

РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЙ
С ПОВЫШЕННОЙ МИГРАЦИЕЙ ЦЕЗИЯ-137

А. Н. Марей, Р. М. Бархударов, Н. Я. Новикова
Институт биофизики Министерства здравоохранения СССР
Москва, Союз Советских Социалистических Республик

Аннотация

This report gives the results of persistent studies on Cs-137 transfer through the food chain.

The areas with increased intake of Cs-137 from the soil into the plants and food (milk, meat) have been identified.

Cs-137 content in these foods exceeds by 10-100 times the average value for the Soviet Union. Accordingly Cs-137 contained in the bodies of rural population is also higher. The average internal radiation doses for humans of various ages ranged from 11 to 19 mrem/year. Radiation exposure has been predicted. The possibilities of leukemia occurrence has been considered. It is shown that probability for leukemia development during 70 years is $1.2 \times 10^{-3}\%$.

Широкие перспективы развития атомной энергетики требуют всестороннего изучения особенностей поведения искусственных радионуклидов в зонах потенциального распространения радиоактивных отходов. В частности это касается миграции цезия-137 по пищевым цепям.

В плане изучения гигиенических аспектов проблемы цезия-137 как потенциального источника внутреннего облучения населения наибольший интерес представляют сельскохозяйственные районы, где производятся пищевые продукты массового потребления, способные стать критическими в отношении цезия-137. Задачи работы включали в себя:

- выявление на территории Европейской части СССР зон с повышенной миграцией;

- установление причин повышенной миграции, констант, характеризующих переход его из некоторых типов почв в растения; выявление критических продуктов;

- гигиеническая оценка доз, получаемых сельским населением за счет инкорпорированного цезия-137.

В основу настоящего сообщения положены материалы исследований, проведенных авторами на протяжении 5 лет (1967-1972 гг.) в 20 районах на территории 12 областей, входящих в состав трех республик. Характеристика методов и организация работ содержится в ранних публикациях /1, 2/.

Наибольший интерес с точки зрения миграции цезия-137 из почвы в растительность представляют так называемые полесья⁺.

В Европейской части Советского Союза полесские низины находятся преимущественно в южной части нечерноземной зоны, начиная от границ Польши и до Урала. В западной части этого пояса расположено наиболее крупное Белорусско-Украинское полесье, в центральном районе — Мещера и Верхневолжская низменность, к востоку — цепь низин Лесного Подесья и ряд других. Площадь всех этих низин превышает 0,2 млн км².

Почвенный покров этих провинций представлен разновидностями дерново-подзолистых (лесных) и торфяно-болотных песчаных, супесчаных и суглинистых почв различной степени заболоченности и оглеенности. Для них характерны высокая кислотность, низкое содержание обменных форм кальция, калия, натрия, что обусловлено их значительным увлажнением, а местами — интенсивной промывкой грунтовыми водами.

Основная часть территории полесий осушена и занята под посевы сельскохозяйственных культур. Частично заболоченные участки и земли, не удобные для пахоты, сформированные преимущественно болотными и дерново-подзолистыми песчаными почвами, используются под сенокосы и выпасы, что особенно характерно для Белорусско-Украинского полесья, где преобладает животноводческое (молочно-мясное) направление сельского хозяйства. В восточных районах под выпасы молочного скота используют угодья с преобладанием суглинистых почв.

Содержание цезия-137 в почвах всех изучаемых районов примерно одинаково, составляя приблизительно 80 мкюри/км². При этом на целинных почвах 80% его находится в верхнем десятисантиметровом слое.

Из числа полесских низин наибольший интерес в санитарном отношении представляет Белорусско-Украинское полесье, где явления миграции цезия-137 выражены наиболее ярко. Максимальное поступление цезия-137 в растения наблюдается на торфяно-болотных почвах, подстилаемых песками. По мере изменения механического состава почв от песчаных к суглинистым происходит постепенное снижение степени миграции цезия-137. Как видно из табл. I, наибольшие коэффициенты накопления наблюдаются на легких песчаных почвах. На супесчаных и суглинистых почвах коэффициент накопления значительно ниже. Высокий K_n цезия-137 для почв Белорусско-Украинского полесья объясняется особенностями минералогического состава почв и более низким содержанием доступного растениям калия.

