

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. С. Уманский. Рентгенография металлов. М., Физматгиз, 1960, стр. 291.
2. С. И. Губкин. Пластическая деформация металлов. Т. 1. М., Metallurgizdat, 1960, стр. 346.
3. В. А. Лихачев. «Физ. металлов и металловедение», 12, 792 (1961).
4. J. Gittus et al. Radiation Damage in Reactor Materials. Venice, 7—11 May 1962, p. 109. Part of the Proceeding of the Symposium on Radiation Damage in Solids and Reactor Materials.
5. F. Foote. В кн. «Металлургия ядерной энергетики и действие облучения на материалы». Доклады иностранных ученых на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. (Женева, 1955). М., Metallurgizdat, 1956, стр. 146.
6. Металловедение реакторных материалов (Обзоры института им. Бэттла). Книга I. «Ядерно—горючие материалы». М., Госатомиздат, 1961.
7. А. С. Займовский и др. В кн. «Труды Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1958)». Докл. советских ученых. М., Атомиздат, 1959, стр. 573.
8. Б. Копельман. Материалы для ядерных реакторов. М., Госатомиздат, 1962, стр. 328.
9. G. Slattery, D. Connolly. TRG Report 360 (S), 1963.
10. E. Sturcken, W. McDonnell. J. Nucl. Mat., 7, 85 (1962).
11. В. Е. Иванов и др. «Атомная энергия», 18, 357 (1965).
12. G. Harris. Philos. Mag., 43, 143 (1952).
13. P. Morris. J. Appl. Phys., 35, 2553 (1964).
14. В. Е. Иванов и др. «Атомная энергия», 16, 325 (1964).
15. А. Н. Холден. Физическое металловедение урана. М., Metallurgizdat, стр. 103 (1962).

Содержание Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ в сельскохозяйственных продуктах Западной Словакии в 1963—1964 гг.

Ш. ЧУПКА, М. ПЕТРАШОВА, И. ЦАРАХ

(Областная санитарно-эпидемиологическая станция, Братислава, ЧССР)

УДК 551.577.7:614.776

Исследованы уровни Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ в сельскохозяйственных продуктах на территории Западной Словакии в 1963—1964 гг. Наиболее высокое содержание обоих изотопов найдено в зерновых культурах, относительно низкое — в бобовых растениях и наиболее низкое — в пропашных культурах. Различное отношение Cs¹³⁷ : Sr⁹⁰ в исследованных сельскохозяйственных культурах объясняется разной сорбционной способностью растений и главным образом количеством радиоактивных осадков.

Цель настоящей работы — определение уровней наиболее важных радиоактивных изотопов в сельскохозяйственных продуктах в районе строительства атомной электростанции.

В настоящее время, когда уровень выпадений Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ постепенно снижается, интересно исследовать миграцию, извлечение их растениями из почвы и циркуляцию в пищевой цепочке.

Некоторые сельскохозяйственные продукты питания и находящиеся в них радиоактивные вещества попадают непосредственно в организм человека. Другие продукты используются как сырье в пищевой промышленности или в животноводстве в качестве кормов. В этих случаях в организм человека из первоначального количества радиоактивных веществ поступает только определенная доля вследствие

Доля Словакии и Западно-Словацкой области в общей сельскохозяйственной продукции ЧССР в 1964 г.

Таблица 1

Культура	Доля Словакии, %	Доля Западно-Словацкой области, %	Культура	Доля Словакии, %	Доля Западно-Словацкой области, %
Пшеница	27,6	18,1	Сахарная свекла	25,7	20,2
Рожь	12,6	4,4	Картофель	21,0	4,3
Ячмень	35,7	23,6	Кукуруза для силоса	30,1	16,9
Овес	14,0	4,2	Табак	91,2	—
Кукуруза (зерно)	91,0	76,8	Мак	16,7	—
Бобовые культуры	30,4	—			

дискриминации метаболизмом животных. Для количественной оценки этого эффекта была исследована радиоактивность таких сельскохозяйственных продуктов, которые дают значительный вклад в общегосударственное производство. Это, в частности, зерновые культуры, кукуруза, табак и др. (табл. 1). Пробы отбирали в четырех пунктах территории Западной Словакии: Братислава—Рача, Богунице и Пиештяны. Для анализа было отобрано: зерновых культур — 1 кг, бобовых растений — 2 кг, пропашных культур — 4 кг, табака и листьев — по 100 г свежего продукта. У картофеля анализировали только съедобную часть. Сахарную и кормовую свеклу перед анализом тщательно отмывали от остатков почвы.

