

Динамика радиоактивного загрязнения пищевых продуктов сельскохозяйственного производства и природного происхождения после аварии на Чернобыльской АЭС

В.Н. Шутов, М.В. Кадука, Г.Я. Брук, А.Б. Базюкин, Л.Н. Басалаева

ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург

Настоящая работа посвящена анализу динамики коэффициентов перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в критических звеньях пищевой цепочки в различные периоды времени после радиоактивных выпадений, что необходимо для оценки текущих доз внутреннего облучения населения, а также для реконструкции и долгосрочного прогноза этих доз.

Ключевые слова: авария на Чернобыльской АЭС, глобальные выпадения, пищевые продукты, коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr ; радиоактивное загрязнение, дозы внутреннего облучения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Данные (в базе данных имеются более 300 000 результатов измерений удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в объектах окружающей среды, пищевых продуктах сельскохозяйственного производства и природного происхождения) получены в течение 1986–2007 гг. в результате мониторинга загрязненных регионов России, существенно различающихся по почвенно-климатическим условиям и уровням их радиоактивного загрязнения.

Исследования проводились в следующих регионах – в Брянской, Орловской и Тульской областях, наиболее загрязненных чернобыльскими выпадениями, а также в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО), где загрязнение территории цезием-137 в настоящее время обусловлено глобальными выпадениями. В Брянской области поверхностная активность ^{137}Cs в почве достигает 3700 кБк/м². Основной фонд почвенного покрова области составляют дерново-подзолистые песчаные и супесчаные почвы, а также торфяно-болотные почвы. В Орловской и Тульской областях поверхностная активность ^{137}Cs в почве достигает 750 кБк/м². Почвенный покров областей представлен, в основном, серыми лесными и черноземными почвами. В обследованных районах ХМАО поверхностная активность ^{137}Cs в почве не превышает 2 кБк/м² (это свидетельствует об отсутствии аварийных выпадений). Почвы относятся к группе песчаных и супесчаных почв, в основном развиты болотный и подзолистый типы почв (аналогично Брянской области) [1].

Содержание ^{137}Cs в пробах измерялось гамма-спектрометрическим методом на сцинтилляционном гамма-спектрометре с датчиком NaI, диаметром 110 мм, с колодцем объемом 200 см³. Минимальная детектируемая активность (МДА) установок составляет 2 Бк на пробу при времени измерения 1 час. Активность ^{137}Cs , не превышающая МДА, определялась радиохимическим методом с применением сурьмяно-йодидной методики [2]. Удельная активность ^{90}Sr определялась радиохимическим методом по содержанию в пробе его дочернего радионуклида ^{90}Y с применением оксалатной методики [2].

В качестве параметра, характеризующего миграцию радионуклида из почвы в пищевые продукты, использовался коэффициент перехода (КП), равный отношению удельной активности радионуклида в сыром продукте (А) к его поверхностной активности (σ) в почве. Таким образом, имея данные о динамике средних величин КП ^{137}Cs и ^{90}Sr , можно оценить удельную активность радионуклидов в пищевых продуктах в различные периоды времени после аварии:

$$A \text{ (Бк/кг)} = \text{КП (м}^2/\text{кг)} * \sigma \text{ (Бк/м}^2) \quad (1)$$

В результате анализа имеющихся данных было установлено, что динамика изменения КП удовлетворительно описывается двух- или одно-экспоненциальной функцией:

$$\text{КП} = a_1 * \exp(-\ln 2 * t / T_1) + a_2 * \exp(-\ln 2 * t / T_2), \quad (2)$$

или:

$$\text{КП} = a_1 * \exp(-\ln 2 * t / T_1) + a_2, \quad (3)$$

где a_1 , a_2 – коэффициенты регрессии; T_1 , T_2 – периоды полууменьшения величин КП в начальный (0–5 лет) и в отдаленный (более 5–6 лет) периоды времени после радиоактивных выпадений соответственно.

