

В. Н. СОЙФЕР, В. В. РОМАНОВ, Н. К. ГАСИЛИНА,
Е. И. РОСЛЫЙ

**ОБ ЭКРАНИРУЮЩЕМ ЭФФЕКТЕ КОНТИНЕНТОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕМ
ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНОЙ ВЛАГИ (ПО ДАННЫМ
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИТИЯ
В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ УМЕРЕННЫХ ШИРОТ
СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ)**

(Представлено академиком Г. И. Марчуком 29 XII 1970)

Начатые немногим более десятилетия назад за рубежом, главным образом, в США ⁽¹⁾ и у нас в стране ⁽²⁾ исследования закономерностей выпадения трития на Североамериканском и Евразийском континентах, позволившие установить, в частности, континентальный эффект, носили, в значительной мере, эпизодический характер. Придавая большое



Рис. 1. Схема расположения станций наблюдения: 1 — станции мировой сети по сбору осадков МАГАТЭ/ВМО; 2 — станции на территории СССР

значение естественным изотопным индикаторам (в первую очередь, тритию, а также дейтерию и кислороду-18) в изучении глобального влагооборота и мировых ресурсов пресных вод, Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО) и Международное Агенство по использованию Атомной Энергии (МАГАТЭ) объединили усилия отдельных лабораторий в рамках «Мировой службы изотопов водорода и кислорода в осадках», включив эту работу в Программу Международного гидрологического десятилетия.

Со второй половины 1969 г. по действующей сети станций Гидрометслужбы СССР начаты систематические наблюдения над содержанием трития в атмосферных осадках с последующим их анализом. Организо-

ванная в Советском Союзе сеть станций по сбору осадков дополняет мировую сеть МАГАТЭ/ВМО (рис. 1).

Первые результаты содержания трития в атмосферных осадках приводятся в нашей статье. Данные по выпадению трития приводятся в условных единицах, концентрация трития вычислена относительно лабораторного стандарта и приводится также в условных единицах. Измерения проводились на установке, описанной ранее (⁴), объем пробы составлял 0,5 л и менее, разложение воды проводилось (после ее обогащения) в реакторе проточного типа при температуре 620° С на магнии. Ошибка измерения составляет не более 15%. При геофизической интерпретации результатов измерений трития в осадках мы принимали среднюю концентрацию трития в 5-километровом столбе атмосферной влаги равной концентрации трития в среднемесячных осадках из него.

Обработка результатов более ранних исследований среднегодовых выпадений трития в Северном полушарии (^{2, 3}) указывает на постепенное «вымывание» трития из стратосферного резервуара, что привело к уменьшению максимальной концентрации трития в осадках от $\sim 10^4$ т. е. в 1963 г. до нескольких сот т. е. в 1969 г. (рис. 2).

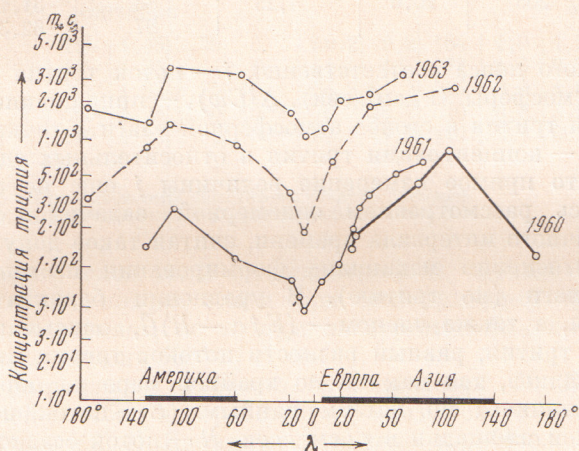


Рис. 2. Содержание трития в осадках, Р — Рига, М — Москва, Н — Новосибирск, И — Иркутск, П — Петропавловск-Камчатский

Для выяснения механизма «континентального» эффекта в пространственном распределении трития в осадках мы воспользовались данными о содержании трития в осадках, собранных во второй половине 1969 г. на станциях, которые расположены в широтном поясе 50—60° с. ш.: от 25° в. д. на западе (Рига) до 160° в. д. на востоке (Петропавловск-Камчатский) (табл. 2). Поскольку пробы осадков усреднены за месяц, одновременно с концентрацией трития приводятся данные о среднемесячном выпадении трития в указанном широтном поясе, которые сопоставлены с данными для более северного широтного пояса (Архангельск — Якутск) (табл. 1).

Если принять в качестве основного механизма переноса влаги на рассматриваемой территории западно-восточный перенос, то представляется возможным оценить относительные времена переноса влаги в глубь континента, приняв, что поток стратосферного трития сверху постоянен в течение месяца. Из уравнения баланса трития для ограниченного столба атмосферной влаги (от 1000 до 500 мб), переносимого в течение времени t , имеем

$$\Delta(Cw)_x = C_x w_x - C_0 w_0 = jt. \quad (1)$$

Здесь w_x , w_0 — влагосодержание (в г/см²) в точке с долготой x и на

Таблица 1

Концентрации и выпадения трития над территорией СССР выше 60° (А)
и ниже 50° с. ш. (Б)

Станция	Концентрация трития	Осадки, мм	Выпадение, усл. ед.	Концентрация трития	Осадки, мм	Выпадение, усл. ед.
июль				сентябрь		
А Архангельск	430	67,8	28,6	138	82	11,3
Якутск	465	46,6	21,6	590	24,9	14,8
Б Одесса	760	24	18,2	165	52,7	8,7
Тбилиси	490	17,5	8,6	181	54,6	9,9
Ташкент	765	38,5	29,4			
август				ноябрь		
А Архангельск	180	47,3	8,5	75	56,6	4,25
Якутск	1080	7,1	5,16	240	15,3	3,64
Б Одесса				54	11,5	0,62
Тбилиси	205	20,6	4,25	83	31,1	2,56
Ташкент				87	62,3	3,68

границе широтного пояса соответственно, j — поток трития сверху в указанный столб атмосферы ($\text{г}/\text{см}^2 \cdot \text{сек}$), $\Delta(Cw)_x$ — приращение относительного содержания трития в столбе атмосферной влаги в точке наблюдения с долготой x , C — концентрация трития в относительных единицах.

