

УДК 551.46:539.6

О поведении ^{90}Sr и ^{137}Cs в водах Балтийского моря

ТРУСОВ А. Г., ИВАНОВА Л. М., ЗОЛОТУХИНА В. С., ГЕДЕОНОВ Л. И.

В настоящее время реализуется программа широкого развития ядерной энергетики в прибалтийских странах. Ряд атомных электростанций строится непосредственно на побережье Балтийского моря. Другие размещаются на реках или озерах, имеющих сток в Балтику. По мере усовершенствования конструкций реакторов и средств технической безопасности убывает доля радиоактивных продуктов работы АЭС, сбрасываемых в водные системы. Однако рост общей мощности вводимых в эксплуатацию ядерных установок идет еще быстрее. Поэтому усиливается внимание к поведению радиоактивных примесей в Балтийском море, а также в реках и озерах его бассейна.

Для выработки представления о поведении некоторых радиоактивных примесей исследуются присутствующие в водах продукты глобального радиоактивного выпадения. Несмотря на высокую чувствительность применяемых методов определения радионуклидов в воде [1, 2] и на возможность использования и других чувствительных методов [3], реально в наши дни в водах Балтийского моря и его бассейна можно наблюдать только ^{90}Sr и ^{137}Cs , может быть, ^{54}Mn и $^{239+240}\text{Pu}$.

Информация о поведении ^{90}Sr и ^{137}Cs может дать представление также о ^{89}Sr , ^{134}Cs и других

изотопах щелочноземельных и щелочных элементов, которые могут попасть в водную систему Балтики в составе сбросов и отходов.

Исследования радиоактивного загрязнения вод Балтики ведутся научными учреждениями в разных странах [4—8]. Обзор результатов за 1959—1967 гг. был выполнен Академией наук США в работе [9]. В последние годы появились новые публикации, в том числе [10, 11], где сделаны попытки обобщения литературного материала, ставшего доступным к 1974 г. В настоящую работу включены и самые последние данные. В табл. 1 представлены результаты наших определений ^{90}Sr и ^{137}Cs в поверхностных водах Балтийского моря в 1972 и 1973 гг. Усреднение при 68%-ной доверительной вероятности имеет следующие значения: в 1972 г. 150 ± 25 и 120 ± 25 расп./мин; в 1973 г. 130 ± 20 и 120 ± 20 расп./мин для ^{90}Sr и ^{137}Cs соответственно.

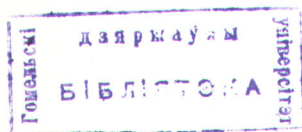
Отношение средних значений концентрации $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ оказалось в 1972 г. равным $0,8 \pm 0,15$, а в 1973 г. — $0,9 \pm 0,15$.

Сравнение средних для всей Балтики результатов наблюдений в 1972 и 1973 гг. показывает, что они практически одинаковы. Рассмотрение средних по отдельным регионам значений свидетельствует о некотором уменьшении в 1973 г.

Средние концентрации ^{90}Sr и ^{137}Cs в поверхностных водах Балтийского моря

Таблица 1

Районы	1972 г.			1973 г.		
	Концентрация, расп./мин · 100 л		$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$	Концентрация, расп./мин · 100 л		$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$
	^{90}Sr	^{137}Cs		^{90}Sr	^{137}Cs	
Северо-восточная часть моря, включая западную часть Финского залива	190 ± 30 [5]	110 ± 20 [5]	$0,6 \pm 0,2$	145 ± 20 [4]	107 ± 15 [4]	$0,7 \pm 0,15$
Восточная часть моря	180 ± 25 [8]	130 ± 20 [8]	$0,7 \pm 0,2$	130 ± 20 [4]	115 ± 15 [4]	$0,9 \pm 0,2$
Западная часть моря	150 ± 20 [14]	120 ± 25 [13]	$0,8 \pm 0,2$	140 ± 25 [5]	120 ± 20 [4]	$0,9 \pm 0,15$
Южная часть моря	120 ± 15 [5]	110 ± 20 [5]	$0,9 \pm 0,2$	120 ± 20 [5]	120 ± 20 [5]	$1,0 \pm 0,2$
Район, примыкающий к Датским проливам	110 ± 15 [3]	110 ± 20 [3]	$1,0 \pm 0,25$	120 ± 25 [4]	130 ± 20 [4]	$1,05 \pm 0,25$
Датские проливы	130 [8]	—	—	170 ± 30 [1]	130 ± 25 [1]	$0,7 \pm 0,25$