Результаты исследований

Информация о динамике содержания радионуклидов Cs и Sr в молоке и мясе – продуктах, в основном определявших дозу внутреннего облучения местных жителей, – в начальный период после аварии (май-июнь 1986 г.) собрана в различных регионах Российской Федерации. Было установлено, что максимальная концентрация ^{137}Cs и ^{134}Cs , ^{90}Sr и ^{89}Sr в пробах достигалась во всех загрязненных регионах не позднее, чем через 12–16 дней после аварийного загрязнения местности [3].

В этот период времени содержание радионуклидов в продуктах животноводства было обусловлено поверхностным загрязнением пастбищной растительности. Снижение удельной активности радионуклидов цезия и стронция в молоке, являвшемся основным дозообразующим продуктом в начальный период времени после аварии, происходило с периодами полууменьшения, исчисляемыми 10–30 сутками, в зависимости от вида радиоактивных выпадений – влажных или сухих [3, 4] – например, рис. 1 (уравнения приведены на 10 суток после выпадений).

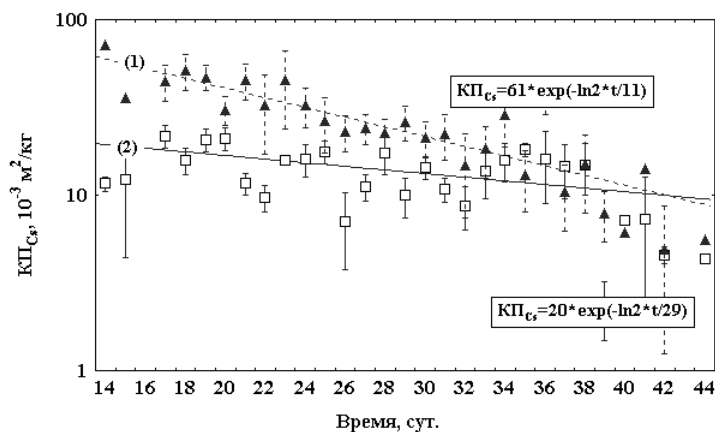


Рис. 1. Динамика удельной активности ^{137}Cs в пробах молока, отобранных в Брянской области в мае-июне 1986 г. Нормирована на единицу поверхностной активности радионуклида в почве (1) – $\sigma_{\text{Cs}} < 111$ кБк/м² (сухие выпадения); (2) – $\sigma_{\text{Cs}} > 111$ кБк/м² (влажные выпадения)

Начиная с июля-августа 1986 г. (когда стал превалировать корневой путь миграции радионуклидов в пищевые продукты), в течение 4-6 лет после аварии величины КП ^{137}Cs из почвы в сельскохозяйственную продукцию снижались с периодом $T_1 = 1-2$ года, а начиная с 1991–1992 гг., – с периодом T_2 более 10-20 лет [3-7] – (рис. 2). Величины КП ^{90}Sr из почвы в пищевые продукты сельскохозяйственного производства уменьшались в первые годы с периодом T_1 около 4 лет (рис. 3), а в отдаленные годы после аварии с периодом T_2 более 10-20 лет [8]. Данные о величинах КП ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в основные дозообразующие пищевые продукты для зоны черноземных и серых лесных почв представлены в таблице 1. Периоды снижения величин КП ^{137}Cs , определенные для грибов и лесных ягод, также измеряются десятками лет [9, 10], при том, что заметного снижения содержания цезия в этих продуктах в первые годы после аварии не происходило (рис. 4–6). В настоящее время значения КП ^{137}Cs для пищевых продуктов природного проис-

хождения на порядки величины выше, чем для продуктов сельскохозяйственного производства (рис. 5).

Величины периодов T_2 , полученные за 0–20 лет, прошедших после аварии на ЧАЭС, превышающие 10–20 лет, как правило, статистически не всегда достоверны [11-13]. Поэтому для долгосрочного прогноза дозы внутреннего облучения населения мы использовали данные о КП ^{137}Cs , полученные по результатам глобальных выпадений, пик которых пришелся на 1963 г. (0-й год после выпадений). В базы данных были добавлены результаты, полученные в тех регионах России (в частности, в Ханты-Мансийском АО), где заведомо отсутствовали чернобыльские выпадения, а почвенные характеристики практически не отличаются от таковых в Брянской области. Примеры полученных достоверных величин КП ^{137}Cs в некоторые пищевые продукты (в отдаленный период времени после радиоактивных выпадений 0–42 года) представлены на рис. 4 (1), рис. 5 (1–3) и в табл. 2.