Кроме того, как показали наблюдения, существенное влияние на степень миграции цезия-137 из почвы в растения оказывает уровень грунтовых вод. Так, при понижении уровня грунтовых вод на 0,7–1,0 м, как это наблюдалось в засушливое лето 1972 г., концентрация цезия-137 в растительности и K_n снизились в 2–3 раза. Подобное явление наблюдалось также на осушенных почвах. Наибольший коэффициент накопления цезия-137 растительностью наблюдается в западных районах ($K_n=5,3$), а в центральных и восточных, где отмечается наличие глинистых минералов в илистой фракции и относительно высокое содержание подвижного калия, K_n заметно снижается (2,5–1,9). Мелиорация почвы, внесение в нее калийных удобрений приводят к значительному снижению уровня поступления цезия-137 в растения. Так, поступление цезия-137 в фуражные культуры из пахотных почв в 3–10 раз ниже, чем из аналогичных целинных почв в пастбищную растительность.

Таблица I

Показатели перехода цезия-137 из почвы
в пастбищную растительность

Тип почв	Белорусско-Украинское полесье		Мещерская низменность	
	Содержание цезия-137 в растительно- сти, пкюри/кг	K_H	Содержание цезия-137 в растительно- сти, пкюри/кг	K_H
Разновидности торфяно-болотных и дерново-подзолистых песчаных почв	2370±900	5,3 (16,0-1,4)	950±760	2,5 (7,0-0,7)
Разновидности дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых почв	450±300	0,5 (1,5-0,22)	90±20	0,2 (0,3-0,1)

ПРИМЕЧАНИЕ: В скобках указан диапазон измерений.

Содержание цезия-137 в пищевых продуктах растительного происхождения, выращенных на пахотных почвах, существенно ниже, чем в пастбищных травах с целинных участков. Наибольшее загрязнение пищевых продуктов цезием-137 наблюдается в ряде районов Белорусско-Украинского полесья со специфическими типами почв, показателем чего могут служить коэффициенты накопления (K_H).

Таблица 2

Содержание цезия-137 в овощах и корнеплодах

Тип почв	Капуста		Картофель		Свекла	
	$\frac{\text{пкюри}}{\text{кг}}$	K_H	$\frac{\text{пкюри}}{\text{кг}}$	K_H	$\frac{\text{пкюри}}{\text{кг}}$	K_H
Окультуренные торфяно-глеевые, подзолисто-глеевые песчаные	110±100	0,29	143±130	0,34	62±49	0,15
Окультуренные подзолисто-глеевые супесчаные	34±22	0,07	60±20	0,13	13	0,03

Заслуживает внимания то обстоятельство, что даже при самом высоком уровне поступления цезия-137 в овощи и корнеплоды K_n остается меньше 1, тогда как при миграции цезия-137 из подобного типа целинных почв в пастбищные травы он существенно выше, составляя для первого типа почв в среднем 5,3, для второго 0,5.

Максимальные концентрации цезия-137 в молоке и мясе коров наблюдаются в период пребывания скота на подножном корму, минимальные — зимой при стойловом содержании. В тех случаях, когда выпасы находятся на торфяно-болотных и дерново-подзолистых песчаных почвах, содержание цезия-137 в молоке составляет 1050 ± 420 пкюри/л. При наличии дерново-подзолистых суглинистых почв концентрации изотопа в молоке не превышают 70 ± 30 пкюри/л. Во всех случаях коэффициент накопления цезия-137 в молоке находится в пределах 0,34–0,39. В мясе крупного рогатого скота данной зоны концентрации цезия-137 в говядине примерно в 4 раза, в телятине до 5 раз выше, чем в молоке. В свинине концентрации изотопа в 2–3 раза ниже, чем в говядине.

Суммарное содержание цезия-137 в рационе сельского населения Белорусско-Украинского полесья и удельный вклад изотопа с различными пищевыми продуктами характеризуется следующими величинами (см. табл. 3).

Таблица 3

Поступление цезия-137 с суточным рационом
сельскому населению Полесья

Наименование продуктов	пкюри	% от содержания в рационе
Хлеб и хлебобродуки	16	1,3
Молоко	920	71,3
Мясо	138	10,9
Рыба (пресноводная)	33	2,7
Картофель	126	10,0
Овощи	12	1,0
Фрукты	1	0,1
Грибы	33	2,7
ВСЕГО	1279	100

Как следует из таблицы, молоко является для данной зоны критическим продуктом.

