

Н. Ф. ГЛАЗОВСКИЙ

**ВОДНЫЙ И ИОННЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ СТОК В АРАЛЬСКОЕ,
КАСПИЙСКОЕ И ЧЕРНОЕ МОРЯ**

(Представлено академиком К. К. Марковым 23 X 1975)

Подземный сток представляет собой наименее изученный элемент водного и солевого баланса морей. В настоящее время имеющийся фактический материал позволяет оценить подземный сток в Аральское, Каспийское и Черное моря*.

Расчет водного подземного стока производился по формуле Дарси, а значения ионного стока получались перемножением содержания определенного компонента состава подземных вод на объем водного стока. Так как все расчетные параметры варьируют в широких пределах, были рассчитаны наибольшие и наименьшие величины водного и ионного подземного стока (табл. 1 и 2).

Сравнение величины подземного стока в Аральское, Каспийское и Черное моря показывает, что сток в Аральское море существенно ниже, чем в Каспийское и Черное, что связано с относительно худшими гидрогеологическими и климатическими условиями формирования стока. Наибольший подземный сток как в Каспийское, так и в Черное море происходит со стороны Кавказа. Интенсивный водный подземный сток объясняется здесь хорошими условиями питания водоносных горизонтов, их большой мощностью и проницаемостью, а также высокими градиентами напора. Наличие в стратиграфическом разрезе некоторых районов Кавказского побережья галогенных пород, а также существование многочисленных разломов, по которым в верхние водоносные горизонты поступают снизу высокоминерализованные глубокие подземные воды, обуславливает формирование значительного ионного подземного стока.

В Аральское море подземные воды палеогеновых водоносных горизонтов разгружаются вблизи побережья, а меловых, как это было показано И. С. Пашковском ⁽¹³⁾, — в основном по структурному валу, проходящему от п.-о. Куланды к п.-о. Муйнак.

Подземные воды, поступающие в Средний и Южный Каспий, разгружаются в основном на шельфе и континентальном склоне, что подтверждается обнаружением геохимических аномалий в морской воде и в донных отложениях ⁽⁴⁾. В Северном Каспии в районе распространения соляных куполов нами также установлено ожелезнение донных отложений, образование вторичного гипса и повышение хлорности иловых вод (в среднем на 1,2‰ по сравнению с фоновой), что может быть связано с разгрузкой подземных вод по разломам над соляными куполами.

Разгрузка подземных вод в Черное море в ряде мест установлена непосредственно ⁽⁵⁾. Косвенным подтверждением разгрузки является наличие аномального теплового потока на континентальном склоне вблизи Кавказского побережья, превышающего фоновый в четыре раза ⁽¹⁰⁾, а также аномальное распределение по разрезу плотности донных отложений в некоторых районах шельфа северной части Черного моря ⁽¹²⁾.

* Для Каспийского и Черного морей подземный сток рассчитан только для территории СССР.

Таблица 1

Подземный и речной сток в Аральское, Каспийское и Черное моря

Море, сток	Водный сток, км ³ /год	Σ и.с.	Na++K+	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	J	Br	B	Li
		10 ⁵ т/год							10 ³ т/год			
Аральское												
Подземный	0,07–0,26	6,5–33	2–10	0,2–1	0,1–1,7	3–15	0,8–3	0,2–0,6	0,02–0,5	0,07–0,8	0,3–2,6	0,003–0,03
Речной (по (2))	55	238	30	45,6	8,5	38,5	61	54	0,36	2,4	0,5	0,06
Каспийское												
Подземный	1,2–2,4	220–860	83–281	4–29	1–16	12–47	3–19	5,4–26	4–20	31–140	15–63	0,7–8,4
Речной (по (1, 3, 8, 9))	300	700	50	160	30	50	180	240	2	10	16	—
Черное												
Подземный	0,54–3,2	33–590	17–182	0,7–19	0,3–4,3	17–32	1,2–13	1,1–34	0,9–24	1,7–55	—	—
Речной (по (1))	158	418	29	69	13	26	65	215	—	—	—	—

Примечание. Прочерк означает, что расчет стока не производился из-за недостатка фактических данных. Расчет речного стока в Аральское море иоди, брома, бора и лития проведен автором. Σ и.с.— суммарно ионный сток.