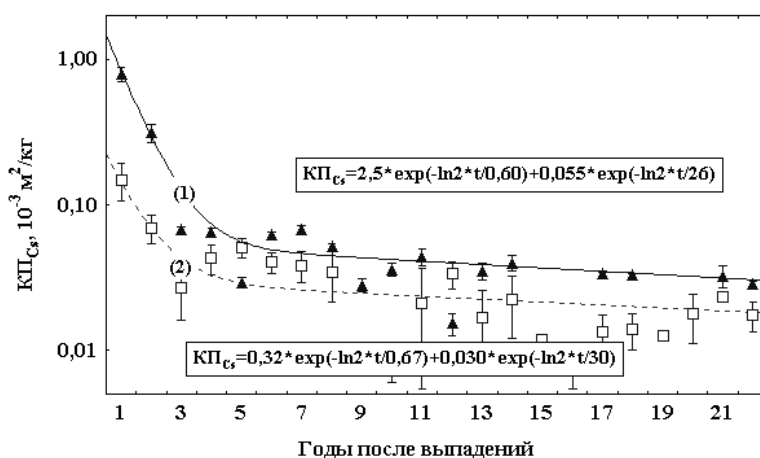


Рис. 2. Динамика коэффициентов перехода ^{137}Cs в картофель, производимый в зонах дерново-подзолистых (2) и черноземных (3) почв

Таблица 1

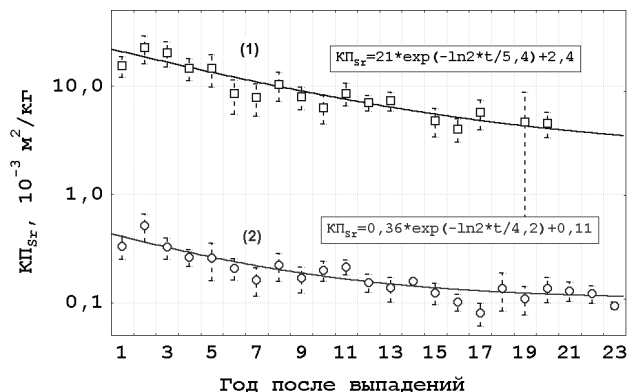


Рис. 3. Динамика коэффициентов перехода ⁹⁰Sr из дерново-подзолистых почв в естественные травы (1) и молоко (2)

Параметры уравнений регрессии $KП = a_1 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / T_1) + a_2 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / T_2)$ для зоны черноземных и серых лесных почв

Нуклид	Продукт	$a_1, 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$	$T_1, \text{ годы}$	$a_2, 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$	$T_2, \text{ годы}$	Период после выпадений, годы
¹³⁷ Cs	Молоко	0,34	1,2	0,024	–	0–18
¹³⁷ Cs	Говядина	0,77	0,89	0,12	–	0–16
¹³⁷ Cs	Картофель	0,32	0,70	0,030	30	0–22
¹³⁷ Cs	Зерно	0,53	0,91	0,018	–	0–21
¹³⁷ Cs	Трава	6,0	0,94	0,10	–	0–18
¹³⁷ Cs	Грибы	1,7	40	–	–	0–16
⁹⁰ Sr	Молоко	0,12	3,3	0,034	–	1–16
⁹⁰ Sr	Картофель	0,045	13	–	–	4–16