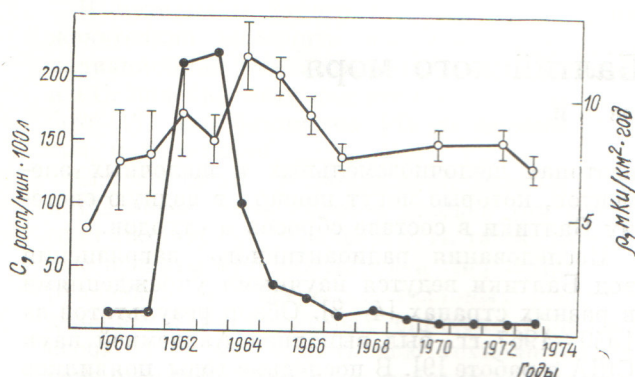


Рис. 1. Изменение содержания ^{90}Sr в Балтийском море и выпадения его на поверхность в 1959–1973 гг.:

○ — концентрация C ; ● — плотность выпадения p

в пределах ошибки опыта концентрации ^{90}Sr . Для ^{137}Cs в пределах точности определений этого не наблюдается. Наряду с этим замечено, особенно по данным 1972 г., что содержание ^{90}Sr было наиболее высоким в северо-восточной части моря и в Финском заливе и самым низким в районе проливов. Это объяснялось притоком вод из Северного моря с меньшей концентрацией в них радионуклидов и наибольшим удалением от проливов именно северо-восточной части моря и, следовательно, меньшей возможностью обмена вод этого района. В мелководной и почти пресноводной северо-восточной области моря и особенно в Финском заливе решающую роль в балансе веществ глобального радиоактивного выпадения играет сток рек, несущих ^{90}Sr с большой территории суши.

Результаты наблюдений 1972 и 1973 гг. и привлечение данных, опубликованных ранее [7–11], позволяют продолжить оценку изменений со временем средних значений концентрации ^{90}Sr и ^{137}Cs (рис. 1). Из рис. 1 следует, что в отношении загрязнения ^{90}Sr воды Балтики представляют «инерционную» систему. Это понятно, если принять во внимание мелководность и замкнутость Балтийского моря. По-видимому, приносимый реками, а возможно, и выпавший на поверхность моря ^{90}Sr находится в растворе в ионной форме. При небольшой глубине вся вода перемешана, вследствие чего уход ^{90}Sr из поверхностного слоя воды на большую глубину компенсирован. На дно ^{90}Sr осажается крайне медленно. Известно, что в некоторых застойных мелководных районах отношение ^{137}Cs к ^{90}Sr в донных отложениях составляет 4 и более, в то время как в выпадениях оно равно в среднем 1,6 [12]. Следовательно, ^{90}Sr отлагается в донные осадки много медлен-

нее ^{137}Cs . Вследствие этого вероятность удаления ^{90}Sr из водной массы Балтики низка. В годы слабого стока рек, как это было в 1972 и 1973 гг., невелик также уход ^{90}Sr при водообмене с Северным морем. В некоторые годы из Балтийского моря в Северное вода совсем не поступает. Испарение воды, очевидно, не удаляет ^{90}Sr . В результате (см. рис. 1) процесс удаления ^{90}Sr из вод Балтийского моря после усиленных поступлений 1964–1965 гг. идет медленно. Большое запаздывание максимума концентрации ^{90}Sr по сравнению с максимумом плотности выпадений свидетельствует о большой роли стока с водами рек. Этот процесс запаздывает по сравнению с выпадением и определяет положение максимума концентрации. Не будь этого влияния, концентрация ^{90}Sr должна была бы следовать за изменениями плотности радиоактивного выпадения со значительно меньшим сдвигом фаз. Указанные причины накопления ^{90}Sr в водах Балтийского моря приводят к тому, что в этом море концентрация ^{90}Sr в 5–6 раз выше, чем в открытом океане на тех же широтах [10]. Сведения за 1969–1970 гг. [11] показывают, что если принять концентрацию ^{90}Sr в открытом Атлантическом океане в поверхностных водах умеренных северных широт за единицу, то для Средиземного, Северного, Черного и Балтийского морей она составит 1,5; 3,2; 4 и 6 соответственно.

