

Т а б л и ц а 4

Значения стационарной концентрации CO, рассчитанные по уравнению (4)

Форма графита	$k_{пр}$ , моль/(л·мин)	$k_{обр}$ , мин <sup>-1</sup>	Рассчитанная стационарная концентрация CO	
			моль/л	об. %
Порошок	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$7,2 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	16,
Бруски	$4,0 \cdot 10^{-7}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$1,14 \cdot 10^{-3}$	7,7

ными величинами: ~15% для графитового порошка и ~7% для графитовых брусков (см. нижнюю кривую на рис. 2).

Установленный характер зависимости констант скоростей прямой и обратной реакций

от интенсивности излучения, температуры и поверхности указывает на то, что стационарная концентрация CO не зависит от интенсивности излучения и температуры и зависит от величины поверхности углерода.

Таким образом, были изучены кинетика реакций в системе CO<sub>2</sub>—CO—C под действием быстрых электронов и основные закономерности установления стационарного состояния в этой системе.

Поступила в Редакцию 13/V 1964 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. S. Lind. Radiation Chemistry of Gases. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1961, p. 117.
2. V. Čermák, Z. Herman. Chemical Effects of Nuclear Transformations. Vol. 1. Vienna, IAEA, 1961, p. 99.

УДК 551.577.7

## Содержание Sr<sup>90</sup> в радиоактивных выпадениях на территории западной Словакии

Ш. Чупка, М. Петрашова, И. Царах

(Областная сан. эпид. станция, Братислава, ЧССР)

Исследовано абсолютное и относительное содержание Sr<sup>90</sup> в радиоактивных выпадениях для четырех пунктов западной Словакии за период 1962—1963 гг. Установлено значительное повышение содержания Sr<sup>90</sup> в выпадениях 1963 г., особенно в ноябре и декабре (до 12%). Сделан вывод, что в настоящее время радиоактивные выпадения в основном обусловлены изотопами стратосферного происхождения с большими периодами полураспада.

В настоящее время основную часть радиоактивных загрязнений атмосферы составляют долгоживущие излучатели, которые возникли в результате ядерных испытаний. Эти радиоактивные изотопы являются осколками деления ядер урана или плутония. Кроме того, они возникают при взаимодействии нейтронов со стабильными ядрами элементов атмосферы.

Из долгоживущих радиоактивных элементов наибольшее внимание привлекают Sr<sup>90</sup> и Cs<sup>137</sup>. Постоянный интерес к Sr<sup>90</sup> объясняется биологическими последствиями, которые могут возникнуть при накоплении этого изотопа в организме человека. Метаболизм Sr<sup>90</sup> почти такой же, как и кальция: по цепочке атмосфера — почва — растительность — пищевые

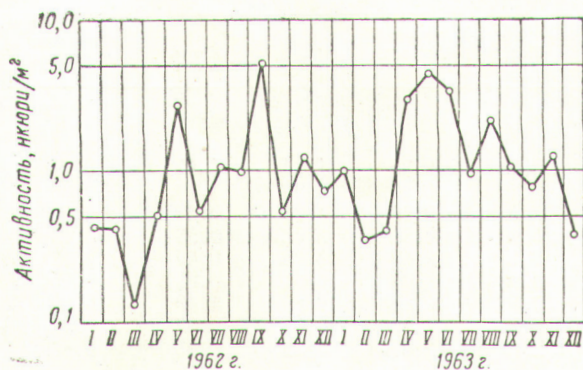
продукты Sr<sup>90</sup> может поступать в организм человека и инкорпорироваться в его скелете.

Частично изучены скорость и диапазон стратосферного перемешивания и тропосферных выпадений [1—3]. Основными вопросами, которые необходимо объяснить, являются повышенное кумулятивное выпадение Sr<sup>90</sup> в средних широтах северного полушария и ежегодный весенний максимум содержания Sr<sup>90</sup> в атмосферных выпадениях [1]. В настоящее время в результате Московского договора о запрещении испытаний ядерного оружия в трех средах суммарная β-активность радиоактивных выпадений имеет тенденцию к постоянному снижению. Таким образом, вследствие прекращения ядерных испытаний появилась возможность установить продолжительность задержки осколков деления в стратосферном воздушном резервуаре, перенос их из стратосферы в нижние слои атмосферы и выпадение на поверхность земли.

Настоящая работа была проведена в 1962—1963 гг. с целью определения радиоактивного фона в районе строительства атомной электро-



станции перед пуском реактора. Для отбора проб атмосферных радиоактивных выпадений



Активность Sr<sup>90</sup> в атмосферных выпадениях в г. Братислава за период 1962—1963 гг.