Оба радионуклида авторы настоящей работы выделяли радиохимически, применяя методы, описанные в литературе [2,3], и затем определяли их β-активность.

Средние величины удельной активности Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ в сельскохозяйственных продуктах, выращенных на территории Западной Словакии в 1963—1964 гг., приведены в табл. 2 и 3.

Из зерновых культур максимальное содержание кальция обнаружено у овса, наименьшее — у проса. Из всех исследованных авторами данной работы продуктов меньше всего

кальция содержат картофель и кукуруза, больше всего — мак и табак. Отношение Sr⁹⁰ : Са наиболее низкое в пробах мака (1,9) и табака (10,1), что зависит от сравнительно высокого уровня кальция в исследуемом продукте. У остальных продуктов вследствие низкого содержания кальция концентрация Sr⁹⁰ (в строциевых единицах С.Е.) намного выше.

Максимальные концентрации Sr⁹⁰ обнаружены у зерновых культур (241,4 С.Е.), минимальные — у бобовых (14,6 С.Е.). Пропашные культуры занимают промежуточное положение (61,4 С.Е.). Наиболее низкий уровень Sr⁹⁰ в 1964 г. обнаружен в съедобной части картофеля (2,7 пкюри/кг) и кукурузы (2,1 пкюри/кг).

В 1964 г. наблюдалось повышение уровня Sr⁹⁰ почти во всех сельскохозяйственных продуктах по сравнению с 1963 г. Самое большое увеличение уровня было обнаружено в ячмене и овсе (в два раза). Снижение активности Sr⁹⁰ произошло у кукурузы и картофеля (примерно на 50%).

Максимальная удельная активность Cs¹³⁷ и Sr⁹⁰ обнаружена в листьях табака и свеклы (содержание Cs¹³⁷ достигает 647,1, а в некоторых случаях 1266,6 пкюри/кг), потом следуют зерновые культуры со средней величиной

Удельная активность Sr⁹⁰ в сельскохозяйственных продуктах в 1963—1964 гг.

Таблица 2

Культура	Число мест отбора проб	Содержание кальция, г/кг		Содержание Sr ⁹⁰ , пкюри/кг		Содержание Sr ⁹⁰ : Са, пкюри/г		Отношение Sr ⁹⁰ : Са, 1963/1964 гг.
		1963 г.	1964 г.	1963 г.	1964 г.	1963 г.	1964 г.	
Зерновые культуры								
Пшеница	6	0,45	0,40	108,7	123,8	241,5	309,5	1,3
Рожь	4	0,49	0,51	77,3	114,9	157,8	225,7	1,4
Ячмень	8	0,36	0,43	66,2	162,9	183,9	381,4	2,1
Овес	7	1,06	0,83	62,9	108,1	59,3	130,6	2,2
Просо	2	0,19	0,32	29,7	18,8	156,3	59,4	0,4
Бобовые растения								
Горох	4	1,32	0,88	15,8	10,4	12,0	11,7	1,0
Фасоль	1	—	1,89	—	25,0	—	13,2	—
Чечевица	1	—	0,65	—	14,5	—	22,3	—
Пропашные культуры								
Картофель очищенный	12	0,05	0,05	5,2	2,7	104,0	54,0	0,5
Кукуруза	8	0,05	0,06	3,7	2,1	75,5	35,0	0,5
Сахарная свекла	4	—	0,22	—	22,4	—	101,8	—
Кормовая свекла	12	0,51	0,20	17,0	7,4	33,3	37,0	1,1
Прочие культуры								
Мак	2	—	12,56	—	22,0	—	1,9	—
Табак	2	—	34,80	—	350,3	—	10,1	—
Листва от кормовой свеклы	5	6,10	—	494,2	—	81,0	—	—

Удельная активность Sr¹³⁷ в сельскохозяйственных продуктах в 1963—1964 гг.

