрастают от I к III зоне, т.е. по мере увеличения в почве песчаной фракции. КП  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в траву и молоко в III зоне более чем на порядок выше, нежели в I зоне. Заметное возрастание КП

Таблица 5 – Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве, траве и молоке (на единицу сырой массы)

Зона	Тип почв	Почва, кБк/м <sup>2</sup>	Трава, Бк/кг	Молоко, Бк/л	Трава /почва	Молоко /почва
I	Дерново-подзолистые, суглинистые; чернозем оподзоленный, чернозем суглинистый; дерново-слабоглеевые, торфяно-болотные	$36,56 \pm 12,73$	$5,92 \pm 3,00$	$1,33 \pm 0,85$	1,62	0,36
II	Дерново-среднеподзоленные, дерново-среднеглеевые, дерново-торфяные, дерново-слабоподзоленные, иловато-болотистые	$23,76 \pm 6,59$	$19,20 \pm 4,80$	$12,95 \pm 7,03$	7,95	5,45
III	Дерново-подзолистые на аллювиальных песках, торфяно-песчаные, песчаные	$24,86 \pm 11,40$	$592,00 \pm 37,00$	$47,36 \pm 18,87$	23,6	19,10

Таблица 6 – Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в почве, траве и молоке

Зона	Почва, кБк/м <sup>2</sup>	Трава, Бк/кг	Молоко, Бк/л	Трава/почва	Молоко/почва	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ в молоке
I	21,46 ± 15,77	1,57 ± 1,41	0,38 ± 0,31	0,72	0,18	3,53
II	15,61 ± 11,84	3,65 ± 2,90	0,50 ± 0,16	2,34	0,32	25,9
III	20,02 ± 11,84	1,00 ± 0,92	0,37 ± 0,04	0,50	0,19	127,0

Таблица 7 – Переход  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  из корма в молоко

Зона	$^{90}\text{Sr}$			$^{137}\text{Cs}$		
	ежесуточное поступление, Бк/сутки	содержание в ежесуточном надое, Бк/сутки	$K_n$ , %	ежесуточное поступление, Бк/сутки	содержание в ежесуточном надое, Бк/сутки	$K_n$ , %
I	78,44	3,77	0,48	29,60	13,32	0,45
II	182,78	5,00	0,27	962,00	129,50	1,35
III	49,95	3,74	0,75	2960,00	473,60	1,62
Среднее			0,50			1,41

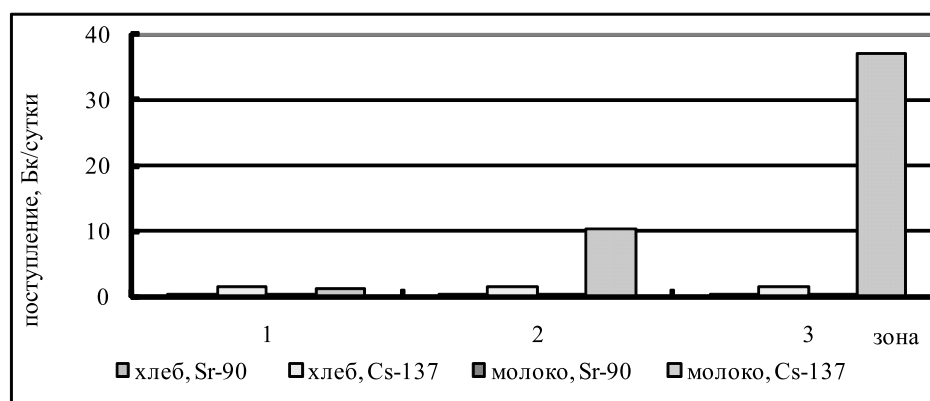
изотопа в молоко по сравнению с КП в траву является следствием более бедной ПР, относящихся к III зоне, что приводит к увеличению поступления  $^{137}\text{Cs}$  в организм коров в результате слизывания ими почвы. Разницы между КП  $^{90}\text{Sr}$  в траву и молоко во всех трех зонах практически нет (таблицы 6, 7).

О преимущественном переходе  $^{137}\text{Cs}$  из почв с преобладанием песчаной фракции свидетельствует также отношение  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  в молоке, которое возрастает от I к III зоне. Сопоставление КП  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из различных почв в растительность показывает, что в I зоне переход  $^{137}\text{Cs}$  почти в 2 раза больше, чем переход  $^{90}\text{Sr}$ . В почвах III зоны переход  $^{137}\text{Cs}$  в растительность превышает переход  $^{90}\text{Sr}$  более чем в 40 раз (см. таблицы 5-7).