Таблица 2

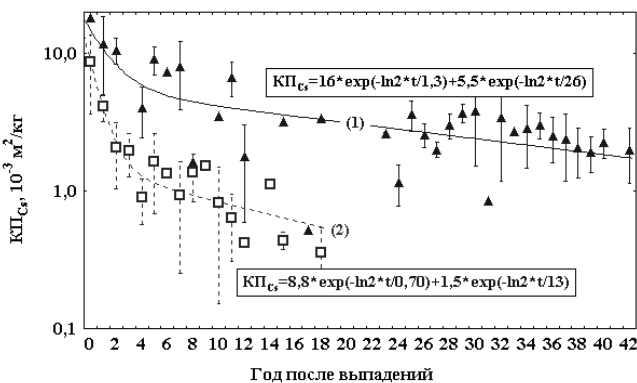


Рис. 4. Динамика коэффициентов перехода ¹³⁷Cs из почвы в ягоды брусники – 1 (пробы отобраны в Брянской области и ХМАО) и земляники – 2 (пробы отобраны в Брянской области)

Параметры уравнений регрессии $KП = a_1 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / T_1) + a_2 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / T_2)$ для зоны дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв

Нуклид	Продукт	$a_1, 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$	$T_1, \text{ годы}$	$a_2, 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$	$T_2, \text{ годы}$	Период после выпадений, годы
¹³⁷ Cs	Молоко	7,0	1,7	0,12	15	0-42
¹³⁷ Cs	Молоко*	13	1,6	0,78	-	0-18
¹³⁷ Cs	Говядина	19	0,85	1,7	7,4	0-22
¹³⁷ Cs	Свинина	8,0	1,0	0,9	8,0	0-22
¹³⁷ Cs	Картофель	2,5	0,60	0,055	26	0-22
¹³⁷ Cs	Трава**	270	1,0	3,2	30	0-42
¹³⁷ Cs	Рыба	42	0,93	2,2	10	0-17
¹³⁷ Cs	озерная					
¹³⁷ Cs	Рыба	21	1,3	1,1	14	0-17
¹³⁷ Cs	речная					
¹³⁷ Cs	Лесные					
	ягоды:					
	- черника	5,5	0,70	5,5	39	0-42
	- клюква	24	3,3	6,9	23	0-42
	- брусника	16	1,3	5,5	26	0-42
	- земляника	8,8	0,70	1,5	13	0-18
¹³⁷ Cs	Дичь:					0-17
	- кабан	33	1,0	9,0	-	
	- лось	19	1,4	2,8	-	
	- утка	7,7	1,9	1,1	-	
	- заяц	8,0	1,1	0,48	-	
¹³⁷ Cs	Мед	13	1,1	1,1	10	0-17
¹³⁷ Cs	Зерно	1,2	0,80	0,035	-	0-20
¹³⁷ Cs	Грибы	15	40	-	-	0-42
⁹⁰ Sr	Трава**	18	4,1	3,8	-	1-17
⁹⁰ Sr	Молоко	0,30	4,0	0,11	30	1-40
⁹⁰ Sr	Картофель	0,42	0,44	0,06	17	4-16

* – торфяно-болотные почвы

** – сухой вес

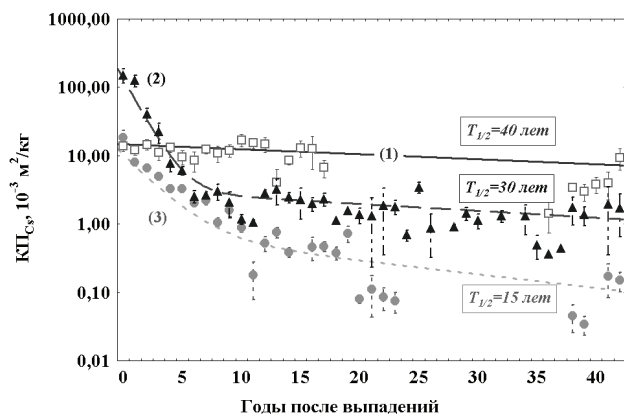


Рис. 5. Динамика коэффициентов перехода ¹³⁷Cs из дерново-подзолистых почв в лесные грибы (1), естественные травы (2) и молоко (3)

Величины КП ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевые продукты существенно зависят от типа почв, доминирующих в различных регионах (рис. 2, 3, 7).

Коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr для пищевых продуктов, производимых в Брянской области (дерново-подзолистые и торфяные почвы), существенно превышают КП радионуклидов в продукты, производимые в зоне черноземных и серых лесных почв (Тульская и Орловская области). Следовательно, так же различаются и дозы внутреннего облучения населения этих регионов [11, 14, 15].

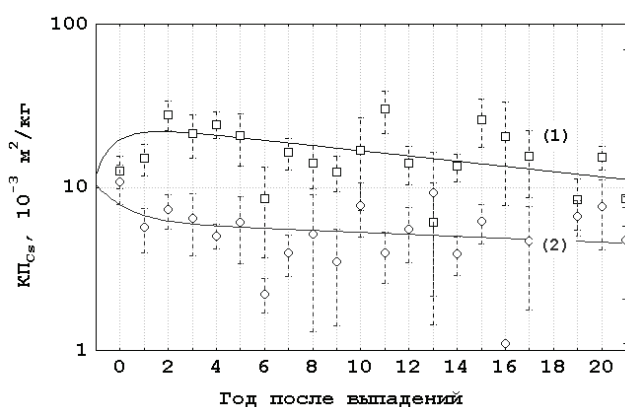


Рис. 6. Динамика коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в грибы в 1986-2007 гг. (Брянская область)
 1 – Болетовые: $\text{КП} = -13 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / 0,67) + 25 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / 19)$
 2 – Лисички: $\text{КП} = 4,2 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / 0,80) + 6,2 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / 50)$

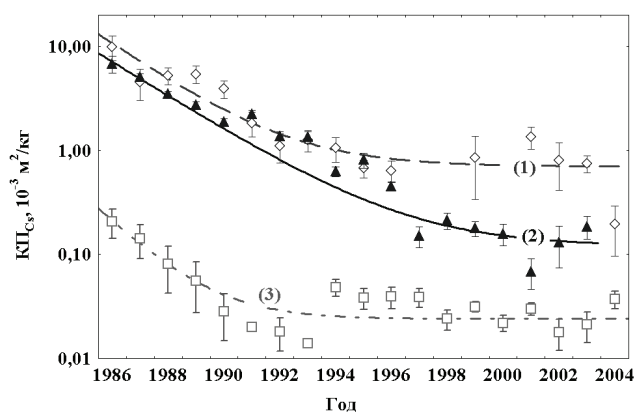


Рис. 7. Динамика коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в пробы молока, отобранные в зонах торфяно-болотных (1), дерново-подзолистых (2) и черноземных (3) почв

Обсуждение результатов

В течение лет, прошедших после Чернобыльской аварии, в организм сельских и, в меньшей степени, городских жителей с пищей местного производства поступают долгоживущие радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr . Вклад ^{137}Cs в дозу внутреннего облучения является ведущим и составляет более 90%.

Среди пищевых продуктов, с которыми ^{137}Cs поступает в организм человека, важную роль играют природные пищевые продукты: лесные грибы и ягоды, рыба, в первую очередь озерная, и дичь, а также сельскохозяйственные продукты местного производства, молоко и молочные продукты [11, 12, 16, 18, 19].

Было установлено, что в первые 5-6 лет после аварии на ЧАЭС снижение содержания ^{137}Cs в продукции сельскохозяйственного производства, загрязнённой этим радионуклидом почвенно-корневым путём, происходит с периодом полураспада $T_{1/2} = 1-1,5$ года [3, 4, 11, 16, 17]. В дальнейшем этот процесс резко замедляется. По прошествии 5-6 лет после выпадения значения соответствующих $T_{1/2}$ для КП ^{137}Cs измеряются десятками лет [3, 4, 11, 16]. В отличие от продуктов питания сельскохозяйственного производства, естественное очищение которых происходило достаточно быстро, нами не обнаружено статистически достоверного уменьшения радиоактивного загрязнения грибов за годы, прошедшие после аварии на ЧАЭС; естественное очищение ягод, рыбы и дичи происходит очень медленно [9, 11, 13, 19].