Распределение ^{137}Cs в водах Балтийского моря заметно отличается от распределения ^{90}Sr . Диапазон значений концентрации ^{137}Cs несколько уже. Не замечено большой разницы в разных районах Балтики, как это отмечалось для ^{90}Sr в 1972 г. (см. табл. 1). В сравнительно близких точках были найдены минимальные и максимальные значения [11]. На поведение ^{137}Cs оказывают большое влияние сорбционные процессы и, следовательно, те условия, которые складываются в том или ином участке бассейна. Воды рек обеднены ^{137}Cs . Значит, чем в большей степени водосодержание моря определяется стоком рек, тем беднее его воды ^{137}Cs . Кроме того, процессы сорбции непосредственно в море способствуют переходу ^{137}Cs в донные отложения.

Разница в поведении ^{90}Sr и ^{137}Cs в водах Балтийского моря обнаруживается и при анализе отношений концентрации $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$. В табл. 2 повторены данные работы [13], но для Балтийского моря приводятся последние результаты. Из этих данных следует, что Балтийское море по значению рассматриваемого отношения резко отличается от Атлантического и Тихо-

Некоторые результаты определения отношения ^{137}Cs к ^{90}Sr в водах морей и океанов

Таблица 2

Место и время отбора проб	Число проб	Интервал значений	Среднее арифметическое отношение	Среднеквадратическое отклонение разового результата	Погрешность разового экспериментального результата, $\pm 20\%$
Атлантический океан	172	0,6—4,4	$1,8 \pm 0,04$	$\pm 0,5$	$\pm 0,36$
в том числе:					
поверхностные воды	159	0,6—4,4	$1,8 \pm 0,04$	$\pm 0,5$	$\pm 0,36$
1963—1964 гг.	78	0,7—3,7	$1,7 \pm 0,07$	$\pm 0,6$	$\pm 0,34$
1969—1970 гг.	81	0,6—4,4	$1,9 \pm 0,07$	$\pm 0,6$	$\pm 0,38$
воды с глубин до 700 м (1969—1970 гг.)	13	0,7—2,6	$1,6 \pm 0,14$	$\pm 0,5$	$\pm 0,32$
Тихий океан	83	0,4—2,0	$1,4 \pm 0,07$	$\pm 0,4$	$\pm 0,28$
в том числе:					
поверхностные воды (1966—1970 гг.)	53	0,8—2,0	$1,5 \pm 0,04$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$
воды с глубин до 700 м (1966—1967 гг.)	15	0,4—2,0	$1,4 \pm 0,12$	$\pm 0,5$	$\pm 0,28$
воды с глубин от 700 до 7000 м (1966—1970 гг.)	15	0,6—1,8	$1,3 \pm 0,1$	$\pm 0,4$	$\pm 0,26$
Балтийское море (1970 г.)	63	0,4—1,4	$0,9 \pm 0,05$	$\pm 0,2$	$\pm 0,24$
Итоговые и усредненные данные	318	0,4—4,4	$1,7 \pm 0,05$	$\pm 0,5$	$\pm 0,34$

го океанов. Этот факт подчеркивает медленность удаления ^{90}Sr и дефицит ^{137}Cs в речных водах.

Из всех районов Балтийского моря для Советского Союза особый интерес представляет Финский залив, питаемый в основном речным стоком с территории северо-запада нашей страны и со значительной части территории Финляндии. На протяжении последних лет Радиевый институт им. В. Г. Хлопина ведет систематическое наблюдение за содержанием долгоживущих радионуклидов в водах Финского залива. Пробы отбираются в водах собственно Финского залива и в отдельных его частях: Невской губе,

Копорской губе, Нарвском заливе, Выборгском заливе, Лужской губе (рис. 2, табл. 3). Средние концентрации ^{90}Sr и ^{137}Cs для вод всего залива приведены в табл. 4. Данные табл. 3 и 4 показывают, что содержание ^{90}Sr в Финском заливе имеет тенденцию к снижению. Изменение уровня ^{137}Cs за период наблюдения отчетливо не проявилось.