Следствием повышенного содержания цезия-137 в пищевых продуктах, производимых и потребляемых на территории изучаемых районов, является более высокое по сравнению с характерными для средних широт величинами накопление его в организме местных сельских жителей. Измерение цезия-137 в организме человека проводилось в 15 населенных пунктах, и обследовано около 1000 человек, начиная с 5-летнего возраста. Общая картина распределения людей по содержанию в их организме цезия-137 дана в табл. 4.

Таблица 4

Содержание цезия-137 в организме жителей
некоторых районов Полесья

Контингент	Общая численность	Диапазон величин, кюри/организм					
		$5 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-8}$	$10^{-8} - 5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-7}$	10^{-7}	Максимум	Среднее
Мужчины	232		33 (14,7)	68 (29,3)	131 (56)	$6,4 \cdot 10^{-7}$	$1,12 \cdot 10^{-7}$
Женщины	307	3 (1,0)	98 (32,0)	147 (47,8)	59 (19,2)	$1,9 \cdot 10^{-7}$	$0,68 \cdot 10^{-7}$
Дети 5-10 лет	271	9 (3,3)	198 (72,9)	57 (21,2)	7 (2,6)	$2,0 \cdot 10^{-7}$	$0,45 \cdot 10^{-7}$
Дети 11-16 лет	180	9 (5)	82 (45,6)	82 (45,6)	7 (3,8)	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$0,5 \cdot 10^{-7}$

ПРИМЕЧАНИЕ: В скобках указан процент от общего числа
обследованных лиц.

В области наибольшего содержания (более 10^{-7} кюри/организм) наиболее многочисленна, как и следовало ожидать, группа мужчин, в области наименьших - дети до 10 лет.

Несколько иная картина наблюдается, если рассматривать удельные концентрации изотопа в организме и соответствующие им величины поглощенных доз (см. табл. 5).

Таблица 5

Среднегодовые дозы внутреннего облучения
населения некоторых пунктов Полесья,
мрад/год

Контингент	Средняя	Максимальная	Контингент	Средняя	Максимальная
Мужчины	19	43	7-8 лет	15	39
Женщины	11	29	9-10 лет	16	62
4-16 лет	15	41	11-16 лет	12	43
4-6 лет	16	30			

Здесь нет столь заметной разницы между взрослыми и детьми, более того, облучение детей лишь немногим меньше облучения взрослых мужчин, а учитывая большую радиочувствительность

детского организма, детский контингент следует признать критическим. Оценка содержания цезия-137 в организме всех жителей Полесья, проведенная косвенным методом, и расчет на этой основе средневзвешенных доз дали следующие результаты: сельское население Белорусско-Украинского полесья - 4,4 мрад/год, все население Полесья - 2,9 мрад/год. Предполагаемая популяционная доза, рассчитанная из условий, что очищение почвы от цезия-137 происходит со скоростью радиоактивного распада и что сельское население Полесья является демографически замкнутой группой, составляет 600 мрад. Для всего населения обследованного района - 180 мрад. Эти величины соответственно в 30 и 9 раз выше средних показателей для населения СССР / 3/. Однако даже в этом случае вероятность возникновения злокачественных новообразований у жителей Полесья настолько низка, что не может быть обнаружена на фоне спонтанных случаев. Так, например, если принять, в соответствии с рекомендациями МКРЗ /4/, что доза в 1 рад на индивидуум дает 20 случаев лейкемий на 10^6 человек, то степень риска по этому тесту для сельского населения Полесья составит лишь $1,2 \cdot 10^{-3}\%$ за всю жизнь.

Исходя из существующих данных, можно предполагать, что и по другим видам радиологических последствий степень риска будет столь же низкой.

Таким образом, внутреннее облучение местных жителей, по-видимому, не представляет опасности для здоровья, но масштабность явления заслуживает серьезного внимания.

⁺ Под полесьем понимают обширную заболоченную низину, покрытую лесом.

Литература

1. Marey A. N., Barchudarov R. M., Novikova N. Y. Effect of natural factors on cesium-137. Health Physics, 1972, v. 22, pp. 9-15.
2. Марей А. Н., Р. М. Бархударов, В. К. Чумак и др. Особенности поступления глобальных цезия-137 и стронция-90 по пищевым путям в Полесье. Гигиена и санитария, 1970, № 1, 61-65.
3. Ушакова А. П., И. А. Лихтарев, А. А. Моисеев. Популяционная доза облучения населения СССР от глобального цезия-137. Гигиена и санитария, 1970, № 7, 54-59.
4. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Adopted September 17, 1965). ICRP Publication 9. Oxford-London, Pergamon Press, 1967.