Из расчета того, что корова поедает 50 кг зеленой массы в сутки, а среднесуточный надой молока составляет 10 л, были расчи-

таны КП  $K_n$   $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  из корма в молоко (в 1 л молока переходит от 0,27 до 0,75 %  $^{90}\text{Sr}$  и от 0,45 до 1,62 %  $^{137}\text{Cs}$ , поступающих с кормом) (см. таблицу 7). Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в мясе и картофеле во всех обследованных районах не превышало 0,37 и 0,26 Бк/кг, соответственно а содержание  $^{137}\text{Cs}$  достигало в мясе 37 Бк/кг, в картофеле - 2,6 Бк/кг, а максимальное соотношение  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  составило в мясе 130, в картофеле - 30, что значительно превышало среднесоюзные показатели. Поэтому мясо, картофель и особенно молоко служили основными поставщиками  $^{137}\text{Cs}$  в организм местных жителей. Более высокое по сравнению с другими районами бывшего СССР поступление этого изотопа в организм обусловлено и большим потреблением ржаного хлеба жителями Полесья (рисунок 1).

У детей, которые потребляют молока больше, чем взрослые, поступление  $^{137}\text{Cs}$  в организм обуславливалось в основном

Рисунок 1 – Поступление  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  с основными продуктами питания

этим продуктом. Для жителей III зоны отмечено значительное поступление  $^{137}\text{Cs}$  с мясом и картофелем (до 5,55-7,4 Бк/сутки). Кстати, высокие концентрации  $^{137}\text{Cs}$  130 Бк/кг были зафиксированы в грибах, употребление которых в пищу влекло ежесуточное увеличение поступления РН в организм. Например, процент лиц в III зоне с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в организме менее 0,37 кБк наименьший, а с относительно высокими его концентрациями (3,7-5,9) кБк – наибольший, что превышало средние показатели по СССР более чем в 10 раз (таблица 8). Таким концентрациям соответствуют дозовые нагрузки в пределах 160-240 мкЗв/год, что составляло почти 50 % предельно допустимой дозы для населения СССР).

Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в молоке на территории Полесья (таблица 9) хорошо коррелирует с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в ПР. Из анализа данных следует, что наибольшие концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в молоке имели место в районах, где почвенный покров составляли почвы группы I. Наименьшие уровни наблюдали в районах с супесчаными и суглинистыми почвами. Обращает на себя внимание высокое значение отношения  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  в молоке. Изменение этого показателя от легких к более тяжелым почвам обусловлено неодинаковым поступлением в молоко  $^{137}\text{Cs}$  на почвах различного типа при низких и сравнительно стабильных уровнях поступления  $^{90}\text{Sr}$ . Снижение  $^{137}\text{Cs}$  в молоке можно обеспечить заменой естественной ПР в рационе животного фуражными кормами, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в которых значительно

ниже:  $8,5 \pm 5,6$  Бк/кг на почвах I группы и  $4,8 \pm 3,0$  Бк/кг на почвах II группы. Высокие уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в рационе сельскохозяйственных животных обуславливают высокие уровни накопления  $^{137}\text{Cs}$  в мясе этих животных. Наибольшие уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в мясе –  $307,1 \pm 88,8$  Бк/кг - наблюдали в тех районах, где пастбища расположены на почвах I группы с высоким уровнем миграции  $^{137}\text{Cs}$  по цепи «почва-растение». Для районов, пастбища которых расположены на почвах II группы, характерно более низкое содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мясе – 28,5 Бк/кг. Наблюдаемые на территории Полесья высокие уровни  $^{137}\text{Cs}$  в молоке и мясе крупного рогатого скота (КРС) в 8-50 и 27-190 раз соответственно превышали среднесоюзные показатели 1969-1973 гг. [10-12]. При существовавшей в те годы системе содержания мясомолочного скота уровни загрязнения продукции животноводства были обусловлены в основном поступлением его с ПР. Таким образом, основной причиной высокого содержания  $^{137}\text{Cs}$  в молоке и мясе являются особенности почвенного покрова и существующая выпасная система содержания скота.