Более того, для многих видов грибов отмечен рост удельной активности ^{137}Cs в них в первые 2-3 года после аварии. Причина заключается, с одной стороны, в проникновении радионуклида из верхнего слоя лесного опада в область грибного мицелия и, с другой стороны, некоторым увеличением содержания ^{137}Cs в почве за счет дополнительного поступления его с опавшими листьями осенью 1986 г. и с иголками хвойных деревьев в течение нескольких лет после аварии [4, 10, 12].

В настоящее время значения КП ^{137}Cs для пищевых продуктов природного происхождения на 1-2 порядка величины выше, чем для продуктов сельскохозяйственного производства (рис. 8).

Такая разница в коэффициентах перехода привела к возрастанию вклада природных пищевых продуктов, в первую очередь грибов, в формирование дозы внутреннего облучения населения (рис. 9) [11, 18, 19].

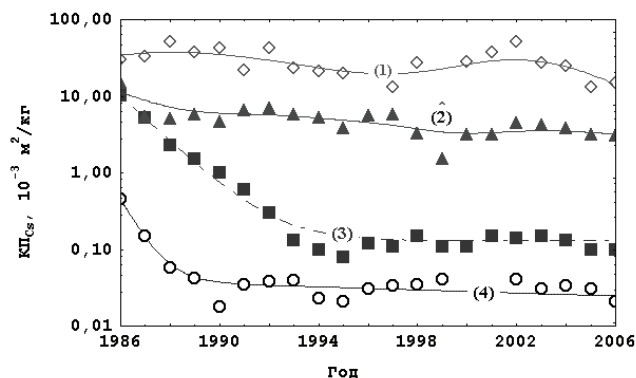


Рис. 8. Динамика коэффициентов перехода ^{137}Cs из дерново-подзолистых почв в лесные грибы (1), чернику (2), молоко (3) и картофель (4)

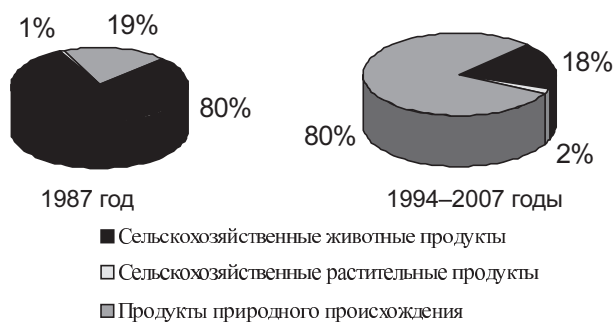


Рис. 9. Вклад продуктов сельскохозяйственного производства и природного происхождения в дозу внутреннего облучения сельского населения Брянской области в начальный и отдаленный периоды после аварии на ЧАЭС, по данным работ [15, 18, 19]

Полученные результаты наглядно свидетельствуют о том, что вклад природных пищевых продуктов в дозу внутреннего облучения растет с каждым годом, прошедшим после аварии на ЧАЭС, и может достигать в настоящее время 70-80%. В первую очередь, это обусловлено практически не изменяющимися или слабо меняющимися со временем уровнями содержания ^{137}Cs (основной дозообразующий радионуклид в отдаленный период после аварии на ЧАЭС) в грибах и лесных ягодах, составляющих наиболее значимую часть природной компоненты пищевого рациона населения пострадавших регионов России.

Выводы

1. В начальный период времени после аварии на ЧАЭС содержание радионуклидов в продуктах животноводства было обусловлено поверхностным загрязнением пастбищной растительности, снижение удельной активности радионуклидов цезия и стронция в молоке, являвшемся основным дозообразующим продуктом в этот период времени, происходило с периодами полууменьшения, исчисляемыми 10-30 сутками;
2. Начиная с июля-августа 1986 г., стал превалировать корневой путь миграции радионуклидов в пищевые продукты и в течение 4-5 лет после аварии величины КП ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию снижались с периодом $T_1=1-2$ года, а начиная с 1991-1992 г., – с периодом T_2 около 15-30 лет;
3. Величины КП ^{90}Sr в пищевые продукты сельскохозяйственного производства уменьшались в первые годы с периодом T_1 около 4-5 лет, а в отдаленные годы после аварии достоверно не уменьшались;
4. В настоящее время значения КП ^{137}Cs для пищевых продуктов природного происхождения на порядки величины выше, чем для продуктов сельскохозяйственного производства;
5. Величины КП существенно зависят от типа почв, доминирующих в различных регионах. Коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr для пищевых продуктов, производимых в Брянской области (дерново-подзолистые и торфяные почвы), существенно превышают КП радионуклидов в продукты, производимые в зоне черноземных и серых лесных почв (Тульская и Орловская области). Следовательно, так же различаются и дозы внутреннего облучения населения этих регионов;

