

В. П. ЗВЕРЕВ

## О ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОМ БАЛАНСЕ ТЕРРИТОРИИ СССР

(Представлено академиком Н. М. Страховым 27 V 1970)

Величина стока растворенных веществ с территории суши характеризуется конечный результат разнообразных геохимических процессов, происходящих в ее пределах (<sup>1, 2</sup>). В последние годы накоплен огромный фактический материал по химическому составу, расходу водных масс, путям их миграции и другим параметрам атмосферных поверхностных и подземных вод (<sup>3-6</sup>). Это дало возможность подойти к количественной оценке основных составляющих ионного стока растворенных веществ, поступающих в океан с континентов.

Полный ионный сток может быть выражен в виде балансового уравнения

$$Q_{\Sigma и} = Q_{\text{подз. и}} + Q_{\text{пов. и}} + Q_{\text{атм. и}} - Q_{\text{ак}}, \quad (1)$$

где  $Q_{\Sigma и}$  — полный ионный сток,  $Q_{\text{подз. и}}$  — подземный ионный ток,  $Q_{\text{атм. и}}$  — атмосферная составляющая ионного стока,  $Q_{\text{пов. и}}$  — ионный сток поверхностного происхождения,  $Q_{\text{ак}}$  — аккумуляция солей в поверхностных горизонтах бессточных районов.

Количественное определение входящих в это уравнение элементов баланса проводилось следующим образом.

Полный ионный сток территории СССР и составляющих ее бассейнов морей с небольшими изменениями взят по данным О. А. Алекина и Л. В. Бражникова (<sup>3</sup>). В отличие от этих авторов при определении общей минерализации воды в расчетах учитывалось полное количество находящееся в растворе гидрокарбонатного иона.

Подземный ионный сток представляет собой сумму мигрирующих в растворенном состоянии химических элементов и соединений с гравитационными подземными водами, заключенными в горных породах верхней части земной коры, от областей питания к местам дренирования. Он определен как сумма произведений общей минерализации или солёности подземных вод отдельных гидрогеологических бассейнов на объем воды, участвующей в подземном стоке (<sup>6</sup>).

Атмосферная составляющая ионного стока это количество солей, содержащееся во всей массе воды, участвующей в стоке и имеющей солёность, равную средней минерализации атмосферных осадков соответствующего бассейна (<sup>4</sup>).

Ионный сток поверхностного происхождения — это разность между полным ионным стоком и другими его составляющими. Фактически он является склоновым и почвенным стоком, формирующим свой состав в результате вымывания тальмы и ливневыми водами солей из почвенных горизонтов, действия разнообразных биохимических процессов и промышленно-хозяйственной деятельности человека.

В сухих районах, лишенных поверхностного стока, широко развиты процессы засоления, связанные с аккумуляцией солей при испарении разгружающихся в местных депрессиях грунтовых и подземных вод. Этот процесс приводит к удалению части солей из общего стока, и в общем балансовом уравнении (1) характеризующие его величины имеют отрица-