На территории Могилевской области регулярный радиационный контроль за содержанием РН в производимой сельскохозяйственной продукции проводится с 1971 г. Шесть базовых хозяйств, в которых не менее двух раз в год отбирали пробы выращиваемой сельскохозяйственной продукции, расположены в разных районах

Таблица 8 – Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в организме жителей белорусского Полесья

Зона	Число лиц с содержанием в организме $^{137}\text{Cs}$ , %			
	< 0,37 кБк	3,7-5,9 кБк	5,9-37 кБк	> 37 кБк
I	100	-	-	-
II	84,5	13,1	1,7	1,7
III	37	43,6	10,9	8,6

Таблица 9 – Содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в молоке на территории белорусского Полесья, Бк/л

Подгруппа почв	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$
Ia	$1050 \pm 420$	$17,7 \pm 8,2$	94 (1177-22)
Iб	$980 \pm 160$	$24,0 \pm 14,0$	55 (129-24)
Iв	$660 \pm 500$	$10,1 \pm 1,6$	47 (131-23)
II	$150 \pm 70$	$10,8 \pm 5,0$	12,1 (19,1-2,4)

области. Это бывшие колхозы «Гигант» (Бобруйский район), «Горы» (Горецкий район), «Палужский» (Краснопольский район), «Заря» (Могилевский район) и «Кричевский» (Кричевский район), а также экспериментальная база «Роднянская» (Климовичский район). После аварии на Чернобыльской АЭС к этим хозяйствам добавили еще одно – колхоз «17-й Партсъезд» (Славгородский район) [13-15].

Наиболее полные результаты за период 1971-1985 гг. накоплены по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в мясе говяжьим (рисунок 2а), молоке (рисунок 3а), зерне овса, ржи, пшеницы и ячменя, соломе, сене луговом и сеяных трав, свекле, муке фуражной, картофеле, в менее полном объеме – в мясе свином и курином, костях КРС, моркови, огурцах, помидорах, кукурузе, муке костной и ячменной, яйцах куриных и капусте. По содержанию  $^{90}\text{Sr}$  в мясе говяжьим (рисунок 2б), костях КРС, свиных и куриных, молоке (рисунок 3б), зерне овса, ржи, пшеницы и ячменя, соломе, сене луговом и сеяных трав, свекле, муке фуражной, картофеле, в менее полном объеме – в мясе свином

и курином, костях КРС, моркови, огурцах, помидорах, кукурузе, зернофураже, муке фуражной, костной и ячменной, яйцах куриных и капусте соответственно. Обращает на себя внимание факт более значимого накопления указанных радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, выращенной в доаварийный период в Краснополяском районе, по сравнению с другими регионами области, а в Климовичском и Могилевском районах – по сравнению с Бобруйским и Горецким районами (таблица 10). Этот факт требует дополнительного анализа, особенно с учетом сложившегося загрязнения территории Могилевской области после аварии на Чернобыльской АЭС.

### Выводы

1. Загрязнение биосферы, обусловленное искусственными РН, в основном сформировалось в пятидесятые-семидесятые годы прошлого века, когда проводившиеся экспериментальные ядерные взрывы привели к глобальному загрязнению окружающей среды. Систематический радиационный контроль за уровнями содержания