По отдельным районам Финского залива также наблюдалось снижение концентрации ^{90}Sr от 1971 к 1973 г. Увеличение содержания ^{90}Sr было отмечено в 1972 г. в районе Невской губы. Оно совпало с резким обмелением за счет

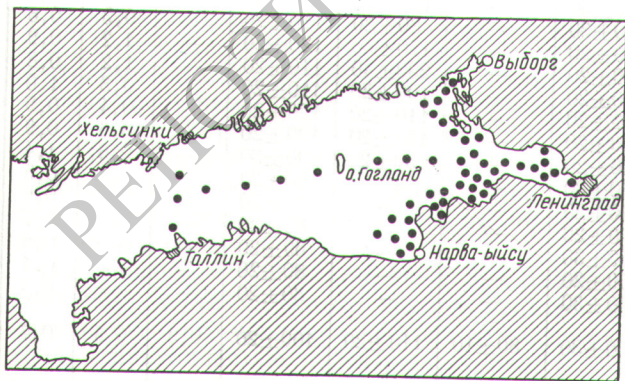
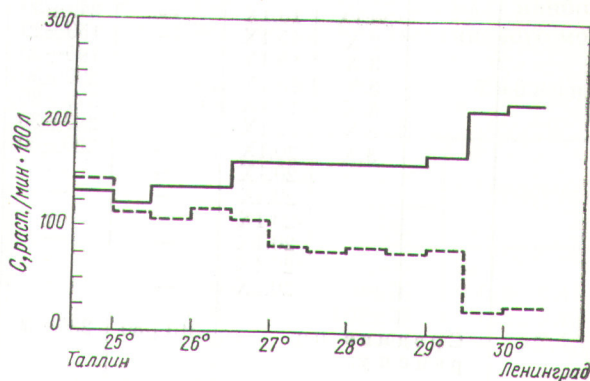


Рис. 2. Расположение точек отбора проб воды в Финском заливе

Рис. 3. Концентрация ^{90}Sr (—) и ^{137}Cs (---) в водах Финского залива в 1973 г., расп./мин. 100 л