Таблица 3

Культура	Число мест отбора проб	Содержание Cs ¹³⁷ , пюри/кг		Отношение Cs ¹³⁷ : Sr ⁹⁰		Отношение данных Cs ¹³⁷ 1964/1963 гг.
		1963 г.	1964 г.	1963 г.	1964 г.	
Пропашные культуры						
Пшеница	6	180,0	299,2	1,7	2,4	1,7
Рожь	4	505,9	334,6	6,5	2,9	0,7
Ячмень	8	197,2	175,5	3,0	1,1	0,9
Овес	7	290,1	268,4	4,6	2,5	0,9
Просо	2	224,5	248,0	7,6	13,2	1,1
Зерновые культуры						
Горох	4	310,9	108,5	19,7	10,5	0,3
Фасоль	1	—	132,7	—	5,3	—
Чечевица	1	—	271,8	—	19,4	—
Бобовые растения						
Картофель очищенный	12	44,0	32,7	8,5	12,1	0,7
Кукуруза	8	150,6	58,6	40,7	27,9	0,4
Сахарная свекла	4	24,4	15,2	—	0,7	0,6
Кормовая свекла	12	53,2	11,3	3,1	1,5	0,2
Прочие культуры						
Мак	2	—	117,2	—	5,3	—
Табак	2	—	647,1	—	1,8	—
Листва от кормовой свеклы	5	1266,6	—	2,6	—	—

Средние величины удельных активностей Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ в сельскохозяйственных продуктах в 1963—1964 гг.

Таблица 4

Изотоп	Зерновые культуры		Бобовые растения		Пропашные культуры	
	1963 г.	1964 г.	1963 г.	1964 г.	1963 г.	1964 г.
Cs ₂	0,51	0,50	1,32	1,14	0,20	0,14
Sr ⁹⁰ , пюри/кг	69,0	105,7	15,8	16,6	8,6	8,6
Sr ⁹⁰ : Ca, пюри/г	135,3	211,4	12,0	14,6	43,0	61,4
Cs ¹³⁷ , пюри/кг	279,5	265,1	310,9	171,0	68,1	29,4
Cs ¹³⁷ : Sr ⁹⁰	4,0	2,5	19,7	10,3	7,9	3,4

в 1964 г. 265,1 пюри/кг, бобовые растения — 171,0 пюри/кг и, наконец, пропашные культуры — 29,4 пюри/кг (табл. 3 и 4).

Содержание Cs¹³⁷ в сельскохозяйственных культурах выше, чем Sr⁹⁰, что связано с радиоактивными осадками, в которых активность Cs¹³⁷ больше, чем Sr⁹⁰. Отношение Cs¹³⁷ : Sr⁹⁰ в атмосферных осадках обычно находится в интервале 1,5—2, хотя иногда лежит и вне этого диапазона [4]. Наибольшее различие концентраций Cs¹³⁷ и Sr⁹⁰ обнаружено у кукурузы, где отношение Cs¹³⁷ : Sr⁹⁰ равно 27,9, и у картофеля (12,1). У бобовых культур средняя величина отношения Cs¹³⁷ : Sr⁹⁰ в 1964 г. до-

стигает 10,3, из зерновых культур наиболее высокое различие содержания Cs¹³⁷ и Sr⁹⁰ найдено у проса.

В 1964 г. удельная активность Cs¹³⁷ снизилась по сравнению с 1963 г. во всех сельскохозяйственных продуктах. Значительное уменьшение зарегистрировано в пробах пропашных культур — до 80%, наименьшее — у зерновых культур — 5% (см. табл. 4).

Удельная активность Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ в растениях зависит прежде всего от количеств этих изотопов в атмосферных выпадениях. Проведенное авторами настоящей работы сопоставление величин активностей Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ в ежеме-

Содержание Cs¹³⁷ и Sr⁹⁰ в атмосферных осадках над территорией Западной Словакии в 1963—1964 гг. Таблица 5

Год	Атмосферные осадки, мм	Плотность выпадений, <i>пкюри/м²</i>		Отношение Cs ¹³⁷ : Sr ⁹⁰
		Cs ¹³⁷	Sr ⁹⁰	
1963	558	29,0	22,5	1,3
1964	555	15,5	16,9	0,9
1964 : 1963	—	0,53	0,75	—

сячных атмосферных выпадениях в 1963—1964 гг. (табл. 5) и сельскохозяйственных продуктах (см. табл. 3) свидетельствует о том, что снижение темпа выпадения Cs¹³⁷ из атмосферы сказалось и на величине его содержания в растениях.