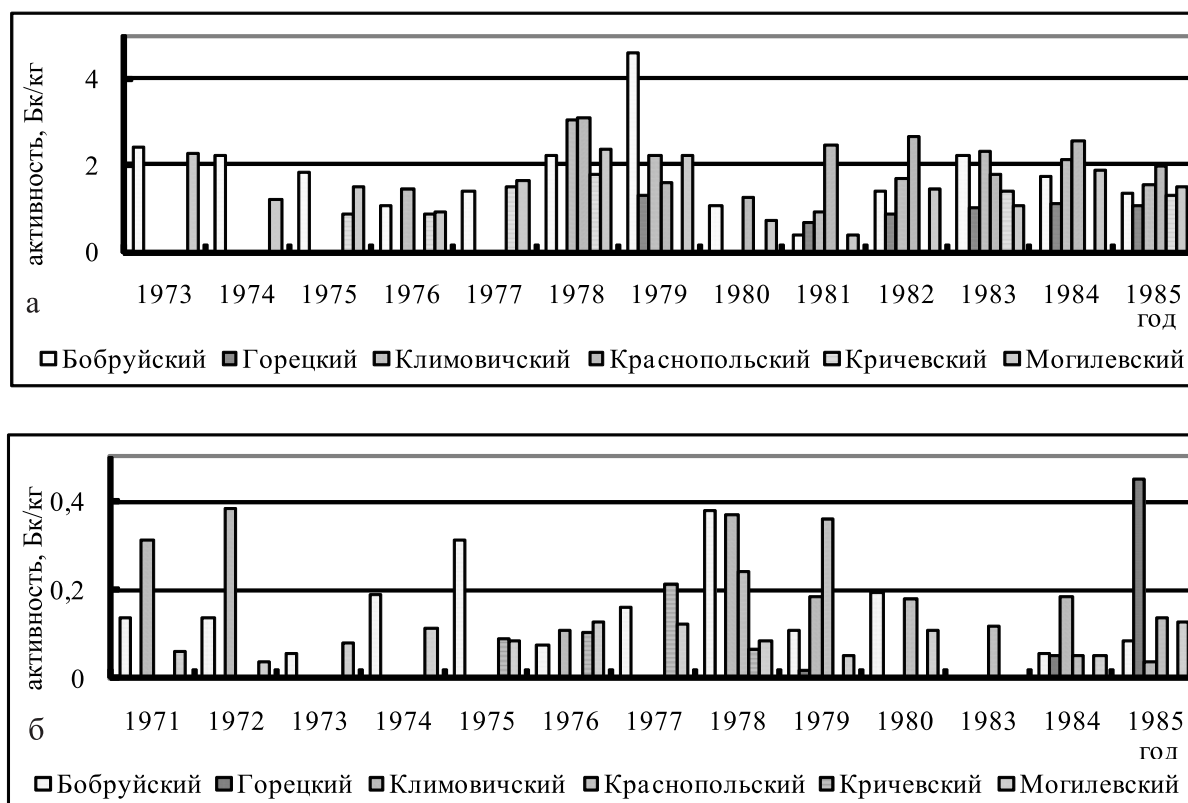


Рисунок 2 – Содержание  $^{137}\text{Cs}$  (а) и  $^{90}\text{Sr}$  (б) в мясе говяжьим