Результаты определения ^{90}Sr и ^{137}Cs в поверхностных водах Финского залива

Таблица 3

Район отбора пробы	Дата отбора			Концентрация, расп./мин · 100 л						$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$		
				^{90}Sr			^{137}Cs			1971	1972	1973
	1971	1972	1973	1971	1972	1973	1971	1972	1973			
Невская губа	15.VII	15.IX	5.IX	200±40	440±60	240±30	50±10	20	40±15	0,3	—	0,2
	15.VII	15.IX	5.IX	160±30	420±60	220±30	50±10	20	40±15	0,3	—	0,2
	15.VII	15.IX	5.IX	220±30	410±60	250±40	30±10	20	20	0,1	—	—
	15.VII	15.IX	5.IX	190±30	410±60	210±30	50±10	20	35±15	0,3	—	0,2
	15.VII	17.IX	5.IX	200±30	350±50	240±30	30±10	20	30±10	0,2	—	0,1
	16.VII	17.IX	—	—	320±10	—	30±10	20	—	—	—	—
	16.VII	17.IX	—	—	380±50	—	30±10	30±15	—	—	0,08	—
	16.VII	17.IX	—	320±50	550±80	—	30±10	70±20	—	0,4	0,15	—
	16.VII	18.IX	—	—	—	—	30±10	—	—	—	—	—
	16.VII	—	—	120±20	—	—	50±10	—	—	0,4	—	—
	16.VII	—	—	210±20	410±60	230±30	40±10	—	—	0,2	0,4	0,2
	Среднее по району:			210±20	410±60	230±30	40±10	—	—	0,2	0,4	0,2
Копорская губа	30.VII	12.X	29.VII	340±50	240±40	160±30	60±10	130±20	80±20	0,2	0,6	0,5
	30.VII	12.X	29.VII	260±40	280±40	170±30	80±10	130±20	80±20	0,3	0,5	0,5
	30.VII	12.X	29.VII	220±30	230±30	170±30	100±20	170±30	90±20	0,5	0,7	0,5
	30.VII	12.X	29.VII	320±50	100±20	160±30	100±20	70±20	110±20	0,3	0,7	0,7
	30.VII	12.X	29.VII	340±50	100±20	180±30	110±20	70±20	120±20	0,3	0,7	0,7
	30.VII	12.X	29.VII	330±50	120±20	190±30	120±20	80±20	100±20	0,4	0,7	0,5
	29.VII	—	—	—	—	160±30	—	—	100±20	—	—	0,6
	29.VII	—	—	—	—	200±30	—	—	70±20	—	—	0,4
	29.VII	—	—	—	—	180±30	—	—	60±20	—	—	0,3
	29.VII	—	—	—	—	180±30	—	—	70±20	—	—	0,4
	Среднее по району:			300±45	180±30	180±30	100±20	110±20	90±20	0,3	0,7	0,5
Финский залив (центральная часть)	30.VII	18.IX	8.IX	230±40	300±50	180±30	70±10	90±20	120±20	0,3	0,3	0,6
	30.VII	18.IX	8.IX	250±40	180±30	180±30	70±10	80±20	100±20	0,3	0,4	0,6
	30.VII	18.IX	8.IX	240±40	170±30	190±30	60±10	80±20	90±20	0,3	0,5	0,5
	30.VII	18.IX	8.IX	400±60	180±30	150±30	70±10	80±20	100±20	0,2	0,4	0,7
	30.VII	18.IX	8.IX	230±40	210±30	120±20	90±10	90±20	90±20	0,4	0,4	0,8
	30.VII	18.IX	8.IX	280±40	260±40	170±30	70±10	100±20	90±20	0,3	0,4	0,5
	30.VII	18.IX	8.IX	490±70	350±50	170±30	100±20	100±20	100±20	0,2	0,3	0,6
	30.VII	18.IX	8.IX	330±50	190±30	150±30	80±10	110±20	100±20	0,2	0,6	0,7
	19.IX	11.IX	—	—	140±20	180±30	—	80±20	90±20	—	0,5	0,5
	19.IX	11.IX	—	—	220±30	160±30	—	150±30	80±20	—	0,7	0,5
	20.IX	11.IX	—	—	320±40	150±30	—	120±20	90±20	—	0,4	0,6
	20.IX	15.IX	—	—	240±30	170±30	—	80±20	110±20	—	0,3	0,6
	20.IX	15.IX	—	—	150±20	140±20	—	170±30	120±20	—	1,2	0,9
	3.X	15.IX	—	—	190±30	140±20	—	230±40	110±20	—	1,2	0,8
	3.X	15.IX	—	—	300±50	110±20	—	100±20	110±20	—	0,3	1,0
	3.X	15.IX	—	—	270±30	140±20	—	110±20	120±20	—	0,4	0,9
	3.X	15.IX	—	—	200±30	130±20	—	120±20	120±20	—	0,6	0,9
	3.X	15.IX	—	—	220±30	140±20	—	130±20	190±30	—	0,6	1,4
	20.IX	—	—	—	—	170±30	—	—	90±20	—	—	0,5
	20.IX	—	—	—	—	140±20	—	—	80±20	—	—	0,6
	20.IX	—	—	—	—	130±20	—	—	80±20	—	—	0,7
	20.IX	—	—	—	—	150±30	—	—	60±20	—	—	0,6
	20.IX	—	—	—	—	150±20	—	—	80±20	—	—	0,4
	20.IX	—	—	—	—	160±30	—	—	80±20	—	—	0,5
	Среднее по району:			310±50	230±30	150±30	80±10	110±20	100±20	0,3	0,5	0,7