Радиоактивные вещества, выпавшие на поверхность земли, задерживаются преимущественно в верхнем слое почвы. Изотоп Cs¹³⁷ задерживается в верхнем органическом слое [5—8]. Захват Cs¹³⁷ растениями из почвы по сравнению со стронцием составляет только 1/20 часть Sr⁹⁰, извлеченного из почвы. Отношение изотопов Cs¹³⁷ : Sr⁹⁰, абсорбированных растениями из почвы, равно приблизительно 0,03—0,20 [9]. Повышение содержания Cs¹³⁷ в бобовых и пропашных культурах по сравнению с Sr⁹⁰ можно объяснить только абсорбцией цезия, осевшего на поверхность листьев растений, т. е. непосредственно из атмосферных осадков.

Содержание Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ зависит от того, из какой части растения извлечен изотоп. Относительно Sr⁹⁰ имеются указания, что в корневой системе находится лишь 10% суммарного количества этого излучателя в растении, тогда как в надземной части растения концентрируется около 90% [5,10].

Относительные количества Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ в некоторых сельскохозяйственных продуктах в 1964 г. Таблица 6

Сопоставляемые культуры	Ca	K	Sr ⁹⁰	Sr ⁹⁰ : Ca	Cs ¹³⁷
Пшеница : горох	0,5	0,5	11,9	13,5	2,9
Пшеница : картофель	4,8	1,0	20,3	2,4	7,0
Горох : картофель	9,3	1,7	1,7	0,2	2,4
Листва от кормовой свеклы : свекла	12,0	0,9	29,1	2,4	23,8

Распределение изотопов в надземной части также неодинаково. В табл. 6 приведены данные о содержании Sr⁹⁰, Cs¹³⁷, кальция и калия в пробах пшеницы, гороха и картофеля, собранных в 1964 г. Из сравнений данных следует, что в пшенице содержится кальция в 4,8 раза больше, чем в картофеле. Отношение количеств Sr⁹⁰ в этих продуктах достигает, однако, значения 20,3. Нет также соответствия и между количествами калия и Cs¹³⁷. Из общей активности Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ листва от кормовой свеклы содержит около 96%. Вообще можно сказать, что нет прямой зависимости между содержанием кальция и Sr⁹⁰, а также между калием и Cs¹³⁷ в растениях (например, мак и табак, см. табл. 2 и 3).

Распределение радиоактивных веществ в плодах также является неоднородным. Было изучено распределение Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ в клубнях картофеля, у которого отдельно анализировали съедобную часть и кожуру. Из общей активности в съедобной части картофеля находится 45% Sr⁹⁰, 75% Cs¹³⁷, причем съедобная часть составляет 66—80% общего веса клубней (табл. 7). Количество съедобной части зависит от про-

Распределение активностей Sr⁹⁰ и Cs¹³⁷ в клубнях картофеля

Таблица 7

Характеристика	1963 г.			1964 г.		
	целые клубни	съедобная часть	съедобная часть, %	целые клубни	съедобная часть	съедобная часть, %
Вес влажного клубня, г	1000	662	66,2	1000	798	79,8
Ca, мг	82	49	59,8	94	53	56,4
Sr ⁹⁰ , <i>пкюри/кг</i>	11,1	5,2	46,8	6,1	2,7	44,3
Cs ¹³⁷ , <i>пкюри/кг</i>	61,0	44,0	72,1	44,2	32,7	74,0
Sr ⁹⁰ : Ca, <i>пкюри/кг</i>	135,4	106,1	—	64,9	50,9	—
Cs ¹³⁷ : Sr ⁹⁰	5,5	8,5	—	7,2	12,1	—

длительности хранения, сорта и величины клубней картофеля.