Таблица 1

## Ионный сток и его составляющие на территории СССР

Бассейны морей	Площадь, 10 <sup>6</sup> км <sup>2</sup>	Составляющие стока	Сток воды, км <sup>3</sup> /год	Сумма ионов, 10 <sup>6</sup> т/год	Ионный сток, 10 <sup>6</sup> т/год						Соотношение между отдельными составляющими стока, %		
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na + K+	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	ионный	водный	
Баренцова и Белого	1062	а	345	34,72	5,94	1,30	1,58	19,08	5,10	1,72	100	100	
			б	345	6,430	0,615	0,175	1,100	1,920	1,918	0,702	18,5	100
			в	66,8	14,460	2,455	0,794	0,110	8,715	2,095	0,291	41,9	80,6
			г	278,2	13,830	2,870	0,331	0,370	8,445	1,087	0,727	39,6	100
Балтийского	596	а	158	18,78	3,07	0,078	0,284	0,901	0,291	0,107	11,5	24,8	
			б	158	2,165	0,320	0,183	5,818	0,255	0,232	45,5	75,2	
			в	39,25	8,075	1,366	0,346	0,013	5,981	0,564	2,61	100	100
			г	118,75	8,540	1,384	0,366	0,366	2,92	24,52	6,55	12,3	100
Черного и Азовского	1324	а	158	41,82	6,86	1,36	2,92	1,970	1,312	0,436	48,8	33,4	
			б	158	5,160	0,539	0,228	0,675	11,666	2,825	0,687	38,9	66,6
			в	52,75	20,395	3,254	0,813	1,150	7,884	2,413	1,487	100	100
			г	105,25	16,265	3,067	0,319	1,095	7,884	18,94	5,77	100	100
Каспийского	2226	а	305	89,22	15,30	3,01	5,94	40,28	2,234	0,824	9,5	35,2	
			б	305	8,430	0,909	0,295	1,234	2,934	10,018	7,401	60,8	67,6
			в	107,0	54,251	7,179	2,192	5,629	21,832	16,798	2,845	46,5	100
			г	203,5	41,588	8,162	1,098	2,597	16,798	10,088	2,845	16,8	100
Карского	1678 548 5796	д	-5,5	-15,049	-0,95	-0,575	-3,520	-1,304	-3,400	-5,300	100	100	
			а	1166	124,58	21,40	5,02	7,27	72,12	10,29	8,48	16,8	100
			б	1166	21,024	2,637	0,453	3,110	7,341	5,070	2,413	56,5	26,5
			в	308,9	70,194	9,870	3,143	5,161	40,171	6,166	5,683	34,4	74,5
Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского	5064 732 4659	а	867,0	42,874	9,848	1,841	0,359	28,408	0,194	-1,840	-7,7	100	
			б	-9,9	-9,512	-0,955	-0,417	-1,360	-3,800	-1,140	100	100	
			в	882	113,68	14,75	4,22	12,16	51,52	15,41	15,62	13,4	100
			г	882	15,308	1,351	0,321	2,521	4,650	4,100	2,365	30,1	18,1
Берингова, Охотского и Японского	2260	а	159,3	34,241	3,953	1,163	4,474	15,059	3,318	6,274	6,981	56,5	
			б	722,7	64,131	9,446	2,736	5,165	31,811	7,992	6,981	100	100
			в	850	44,14	6,60	1,74	2,92	25,82	4,94	3,300	2,12	27,8
			г	850	12,191	1,510	0,241	1,320	4,540	1,612	0,696	33,8	24,8
Бессточные районы Казахстана и Средней Азии, включая бассейн Аральского моря	2837 564 2273	а	104	4,145	0,575	0,123	0,434	1,683	0,809	10,216	132,0	99,9	
			б	104	62,545	7,407	2,326	9,801	15,063	17,732	1,633	27,6	24,6
			в	103,9	13,110	2,118	0,301	0,905	5,664	2,439	-7,050	-68,3	-24,5
			г	25,6	-32,330	-2,960	-1,180	-6,640	-4,920	-9,580	-7,050	100	100
Территория СССР	20760	а	3968	514,41	81,06	19,01	37,82	260,51	73,74	42,27	14,4	100	
			б	3968	74,853	8,456	1,914	10,678	25,939	19,034	8,832	54,2	26,4
			в	1048,8	279,117	37,369	11,387	28,046	28,939	44,021	31,355	42,3	74,5
			г	2960,1	217,331	40,100	7,881	10,616	117,656	24,805	16,273	-10,9	-1,0
д	3653	-40,9	-50,891	-4,865	-2,172	-11,520	-10,024	-14,120	-14,100				

а - полный сток, б - сток атмосферного происхождения, в - подземный сток, г - поверхностный сток, д - аккумуляция солей.

тельное значение. Количество аккумулирующихся солей в пределах районов, лишенных поверхностного стока, принято равным подземному химическому стоку. Балансовые расчеты, выполненные по уравнению (1), позволили дать количественную оценку составляющих ионного стока для территории СССР и входящих в нее бассейнов отдельных морей. Их результаты сведены в табл. 1, из которой можно сделать следующие выводы.

1. Поступление солей с атмосферными осадками вносит существенный вклад в ионный сток в районах, тяготеющих к морским побережьям и с высокой нормой атмосферных осадков. Это северо-запад Европейской части СССР и Дальний Восток, где атмосферные осадки являются основными источниками натрия, хлора и сульфатов.

2. В областях распространения многолетнемерзлых пород и избыточного увлажнения основной вклад в общий ионный сток вносит собственно поверхностный сток. Он является в большинстве случаев основным источником кальция и гидрокарбонатов определяющих соленость ионного стока этих областей.

3. В районах достаточного и недостаточного увлажнения на первое место в общем балансе растворенных солей выходит подземный химический сток, который в пределах сухих зон уже становится доминирующим. Подземный химический сток содержит в значительных количествах всю гамму рассматриваемых нами ионов, основное место среди которых занимают натрий, сульфаты, хлор и гидрокарбонаты. Если в пределах зон достаточного и недостаточного увлажнения подземный химический сток передает содержащиеся в нем соединения в местную речную сеть и в конечном счете способствует накоплению солей в океанических бассейнах, то в сухих районах он является основным механизмом аккумуляции солей во внутренних водоемах и местных депрессионных накоплениях. Преобладание каких-либо из них определяет тип (хлоридно-натриевый, гипсовый или содовый) засоления.

Геологический институт  
Академии наук СССР  
Москва

Поступило  
18 V 1970

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> F. Clark, *The Date of Geochemistry*, Washington, 1924. <sup>2</sup> Ф. А. Макаренко, Тр. Лаб. гидрогеол. проблем АН СССР, 1 (1948). <sup>3</sup> О. А. Алекин, Л. В. Бражникова, *Сток растворенных веществ с территории СССР*, «Наука», 1964. <sup>4</sup> В. П. Зверев, ДАН, 181, № 3 (1968). <sup>5</sup> Подземный сток на территории СССР, под ред. В. И. Куделина, М., 1966. <sup>6</sup> Ф. А. Макаренко, В. П. Зверев, В. И. Кононов, ДАН, 179, № 1 (1968). <sup>7</sup> Н. М. Страхов, *Основы теории литогенеза*, Изд. АН СССР, 1960—1962.