Продолжение табл. 3

Район отбора пробы	Дата отбора			Концентрация, расп./мин · 100 л						¹³⁷ Cs/ ⁹⁰ Sr		
				⁹⁰ Sr			¹³⁷ Cs					
	1971	1972	1973	1971	1972	1973	1971	1972	1973	1971	1972	1973
Нарвский залив	14.VIII	3.X	24.VII	630±90	180±30	190±30	80±10	230±40	100±20	0,1	1,3	0,5
	14.VIII	3.X	24.VII	330±50	290±40	200±30	90±10	140±20	80±20	0,3	0,5	0,4
	14.VIII	3.X	24.VII	270±40	280±40	200±30	70±10	170±30	70±20	0,3	0,6	0,4
	14.VIII	3.X	26.VII	290±40	140±20	160±30	100±20	220±30	110±20	0,3	1,6	0,7
		11.X	26.VII	—	130±20	150±30	—	120±20	100±20	—	0,9	0,7
	Среднее по району:			380±60	200±30	180±30	90±10	180±30	90±20	0,3	1,0	0,5
Выборгский залив	24.VII	20.IX	20.IX	280±40	260±40	170±40	40±10	110±20	80±20	0,1	0,4	0,5
	24.VII	20.IX	20.IX	380±50	300±40	180±30	40±10	100±20	90±20	0,1	0,4	0,5
	24.VII	20.IX	20.IX	—	270±40	180±30	40±10	130±20	80±20	—	0,5	0,4
	24.VII	20.IX	23.IX	440±60	130±20	180±20	30±10	110±20	80±20	0,1	0,8	0,5
	24.VII	20.IX	23.IX	280±40	310±40	170±30	50±10	130±20	60±20	0,2	0,4	0,4
	24.VII	20.IX	23.IX	250±40	250±40	220±30	70±10	120±20	80±20	0,3	0,5	0,4
	24.VII	20.IX	23.IX	220±40	180±30	190±30	80±10	100±20	90±20	0,4	0,6	0,5
	24.VII	20.IX	23.IX	270±40	200±30	210±30	60±10	90±20	60±20	0,2	0,5	0,3
	31.VII	20.IX	23.IX	310±50	240±40	190±30	70±10	70±20	40±15	0,2	0,3	0,2
	31.VII	21.IX	24.IX	380±60	210±30	190±30	80±10	70±20	40±15	0,2	0,3	0,2
	31.VII	21.IX		290±50	240±40	—	70±10	150±30	—	0,2	0,6	—
	31.VII	21.IX		320±50	210±30	—	80±10	60±20	—	0,3	0,3	—
	31.VII			310±50	—	—	80±10	—	—	0,3	—	—
	31.VII			210±30	—	—	80±10	—	—	0,4	—	—
	31.VII			320±50	—	—	80±10	—	—	0,3	—	—
	31.VII			400±60	—	—	80±10	—	—	0,2	—	—
	Среднее по району:			310±50	230±40	190±30	60±10	—	70±20	0,2	0,5	0,4
Лужская губа	—	—	27.VII	—	—	200±30	—	—	90±20	—	—	0,5
	—	—	27.VII	—	—	160±30	—	—	120±20	—	—	0,7
	—	—	27.VII	—	—	170±30	—	—	100±20	—	—	0,6
	Среднее по району:					180±30			100±20			0,6

интенсивного испарения и отсутствия осадков в результате необычного для Ленинграда и всего северо-запада СССР жаркого и засушливого лета. В этих условиях могла увеличиться концентрация всех видов загрязнений, в том числе и радиоактивных. Изотоп ^{137}Cs , у которого способность сорбироваться илами, донными осадками значительно выше, чем у ^{90}Sr , мог интенсивно увлекаться взвесями на дно, в результате чего возник дефицит ^{137}Cs при одновременном накоплении ^{90}Sr .

Соотношение $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ (см. табл. 3) в районах восточной части Финского залива меньше по сравнению с его западной частью, что с достаточной наглядностью подтверждает рис. 3, на котором показано содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs

в поверхностной воде разных участков Финского залива с запада на восток. Водосодержание восточных районов Финского залива, наиболее удаленных от вод собственно Балтийского моря,

Усредненные концентрации ^{90}Sr и ^{137}Cs в водах Финского залива

Таблица 4

Год	Концентрация, расп./мин · 100 л		$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$
	^{90}Sr	^{137}Cs	
1971	280±40	70±10	0,3±0,1
1972	250±40	120±20	0,5±0,15
1973	180±30	80±10	0,4±0,1

во многом определяется речными водами. Отсюда, как следствие, малая величина соотношения $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ в восточной части Финского залива. В западной части концентрация ^{137}Cs практически равна концентрации ^{90}Sr . Это выравнивание происходит за счет обмена вод Финского залива с водами открытого Балтийского моря.

Отмеченное в 1972—1973 гг. изменение содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в водах Финского залива объясняется глобальными радиоактивными загрязнениями. Затрудненность обмена вод с собственным Балтийским морем и далее с океаном препятствует быстрому снижению концентраций радионуклидов. Кроме того, убыль радионуклидов путем обмена вод пополняется в результате продолжающихся глобальных выпадений, а также за счет речных стоков, вымывающих радионуклиды с земной поверхности.