Поступила в Редакцию 6/XI 1965 г.
В окончательной редакции 12/IV 1966 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Statistická ročenka ČSSR 1965, Praha, SNTL — SVTL (1965).
2. W. Häussermann, W. Morgenstern. Atompraxis, 8, 37 (1962).
3. V. Zbořil, T. Trnovec. Chem. zvesti, 17, 268 (1963).
4. Отчет Научного Комитета ООН по действию атомной радиации (17 сессия Генеральной Ассамблеи). Приложение 16, Нью-Йорк, 1962 г.
5. E. Mercer, F. Ellis. Report ARCRL, 12, 49 (1964).
6. E. Niemann. Atompraxis, 7, 370 (1961).
7. В. И. Баранов и др. «Атомная энергия», 18, 246 (1965).
8. Радиоактивные загрязнения внешней среды. Сборник. Под ред. В. П. Шведова и С. И. Широкова. М., Госатомиздат, 1962.
9. H. Squire, L. Middleton. Report ARCRL, 8, 66 (1962).
10. В. М. Ключковский, И. В. Гулякин. В кн. «Советские ученые об опасности испытаний ядерного оружия». Под ред. А. В. Лебединского. М., Атомиздат, 1959, стр. 58.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

Рукописи для журнала должны удовлетворять перечисленным ниже требованиям. Материалы, не отвечающие этим требованиям, не принимаются. Отклоненные статьи не возвращаются.

1. Тексты и иллюстративные материалы представляются в трех экземплярах в окончательно отработанном для печати виде и должны быть подписаны всеми авторами.

После подписей авторов должны быть указаны: фамилия, имя и отчество полностью, домашний адрес и номер телефона.

2. Объем обзорных статей, как правило, не должен превышать 20—22 стр., оригинальных статей — 10—12 стр., аннотаций депонированных статей — 2 стр., писем в редакцию — 5 стр. машинописного текста (включая рисунки и список литературы).

3. Текст рукописи должен быть напечатан на машинке через два интервала на одной стороне листа, с полями с левой стороны не уже 4 см; рукописные вставки не допускаются.

4. К статьям и письмам в редакцию прилагаются краткие авторефераты, в которых следует коротко и ясно сформулировать цель, результаты и область практического применения работы, а также перевод названия на английский язык.

5. Оформление текста (написание формул, выделение греческих и латинских, строчных и прописных букв, сокращение слов, оформление цитируемой литературы и т. д.) производится в соответствии с общими правилами, принятыми для научно-технических журналов. Трудноразличимые в рукописном обозначении буквы и знаки поясняются на полях.

Размерность всех приведенных величин должна соответствовать Международной системе единиц измерений. В отдельных случаях могут быть приведены пересчетные формулы.

6. Рисунки выполняются черной тушью на бумаге размером 15 × 20 см; фотографии должны иметь контрастное изображение; размер фотографий не менее 9 × 12 см. Подписанные подписи должны быть напечатаны на отдельном листе.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Атомиздат выпустил в свет справочник

Критические параметры систем с делящимися веществами и ядерная безопасность. Коллектив авторов. 1966, 226 стр., 1 р. 20 к.

В книге рассматривается проблема ядерной безопасности и методы ее решения при производстве, хранении и транспортировке делящихся веществ. Приводятся экспериментально полученные критические массы и объемы урана и плутония при различных концентрациях, обогащении, плотностях и геометрии активной зоны с отражателями и без них. Обсуждаются методы обеспечения ядерной безопасности: контроль по массе, размерам и объемам систем с делящимися веществами, по содержанию делящихся веществ в растворах, применение поглотителей нейтронов.

Приведены методы расчета критических параметров систем с делящимися веществами, а также основные нормы ядерной безопасности для решения типичных задач.

Книга полезна читателям, занимающимся проблемами ядерной безопасности при переработке делящихся веществ, экспериментальной и теоретической физикой реакторов, проектированием ядерных реакторов и заводов по переработке теплоделяющих элементов, а также студентам соответствующих специальностей.

Заказы на книгу направляйте по адресу: Москва, В-71, Ленинский проспект, 15. Союзнига, отдел научно-технической литературы, или в Атомиздат по адресу: Москва, К-31, ул. Жданова, 5/7.