Таблица 1

Активность Sr<sup>90</sup> (нкюри/м<sup>2</sup>) в атмосферных выпадениях за период 1962—1963 гг.

Время отбора проб	Пункт отбора проб			
	Братислава	Ясловске Богунице	Пиештяны	Трнава
<b>1962 г.</b>				
Январь . . . . .	0,41	0,47	0,31	0,14
Февраль . . . . .	0,41	—	0,41	—
Март . . . . .	0,13	0,33	0,72	0,30
Апрель . . . . .	0,51	0,25	0,57	0,56
Май . . . . .	2,68	1,64	0,99	1,35
Июнь . . . . .	0,56	1,15	0,76	0,27
Июль . . . . .	1,05	0,90	1,77	1,43
Август . . . . .	0,99	1,30	1,93	1,42
Сентябрь . . . . .	5,23	1,97	0,81	3,82
Октябрь . . . . .	0,56	0,55	0,32	0,41
Ноябрь . . . . .	1,24	1,87	1,57	1,72
Декабрь . . . . .	0,76	1,13	0,93	1,21
<b>Всего за год</b>	<b>14,53</b>	<b>11,56</b>	<b>11,09</b>	<b>12,63</b>
<b>1963 г.</b>				
Январь . . . . .	1,00	0,94	1,18	0,92
Февраль . . . . .	0,36	0,31	0,40	0,56
Март . . . . .	0,41	1,03	0,96	1,44
Апрель . . . . .	3,08	1,40	5,28	0,63
Май . . . . .	4,67	2,15	3,55	3,55
Июнь . . . . .	3,27	3,19	3,03	2,76
Июль . . . . .	0,98	1,13	1,29	1,17
Август . . . . .	2,23	2,74	2,36	2,62
Сентябрь . . . . .	1,10	0,34	2,16	1,27
Октябрь . . . . .	0,83	0,79	0,95	0,32
Ноябрь . . . . .	1,23	7,56	1,00	8,96
Декабрь . . . . .	0,39	0,66	0,12	1,71
<b>Всего за год</b>	<b>19,55</b>	<b>22,24</b>	<b>22,28</b>	<b>25,91</b>

использовались сосуды диаметром 20 см, установленные на высоте 2 м от поверхности земли. Пробоотборщики были расположены в четырех пунктах западной Словакии (Братислава, Ясловске Богунице, Пиештяны и Трнава) в местах с травянистым покровом, в достаточном удалении от крупных источников промышленной пыли. Для фиксации оседающих атмосферных аэрозолей на дне сосудов постоянно поддерживался тонкий слой дистиллированной воды, в зимний период — смесь дистиллированной воды с этилалкоголем. После месячной

Таблица 2

Сопоставление активности Sr<sup>90</sup> с суммарной β-активностью выпадений и количеством атмосферных осадков

Время отбора проб	Количество атмосферных осадков, мм	Суммарная β-активность, нкюри/м <sup>2</sup>	Активность Sr <sup>90</sup> , нкюри/м <sup>2</sup>	Доля Sr <sup>90</sup> , %
<b>1962 г.</b>				
Январь . . . . .	18	61,7	0,33	0,53
Февраль . . . . .	46	62,3	0,41	0,66
Март . . . . .	48	82,0	0,37	0,45
Апрель . . . . .	34	77,4	0,47	0,61
Май . . . . .	67	156,5	1,67	1,07
Июнь . . . . .	16	45,6	0,68	1,49
Июль . . . . .	50	74,3	1,29	1,74
Август . . . . .	28	37,2	1,41	3,79
Сентябрь . . . . .	23	47,5	2,96	6,23
Октябрь . . . . .	47	18,5	0,46	2,49
Ноябрь . . . . .	152	247,1	1,60	0,65
Декабрь . . . . .	54	110,8	1,01	0,91
<b>Средняя величина за 1962 г. . . . .</b>		<b>85,07</b>	<b>1,05</b>	<b>1,23</b>
<b>1963 г.</b>				
Январь . . . . .	34	71,5	1,01	1,41
Февраль . . . . .	24	24,8	0,41	1,65
Март . . . . .	58	114,2	0,96	0,84
Апрель . . . . .	10	109,0	2,60	2,39
Май . . . . .	52	157,7	3,48	2,21
Июнь . . . . .	101	164,0	3,06	1,87
Июль . . . . .	22	64,0	1,14	1,78
Август . . . . .	95	62,7	2,49	3,97
Сентябрь . . . . .	65	64,1	1,22	1,90
Октябрь . . . . .	31	25,4	0,72	2,83
Ноябрь . . . . .	53	38,0	4,69	12,34
Декабрь . . . . .	13	5,7	0,72	12,63
<b>Средняя величина за 1963 г. . . . .</b>		<b>75,1</b>	<b>1,88</b>	<b>2,50</b>