Учитывая, что прямое измерение величины j еще не производится, мы ограничились рассмотрением одномерной задачи в стационарном случае для месячного интервала времени, считая такое допущение оправданным для выяснения механизма формирования изотопного состава атмосферной влаги (по тритию). В уравнении баланса пренебрегли распадом трития, а также членом — $(E/\alpha - R)C$, описывающим «отраженный» поток трития, равный разности потоков трития при испарении и выпадении осадков, так как он по крайней мере на порядок меньше потока j , вычисленного по нашим данным. (E — поток испаряющейся влаги с единичной площадки в $\text{г}/\text{см}^2/\text{сек}$, R — поток осадков на единичную площадку, $\alpha = 1,1 - 1,2$ — коэффициент разделения изотопов водорода трития и протия при умеренных температурах).

Была сделана оценка времени переноса влаги на основании (1), результаты приведены в табл. 2. Видно, что оно варьирует в известных пределах для одних и тех же пунктов наблюдения в зависимости от месяца наблюдений, проводившихся с августа по ноябрь. В большинстве случаев западно-восточный перенос не может объяснить распределение трития в осадках для территории восточнее примерно 100° в. д., и наоборот, должно быть принято восточно-западное направление переноса влаги, имеющей тихоокеанское происхождение. В табл. 2 приводятся также величины влагосодержания в 5-километровом столбе атмосферы, вычисленные графическим интегрированием данных аэрологических наблюдений. Следует отметить, что нами наблюдался экспериментально перенос трития в январе — феврале в один из предыдущих зимних сезонов.

Итак, решающим фактором, влияющим на формирование концентрации трития в атмосферной влаге, переносимой над континентом (в отличие от переноса над океаном) является наличие «экранирующего» эффекта поверхности континента. Этот эффект приводит к обогащению атмосферной влаги тритием стратосферного происхождения по мере продвижения ее в глубь континента. Наоборот, перенос атмосферной влаги над океаном приводит к интенсивному «вымыванию» трития благодаря процессам испарения и молекулярного обмена на поверхности хорошо

Содержание трития и влаги в 5-километровом столбе атмосферы

Станция	Концентрация трития, отн. ед.	Влагодержание, г/см ²	Содержание трития, усл. ед.	Относительное время существования влаги *	Осадки, мм	Выпадение, усл. ед.	Концентрация трития, отн. ед.	Влагодержание, г/см ²	Содержание трития, усл. ед.	Относительное время существования влаги *	Осадки, мм	Выпадение, усл. ед.
июль												
Новосибирск	790	2,55	2,01		20,7	16,4						
Петропавловск	206	2,0	4,12		77,8	16						
август												
Рига	382	1,5	5,73	0	28,3	10,8	107	1,0	1,07	0	92,2	9,8
Новосибирск	585	1,6	9,35	3,62	64,3	37,6						
Иркутск	1900	1,9	36,1	30	102,6	195	280	0,5	1,40	8,4 **	35,7	10
Петропавловск	235	1,95	4,56	0 **	82,2	17,3	85	0,6	0,51	0	129,1	11
сентябрь												
Рига	155	1,45	2,25	0	59,2	9,2	154	1,0	1,54	0	50,9	7,8
Москва	195	1,35	2,64	1	61,4	12	272	1,0	2,72	4,4	36,8	10
Новосибирск	698	1,25	8,75	16	34,8	24,2	515	0,9	4,65	11,5	61,6	31,7
Иркутск	665	1,25	8,30	16 **	70,2	46,7	440	0,9	3,96	11 **	33,8	14,9
Петропавловск	210	1,25	2,62	0 **	82,2	17,3	110	0,9	0,99	0 **	129,6	14,3
октябрь												

* Вычислено в предположении западно-восточного переноса.

** Вычислено в предположении восточно-западного переноса.

перемешиваемого слоя воды с концентрацией трития, близкой к нулю. Причем, величина потока влаги при молекулярном обмене на водной поверхности составляет, по нашим экспериментальным данным, весьма значительную величину 10^{-5} г/с²·сек (⁵).

Авторы выражают глубокую благодарность Л. П. Кузнецовой, и В. В. Бугаевой за сбор и обработку аэрологического материала по влажности атмосферы и Г. П. Калинин у за интерес к работе.

Институт водных проблем
Академии наук СССР
Москва

Поступило
21 XII 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ S. Kaufman, W. F. Libby, Phys. Rev., 93, 1337 (1954). ² В. В. Романов, В. Н. Соيفер, Тр. Всесоюз. н.-и. инст. ядерн. геофиз. и геохим., в. 4, 289 (1968). ³ Tritium Concentrations in Rains, Rivers, Oceans and other Waters, Intern. Atom. Energy Agency Lists № 1—4, 1965. ⁴ В. Н. Соифер, Сборн. Радиоактивные изотопы и ядерные излучения в народном хозяйстве СССР, 4, 1961. ⁵ В. Н. Соифер, Ю. Б. Засадыч, III Всесоюз. Симпозиум по применению стабильных изотопов в геохимии, 16—21 ноября 1970 года. Тез. докл., М., 1970, стр. 30.