6. Вклад ^{90}Sr в дозу внутреннего облучения населения незначителен (единицы %);

7. Сравнение данных о закономерностях снижения содержания ^{137}Cs в сельскохозяйственных и природных пищевых продуктах со временем показывает, что вклад последних в формирование дозы внутреннего облучения населения растет с течением времени после радиоактивных выпадений и может достигать в отдаленный период 80%.

Список использованной литературы

1. Kaduka, M.V. Assessment of the contribution of fungi in the internal dose of populations in the areas with different soil types subjected to radioactive contamination after the Chernobyl accident [Текст] / M.V. Kaduka, V.N. Shutov, G.J. Bruk, [et al.]: Interim report from the field work performed in 1996-1999. St. Petersburg-Oslo, NRPA: Osteras, Norway. – 2000. – 61 p.
2. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды [Текст]; Под ред. А.Н. Мареев и А.С. Зыковой. - М.: МЗ СССР, – 1980. – 88 с.
3. Shutov, V.N. Cesium and strontium radionuclide migration in the agricultural ecosystem and estimation doses to the population [Текст] / V.N. Shutov, G.Y. Bruk, M.I. Balonov [et al.] // The Chernobyl Papers, v.1, Research enterprises, Washington. – 1993. – P.167-218.
4. Bruk, G.Ya. Dynamics of ^{137}Cs content in agricultural food products produced in regions of Russia contaminated after the Chernobyl accident [Текст] / G.Ya. Bruk, V.N. Shutov, M.I. Balonov [et al.] // Radiation Protection Dosimetry. – 1998. – № 76. – P 169-178.
5. Фесенко, С. В. [Текст] / С. В. Фесенко, Р. М. Алексахин, Н. И. Санжарова, [и др.] // Радиационная биология: Радиоэкология. – 1999. – Т. 39. – №5. – С. 487 – 499.
6. Алексахин, Р.М. Сельскохозяйственная радиоэкология: результаты, актуальные задачи, перспективы (к итогам 10-летних исследований в регионе аварии на Чернобыльской АЭС [Текст] / Р.М. Алексахин // Радиация и риск. – вып. 9. – 1997. – С. 44-47.
7. Colgan, P.A. Cesium-137 in agricultural foodstuffs produced in the areas of Russia, Belarus and Ukraine contaminated as a result of the Chernobyl accident and the effect of applied countermeasures – A review of the data [Текст] / P.A. Colgan, G. Prohl, V.N. Shutov [et al.] // Report CIEMAT/ IMA/51D21/01/96. – Madrid. – 1996, 62 p.
8. Шутов, В.Н. Вклад стронция-90 в дозу внутреннего облучения населения России [Текст] / В.Н. Шутов, Г.Я. Брук, Л.Н. Басалаева, М.В. Кадука М.В., О.С. Кравцова, В.И. Пархоменко, Ю.М. Ефимов. // ЗНиСО. – 2005. – № 5 – М.: ФЦГСЭН Минздрава России, 2005. – С. 10-13.
9. Шутов, В.Н. Динамика радиоактивного загрязнения природных пищевых продуктов после аварии на Чернобыльской АЭС [Текст] / В.Н. Шутов, Г.Я. Брук, М.В. Кадука, М.В. Кислов, В.И. // ЗНиСО. – 2003. – № 4. – М.: ФЦГСЭН Минздрава России, 2003.- С. 9-12.
10. Shutov, V.N., Bruk, G.Ya., Kaduka, M.V., Balonov, M.I., Basalaeva, L.N., Travnikova, I.G. (1998). Dynamics of ^{137}Cs transfer factors from soil into forest mushrooms and berries after the Chernobyl accident [Текст] / V.N. Shutov, G.Ya. Bruk, M.V. Kaduka [et al.] // UIR Topical meeting, SCK*CEN, Mol, Belgium. – 1998. – P. 259-267.
11. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience [Текст] // Report of the Chernobyl Forum Expert Group "Environment": Radiological Assessment report series. STI/PUB/1239. IAEA, Vienna. – 2006. – 168 p.
12. Шутов, В.Н. Роль грибов и ягод в формировании дозы внутреннего облучения населения России после Чернобыльской аварии [Текст] / В.Н. Шутов, Г.Я. Брук, М.В. Ка-