Активность Sr<sup>90</sup> (*нкюри/м<sup>2</sup>*) в атмосферных выпадениях за период 1962—1963 гг. в разных местах северного полушария

Место отбора проб	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Средняя величина
1962 г.							
Ясловске Богунце . . . . .	0,47	—	0,33	0,25	1,64	1,15	0,77
Пиештяны . . . . .	0,31	0,41	0,72	0,57	0,99	0,76	0,63
Трнава . . . . .	0,14	—	0,30	0,56	1,35	0,27	0,52
Братислава . . . . .	0,41	0,41	0,43	0,51	2,68	0,56	0,78
Колумбия . . . . .	2,62	0,88	1,10	1,07	2,25	0,69	1,43
Лос-Анжелос . . . . .	0,46	3,29	0,53	0,07	0,07	0,05	0,75
Нью-Йорк . . . . .	0,36	1,22	0,56	0,85	0,88	1,49	0,89
Питсбург . . . . .	0,56	0,80	0,92	1,65	1,55	0,67	1,02
Солт-Лейк-Сити . . . . .	0,45	1,74	2,15	2,61	4,12	0,13	1,86
1963 г.							
Ясловске Богунце . . . . .	0,94	0,31	1,03	1,40	2,15	3,19	0,92
Пиештяны . . . . .	1,18	0,40	0,96	5,28	3,55	3,03	1,95
Трнава . . . . .	0,92	0,56	1,44	0,63	3,55	2,74	0,89
Братислава . . . . .	1,00	0,36	0,41	3,08	4,67	3,27	1,21
Калгари . . . . .	0,25	0,43	0,23	1,10	—	—	0,43
Монреал . . . . .	0,25	0,87	1,42	2,98	—	—	1,63
Шируотер . . . . .	0,51	—	—	1,98	—	—	—
Ванкувер . . . . .	0,47	1,80	1,38	2,54	—	—	1,55
Виннипег . . . . .	0,19	0,51	0,22	2,84	—	—	0,94

экспозиции пробы атмосферных осадков обрабатывались.

Содержание Sr<sup>90</sup> определяли модифицированным методом Брианта [4, 5], при котором не проводится отделение стронция от кальция и поэтому не применяется азотная кислота. Активность Sr<sup>90</sup> определяли по активности β-излучения Y<sup>90</sup>, которая регистрировалась на лабораторной радиометрической установке типа NZQ 612 с торцовым счетчиком Гейгера — Мюллера типа Tesla 30/30 A/B (толщина слюдяного окна 1,6 мг/см<sup>2</sup>).

Содержание Sr<sup>90</sup> в месячных выпадениях, отобранных в Братиславе за период с 1 января 1962 г. по 1 января 1964 г., приведено на рисунке; видны весенний и осенний максимумы в 1962 г., коррелирующие с повышением суммарной β-активности выпадений, причем осенний максимум значительно превышает весенний. Следующее заметное повышение выпадения Sr<sup>90</sup> было обнаружено весной 1963 г., когда содержание Sr<sup>90</sup> было почти в три раза больше по сравнению с тем же периодом 1962 г. Можно предположить, что активность стронция, измеренная в 1963 г., свежего происхождения и обусловлена последними ядерными испытаниями, проведенными летом 1962 г.

В табл. 1 приведены величины содержания Sr<sup>90</sup> в месячном выпадении из отдельных пунктов отбора проб (Ясловске Богунце, Пиештяны, Трнава и Братислава). Из таблицы видно, что в пробах выпадений, собранных в одинаковые периоды времени в различных пунктах, содержится приблизительно одинаковое количество Sr<sup>90</sup>. Средняя кумулятивная активность из четырех пунктов отбора проб, выпавшая на поверхность земли в 1962 г., равна 11—15 *нкюри/м<sup>2</sup>*, в 1963 г. 19—26 *нкюри/м<sup>2</sup>*. В течение 1962—1963 гг. на исследуемой территории накопилось 30—41 *нкюри/м<sup>2</sup>*.

В табл. 2 приведены средние величины месячных атмосферных осадков, суммарная β-активность месячных выпадений, содержание Sr<sup>90</sup> в этих выпадениях и доли Sr<sup>90</sup> в суммарной β-активности для четырех пунктов отбора проб за период 1962—1963 гг. Суммарная β-активность, особенно в последние месяцы 1963 г., имеет тенденцию к понижению и достигает минимума в декабре, в то время как средняя кумулятивная величина содержания Sr<sup>90</sup> (5,7 *нкюри/м<sup>2</sup>*) остается практически неизменной. Это свидетельствует о стратосферном происхождении Sr<sup>90</sup>, который в настоящее время выпадает на поверхность земли.