Поступила в Редакцию 15/V 1975 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова Л. М. «Радиохимия», 1967, т. 9, № 5, с. 622.
2. Иванова Л. М., Геденов Л. И., Трусов А. Г. В сб.: Труды конф. СЭВ «Исследования в области обезвреживания жидких, твердых и газообразных радиоактивных отходов и дезактивация загрязненных поверхностей». Колобжег, 2—7 окт. 1972 г.
3. Reference methods for marine radioactivity studies. Techn. Rep. Series. IAEA, Vienna, 1970, № 118.
4. Gyllander C. In: Proc. IAEA Symp. «Disposal of Radioactive Wastes into Seas, Oceans and Surface Waters». Vienna, 16—20 May 1966, p. 207.
5. Voipio A. In: Proc. of the first national coastal shallow water research conference. NSE-ONR, 1962, p. 785.
6. Voipio A., Paakola O. ICES Hydrographical Committee, 1964, N 147.
7. Salo A., Voipio A. In: Radioecological Concentration Processes. N.Y., Pergamon Press, 1966, p. 837.
8. Environmental Radioactivity in Denmark in 1972. Riso, Rep. N 291, 1972.
9. Radioactivity in the marine environment. Prepared by the panel on radioactivity in the marine environment of the Committee on Oceanography. National Research Council, Washington, 1971.
10. Иванова Л. М. и др. «Атомная энергия», 1972, т. 33, вып. 4, с. 835.
11. Раков Н. А. «Атомная энергия», 1974, т. 37, вып. 4, с. 373.
12. Harley J. C. A. Fission Yield and Fission Products Decay. HASL-300. Procedures Manual. N.Y., 1972, p. F-02-01.
13. Трусов А. Г., Иванова Л. М., Геденов Л. И. «Атомная энергия», 1973, т. 34, вып. 5, с. 391.

Рецензии

Громов В. В., Спицын В. И. Искусственные радионуклиды в морской среде. М., Атомиздат, 1975, 224 л., 1 р. 40 к.

Рецензируемая монография представляет собою хорошую иллюстрацию синтеза радиохимии и океанологии и вносит свой вклад в утверждение новой области науки — радиохимии морской среды.

Монография состоит из пяти глав, хорошо иллюстрирована, содержит около 350 ссылок на отечественные и иностранные работы.

Первая глава содержит наряду с большим фактическим материалом по распределению продуктов деления в океане сведения об основных физико-химических и гидробиологических характеристиках морской воды. Здесь же рассмотрены источники и предполагаемые формы поступления искусственных радионуклидов в воды морей и океанов.

Во второй главе рассматриваются физико-химическое состояние микроколичеств радиоэлементов в водных растворах с малой ионной силой, а также основные принципы методов, используемых на практике для исследования форм нахождения элементов в растворах. Большой интерес представляет критическая оценка способов введения радиоактивных изотопов в морскую воду для проведения модельных опытов. Предложенный авторами метод введения радиоактивной метки в морскую воду путем включения радионуклидов в биологический цикл является в настоящее время наиболее универсальным способом моделирования форм существования изотопов в океане. В этой же главе излагаются результаты оригинальных исследований авторов и данные других работ, касающиеся экспериментального определения форм нахождения продуктов деления в морских водах. Следует отметить уместность введения авторами термина «живая форма» состояния

элементов в океане, что подчеркивает важную роль живого вещества в миграции радионуклидов в условиях морской среды.

Конкретное описание влияния биогенных процессов на физико-химическое состояние продуктов деления в океане составляет основное содержание третьей главы. Здесь обсуждаются биологическая экстракция нуклидов фито- и зоопланктоном, сорбция продуктов деления этими организмами, роль железа в процессах стабилизации физико-химических форм нуклидов в океане, активная и пассивная роль железа и марганца в процессах биоассимиляции радионуклидов и т. п.

В особую четвертую главу выделены повсеместно протекающие в Мировом океане процессы сорбционного извлечения радионуклидов абиогенным веществом взвесей и осадков. Авторы отмечают, что специфичность сорбционного поглощения радионуклидов твердой фазой морской воды состоит в существовании в океане (априори) сорбционных равновесий между стабильными аналогами продуктов деления и взвешенной фазой морской воды. Необходимым условием, определяющим успех сорбционных опытов, является, по мнению авторов, длительное (не менее одного месяца) выдерживание морской воды с введенными в нее изотопами.

Последняя пятая глава посвящена описанию процессов переноса радионуклидов в океане.

Монография написана весьма концептивно, материал изложен четким и ясным языком. Есть все основания полагать, что она найдет широкого читателя, поскольку затронутые в ней проблемы касаются не только радиохимиков и гидрохимиков, но и представляют несомненный интерес для океанологов широкого профиля, биологов и биохимиков.

КУЗНЕЦОВ Ю. В.