- дука, Л.Н. Басалаева // ЗНиСО. – 1998. – № 2. – М.: ФЦГСЭН Минздрава России, 1998. – С. 19-23.
13. Шутов, В.Н. Динамика параметров миграции цезия-137 в сельскохозяйственной и природной экосистемах [Текст] / В.Н. Шутов, Г.Я. Брук, М.В. Кадука, Л.Н. Басалаева, И.Г. Травникова, М.И. Балонов, В.А. Василевский, И.С. Каплун, М.В. Кислов. // Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях: Материалы третьей международной конференции. – СПб: Гидрометеиздат, 2000. – С. 134-139.
 14. Kaduka, M.V. Soil-dependant uptake of Cs by mushrooms: experimental study in the Chernobyl accident areas [Текст] / M.V. Kaduka, V.N. Shutov, G.Ya. Bruk [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity. – v. 9. – issue 3. – 2006. – P. 199 – 211.
 15. Balonov, M.I. Importance of diet and protective actions on internal dose from Cs radionuclides in inhabitants of the Chernobyl region [Текст]. // M.I. Balonov, I.G. Travnikova // In The Chernobyl Papers: Washington: Research Enterprises, ed. by S. Merwin and M.I. Balonov. – 1993. – vol. 1. – P. 167-218.
 16. Alexakhin, R.M., Balonov, M.I., Shutov, V.N. et al. (2001). Present and Future environmental impact of the Chernobyl accident [Текст] / R.M. Alexakhin, M.I. Balonov, V.N. Shutov [et al.] // IAEA-TECDOC-1240, Vienna, Austria. – 2001. – 128 p.
 17. Behaviour of Radionuclides in Natural and Semi-natural Environments [Текст] / Ed. by Belli M., Tikhomirov F // ECP-5: Report EUR 16531 E, Brussels. – 1996
 18. Balonov, M.I. The role of agricultural and natural ecosystems in the internal dose formation in the inhabitants of a controlled area [Текст] // M.I. Balonov, I.G. Travnikova // Transfer of Radionuclides in Natural and Semi-natural Environments: Ed. by G. Desmet, P. Nassimbeni and M. Belli: Elsevier Applied Science, London and New York. – 1990. – P. 419-430.
 19. Кадука, М.В. Роль грибов в формировании дозы внутреннего облучения населения после аварии на ЧАЭС. Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий [Текст] / М.В. Кадука, В.Н. Шутов, Г.Я. Брук [и др.]: Труды Международной конференции (Москва, 5-6 декабря 2005 года). СПб: Гидрометеиздат. – 2006. – т.3. – С. 230-239.

V.N. Shutov, M.V. Kaduka, G.Ya. Bruk, A.B. Basjukin, L.N. Basalaeva
Dynamics of radioactive contamination of agricultural food products
and natural foodstuffs after the Chernobyl accident

Federal scientific organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramsaev»
of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights protection and Human Well-being, Saint-Petersburg

Abstract. The present work is devoted to an analysis of the data on dynamics of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr transfer factors in the most critical (during different time periods after the radioactive fallout) links of the food chain that are necessary for assessing current internal doses for population and for reconstruction and long-term forecast of these doses.

Key words: Chernobyl accident, global fallouts, foodstuffs, ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr transfer factors, radioactive contamination, internal exposure dose.

Поступила 15.05.08.