В 1962 г. средняя кумулятивная величина  $\beta$ -активности месячных выпадений для четырех пунктов была равна 85,07 *нкюри/м<sup>2</sup>*, активность  $Sr^{90}$  1,05 *нкюри/м<sup>2</sup>*, доля  $Sr^{90}$  достигала 1,23%. В 1963 г. соответствующие значения составляли 75, 10 и 1,88 *нкюри/м<sup>2</sup>* (2,5%). Это свидетельствует о том, что выпадение  $Sr^{90}$  из атмосферы не имеет тенденции к понижению и что основная часть  $Sr^{90}$ , обусловленная ядерными испытаниями 1961—1962 гг., выпала на поверхность земли в 1963 г. Отношение суммарной  $\beta$ -активности выпадений за 1963 г. к суммарной  $\beta$ -активности выпадений за 1962 г. составляет 0,88, в то время как отношение активностей  $Sr^{90}$ , выпавшего за эти же периоды, равно 1,79. Таким образом, количество  $Sr^{90}$ , выпавшее на поверхность земли в 1963 г., почти в два раза больше по сравнению с 1962 г. Аналогичный вывод можно сделать и при сопоставлении доли  $Sr^{90}$  в суммарной  $\beta$ -активности (1,23% в 1962 г. и 2,5% в 1963 г.). Этот фактор увеличился в основном за последние месяцы 1963 г., когда доля  $Sr^{90}$  достигла 12%. В настоящее время

преобладающую часть суммарной  $\beta$ -активности месячных радиоактивных выпадений составляют долгоживущие изотопы.

В табл. 3 проведено сравнение наших данных о содержании  $Sr^{90}$  в атмосферных выпадениях с результатами, полученными в некоторых пунктах Канады и США [6]. Видно хорошее соответствие между приведенными величинами; это свидетельствует о том, что содержание  $Sr^{90}$  в атмосферных выпадениях северного полушария приблизительно постоянно.

Поступила в Редакцию 22/VII 1964 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. E. Martell. Science, 129, 3357 (1959).
2. V. Santholser, V. Havlovic. Jaderná energie, VIII, 422 (1962).
3. M. Eisenbad. Science, 130, 3367 (1959).
4. F. Bryant, A. Morgan, G. Spicer. AERE R-3030, 1959.
5. W. Häussermann, W. Morgenstern. Atompraxis, 2, 37 (1962).
6. Radiological Health Data, Monthly Report, U. S. Department of Health, Education and Welfare. Public Health Service. IV. No. 8, 9 (1963).

УДК 551.577.7:621.386.8

## О применении автордиографического метода для изучения радиоактивных аэрозолей

В. Н. Лавренчик

Рассмотрен процесс образования пятен почернения в ядерно-чувствительной эмульсии от  $\beta$ ,  $\gamma$ -излучателей размерами от 10 *мк* до сотых долей микрона. Приведена градуировочная кривая, связывающая  $\beta$ -активность и размеры пятен почернения, для отечественной пленки типа XX при 40-суточной экспозиции. С помощью разработанной методики снято распределение размеров пятен почернения в пробах выпадений в северном полушарии в декабре 1962 г. и в мае 1963 г. Показано, что распределение имеет гиперболический характер с тенденцией увеличивать крутизну с течением времени после момента выброса радиоактивных аэрозолей в стратосферу.

Автордиографический метод позволяет определять активность и расположение отдельных радиоактивных частиц, содержащихся в пробе. Систематические наблюдения за активностью частиц при стратосферных выпадениях могут дать важную информацию об их распределении по активности в момент образования и о миграции радиоактивных аэрозолей

в земной атмосфере. Появившаяся недавно работа [1], посвященная применению автордиографии к изучению радиоактивных аэрозолей, не содержит, однако, сведений о применении этого метода к изучению осколков деления. Цель настоящей работы — в некоторой степени восполнить этот пробел.

По данным исследований [2, 3] чувствительность фотоэмульсии к электронам и  $\gamma$ -квантам быстро убывает с уменьшением размеров зерен галоидного серебра. В связи с этим наиболее удобной для определения активности аэрозолей, содержащих  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучатели, является крупнозернистая рентгеновская пленка с эмульсией, величина зерен которой составляет несколько микрон. Среди отечественных образцов наиболее подходящей для экспозиции без усиливающих экранов оказалась рентгеновская пленка типа XX. Толщина эмульсии такой пленки составляет около