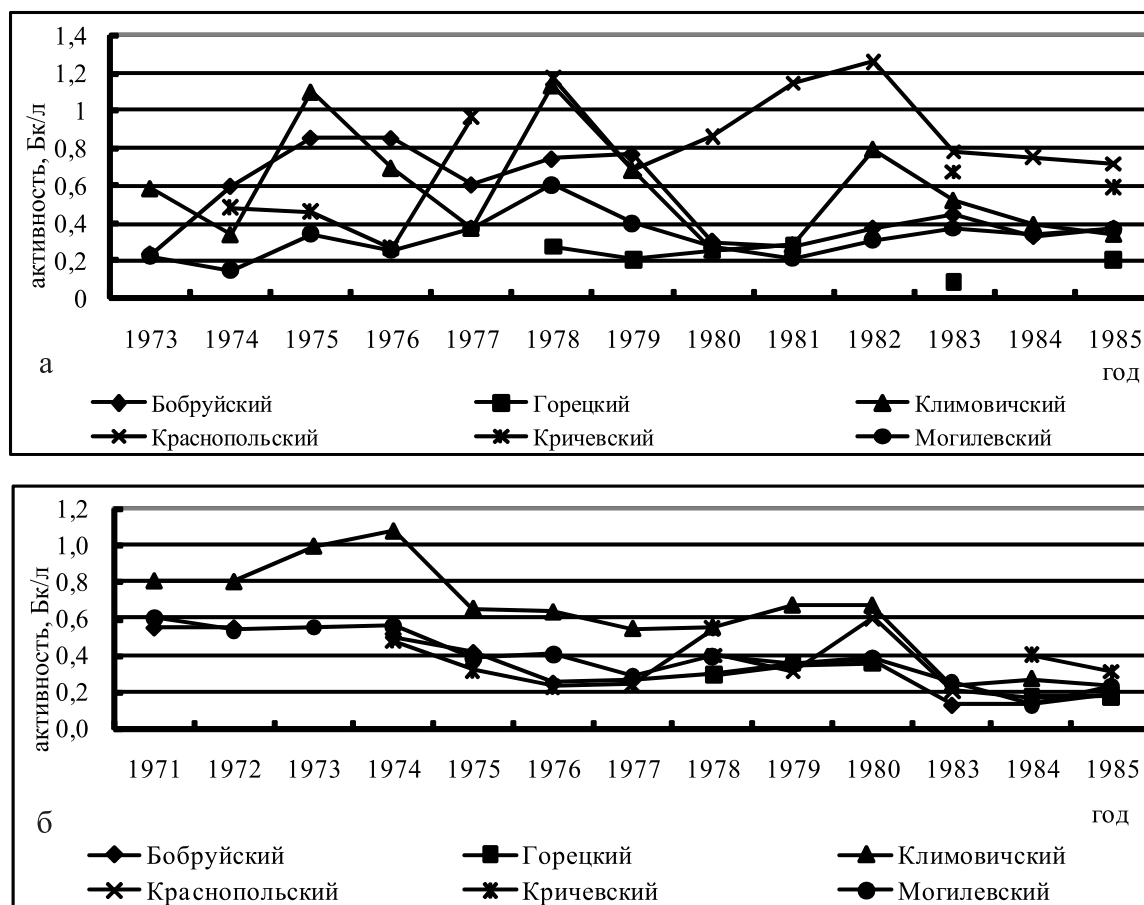


Рисунок 3 – Содержание  $^{137}\text{Cs}$  (а) и  $^{90}\text{Sr}$  (б) в молоке коровьем

Таблица 10 – Содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в объектах ветнадзора по районам, 1985 г., Бк/кг(л)

Объект надзора	Бобруйский		Горечкий		Климовичский		Могилевский		Краснопольский	
	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Свинина	-	-	0,33	0,06	-	-	0,70	0,09	0,82	0,06
Говядина	0,23	0,07	0,23	0,04	0,21	0,19	0,51	0,09	0,70	0,15
Молоко	0,15	0,16	0,10	0,17	0,29	0,24	0,10	0,20	0,47	0,18
Кости КРС	-	38,39	0,00	27,96	-	63,32	-	23,92	-	70,02
Трава сеяная	0,19	2,41	0,30	1,29	0,27	1,22	0,36	1,85	0,38	3,69

РН в сельскохозяйственной продукции, проводимый на территории Белоруссии, показал, что к 1985 г. их величины по сравнению с 1964-1967 гг. (периодом наибольшего радиоактивного загрязнения территории и всех видов сырья) уменьшились в 10-20 раз.

2. Многолетние наблюдения за радиоактивным загрязнением внешней среды, пищевых продуктов, рационов питания, а также за накоплением  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  организмом человека позволили собрать обширную информацию, на основе которой были выяснены отдельные закономерности миграции

обоих радионуклидов по биологическим цепочкам и дана их количественная оценка.

3. На протяжении всех лет исследований основным звеном, связывавшим плотности радиоактивных выпадений из атмосферы и кумулятивные осадки почв с динамикой поступления и накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в организме человека, являлись пищевые продукты (суточные поступления РН с воздухом и водой не превышали 2-3 % их общего количества, содержащегося в рационах питания).

4. Анализ данных о загрязненности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  отдельных пищевых продуктов,



а также потребления последних позволил установить, что суточные поступления РН населению Белоруссии были обусловлены на 75-80 % молоком, хлебом, мясом и картофелем. Основными «поставщиками»  $^{137}\text{Cs}$  в организм взрослых, проживающих в районах с преобладанием песчаных почв, были молоко, мясо и овощи (картофель), а  $^{90}\text{Sr}$  - как и в других районах страны – хлеб и молоко.

5. Наиболее интенсивный переход  $^{137}\text{Cs}$  в траву и молоко отмечается в районах с преобладанием в почвах песчаной фракции. КП в этих районах в 20-50 раз выше, чем в районах с тяжелыми глинистыми почвами.

6. Преимущественный по сравнению со  $^{90}\text{Sr}$  переход  $^{137}\text{Cs}$  по звеньям биологической цепи на территории Полесья обуславливает резкое преобладание его содержания над содержанием  $^{90}\text{Sr}$  в молоке, мясе и картофеле в районах с дерново-подзолистыми песчаными почвами (в молоке и мясе - до 130, в картофеле – 30 раз). Величины  $K_{\text{н}}$   $^{137}\text{Cs}$  растительностью изменяются в зависимости от типа почв, на которых расположены пастбища и пахотные угодья. Наибольшая величина  $K_{\text{н}}$  (4,3-4,1) в ПР наблюдается на песчаных торфяно-болотных и дерново-глеевых почвах, наименьшая ( $K_{\text{н}} = 0,4$ ) – супесчаных и суглинистых почвах.

7. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в организме некоторых жителей Полесья в 10-50 раз превышало среднесоюзные значения (максимальная концентрация достигала 5,9 кБк).

8. Относительно низкое поступление  $^{137}\text{Cs}$  из пахотных почв по сравнению с поступлением из целинных связано с действием процесса окультуривания. Причем минералогические особенности почвенного покрова Полесья обуславливают более высокое поступление  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственные культуры, чем в других регионах Беларуси.

9. Сведения, характеризующие радиационную обстановку на территории Могилевской области, обусловленную глобальными выпадениями продуктов ядерного взрыва, не объясняют полностью причин повышенного содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продуктах питания, производимых в

Краснопольском районе. Этот вопрос требует дальнейшего, более разностороннего и детального изучения.

#### Библиографический список

1. Тернов, В.И. Гигиеническая оценка уровней накопления цезия-137 в организме жителей Белорусской ССР / В. И. Тернов [и др.] // Здоровоохранение Белоруссии. – 1983. – № 4. – С. 47-48.

2. Тернов, В.И. Радиоактивный стронций-90 как фактор загрязнения окружающей среды / В.И. Тернов, М.А. Виноградов, Н.В. Гурская // Здоровоохранение Белоруссии. – 1979. – № 1. – С. 35-37.

3. Петухова, Э. В. Поступление стронция-90 и цезия-137 с пищевым рационом населению Советского Союза в 1965-1966 гг. в результате стратосферных выпадений / Э.В. Петухова, В.А. Книжников. – М. : ИБФ МЗ СССР, 1968. – 12 с.

4. Марей, А. Н. Стронций-90 в костной ткани населения Советского Союза (1957-1967 гг.) / А. Н. Марей, Б. К. Борисов, Р. М. Бархударов. – М. : ИБФ МЗ СССР, 1968. – 18 с.

5. Моисеев, А.А. Особенности миграции глобального цезия-137 из дерновоподзолистых песчаных почв по пищевым цепочкам в организм человека / А.А. Моисеев, И. Е. Мухин, Р. К. Погодин. – М.: ИБФ МЗ СССР, 1967. – 11 с.

6. Перцов, Л.Л. Радиоактивность тканей жителей отдельных районов Советского Союза / Л.Л. Перцов, Д.К. Попов. – М. : ИБФ МЗ СССР, 1967. – 15 с.

7. Тюрюканова, Э. Б. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине / Э.Б. Тюрюканова. – Улан-Уде, 1966. – 35 с.

8. Новикова, Н.Я. Особенности поведения цезия-137 в системе почва-пищевые продукты на территории белорусского Полесья : дис. ... канд. биол. наук: 03.00.01 / М.: ИБФ МЗ СССР, 1978. – 17 с.

9. Особенности поступления глобальных  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  по пищевым цепям в Полесье / А. Н. Марей [и др.] // Гигиена и санитария. – 1970. – № 1. – С. 61-66.

10. Содержание стронция-90 и цезия-137 в основных видах пищевых продуктов / В. А. Книжников [и др.] // Глобальные выпадения продуктов ядерных взрывов как фактор облучения человека. – М. : Атомиздат, 1980. – С. 40-48.
11. Воробьев, Е. И. Атомная энергия и окружающая среда / Е. И. Воробьев, Л. А. Ильин, В. А. Книжников // Атомная энергия. – 1977. – Т. 43, вып. 5. – С. 374-384.
12. Поступление с рационом и содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в организме жителей СССР в 1980-1982 гг. / Р.М. Бархударов [и др.] // Гигиена и санитария. – 1987. – № 5. – С. 34-39.
13. Мирончик, А.Ф. Влияние аварии на Чернобыльской АЭС на содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  в объектах ветнадзора / А. Ф. Мирончик, Ю. С. Овчинников // Тез. докл. III Всесоюз. научн. конф. по сельхозрадиологии. - Обнинск, 1990. – Т. 2. – С. 182.
14. Мирончик, А.Ф. Характеристика радиоактивного загрязнения территории Могилевской области в результате аварии на Чернобыльской АЭС / А.Ф. Мирончик, С.В. Круглов // Труды Могилевского врачебного общества Белоруссии. – Могилев, 1993. – С. 179-180.
15. Выживем после Чернобыля!: сб. справочных материалов для населения Могилевской области / П. А. Кондратов [и др.] – Могилев : обл. тип., 1992. – 183 с.