Таблица 2

Распределение подземного стока в Аральское, Каспийское и Черное моря по различным районам и основным водоносным комплексам

Море. Район	Возраст вмещающих пород					
	Q	N	Pg	Cr	J	T+Pz
Аральское						
Северное Приаралье	0	0	$\frac{25-127}{22-115}$	$\frac{16-69}{11-47}$	—	—
Восточное и Южное Приаралье	0	0	0	$\frac{94-311}{32-166}$	—	—
Каспийское						
Северный Прикаспий	—	0	0	$\frac{15-51}{135-610}$	—	—
Терско-Кумский бассейн	$\frac{3-6}{0,4-2,7}$	$\frac{7,2-20}{8,8-31}$	—	$\frac{11-38}{77-350}$		—
Кавказское побережье	$\frac{360-690}{22-55}$	$\frac{724-1340}{1600-5300}$	$\frac{0,3-6}{2,2-42}$	$\frac{55-256}{340-1900}$		—
Мангышлак	0	—	0	$\frac{24-55}{27-90}$	$\frac{3-13}{46-260}$	—
Черное						
Кавказское побережье	$\frac{9-64}{0,3-19}$	0	$\frac{4-24}{11-108}$	$\frac{118-301}{87-730}$	$\frac{2,4-44}{0,5-27}$	$\frac{1,5-18}{1,1-338}$
Крым	—	$\frac{85-396}{11-79}$	$\frac{1,7-10}{3,6-30}$	$\frac{4,3-96}{2,7-74}$	$\frac{3,6-220}{0,1-17}$	$\frac{1,2-14}{1,4-80}$
Северное побережье	$\frac{3,6-32}{0,2-3,2}$	$\frac{32-314}{5-163}$	$\frac{6,4-48}{25-480}$		$\frac{1,6-80}{5,6-800}$	

Примечание. Над чертой — водный сток (10^6 м³/год), под чертой — ионный сток (10^4 т/год). Поле означает, что сток в море практически отсутствует, прочерк — что расчет стока не произведен из-за недостатка фактических данных.

Сравнение речного и подземного водного стока показывает, что подземный сток составляет сотые доли от речного и, следовательно, может не учитываться при различных воднобалансовых расчетах.

В отличие от водного, ионный подземный сток вполне сопоставим с речным, а для Каспийского и Черного морей, возможно, даже и превышает речной ионный сток, что связано с высокой минерализацией подземных вод. Поступление в Каспийское и Черное моря компонентов, накапливающихся в морской воде, — натрия и хлора, а также некоторых микрокомпонентов — иода, бора, брома и, по-видимому, лития — происходит преимущественно с подземными водами. Велика доля подземного стока в поступлении этих компонентов и в Аральское море. Другие компоненты, накапливающиеся главным образом в донных осадках, — кальций, магний, сульфат-ион и особенно гидрокарбонат-ион — поступают в морские бассейны в основном с речными водами.

Таким образом, подземный сток представляет собой важнейший элемент приходной части как общесолевого баланса вод этих внутренних морей, так и баланса некоторых отдельных компонентов.

В частности, расчет подземного стока для большей части побережья Каспийского моря подтверждает сделанный нами ранее на основании палеогидрохимических ⁽⁶⁾ и гидрогеологических ⁽⁷⁾ расчетов вывод о важнейшей роли подземного стока в формировании основного солевого состава вод Каспийского моря. Не менее важна роль подземного стока и в накоплении в Каспии иода, бора и лития, на что указывают как абсолютные величины привноса этих элементов подземными водами (см. табл. 1), так

и повышенные — по сравнению с водами океана — относительные содержания этих элементов в каспийской воде, приведенные ниже:

Отношение	$J \cdot 10^3/S$	$B \cdot 10^4/S$	$Li \cdot 10^3/S$ (по ⁽¹¹⁾)
Океан	1,7	1,3	5,2
Каспий	6,1	2,7	23

В дальнейшем интересно оценить ионный подземный сток в Мировой океан, так как он безусловно должен влиять на геохимию океанических ландшафтов. Если ионный подземный сток в океан, как и для внутренних морей, окажется сопоставим по величине с речным ионным стоком, то необходимо будет либо допустить более интенсивную обратную геохимическую связь океана с сушей через атмосферу, либо признать прогрессивное засоление океана, а не его геохимическое равновесие с сушей, как это принято считать в настоящее время.

Институт агрохимии и почвоведения
Академии наук СССР
Пушино Московской обл.

Поступило
10 X 1975

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ О. А. Алевкин, Л. В. Бражникова, Сток растворенных веществ с территории СССР, М., 1964.
- ² Л. К. Блинов, Гидрохимия Аральского моря, Л., 1956.
- ³ С. В. Бруевич, Н. И. Аничкова, Тр. по комплексному изучению Каспийского моря, в. 14 (1941).
- ⁴ С. А. Брусиловский, Н. Ф. Глазовский, Вопросы гидрогеологии, М., 1973.
- ⁵ И. М. Буачидзе, А. М. Мелива, Тр. Н.-и. лаб. гидрогеол. и инж. геол. проблем Груз. политехнич. ин-та, т. 3 (1967).
- ⁶ Н. Ф. Глазовский, О роли подземного стока в формировании солевого состава вод Каспийского моря. Взаимодействие поверхностного и подземного стока, в. 1, М., 1973.
- ⁷ Н. Ф. Глазовский, Впр. геологии, геохимии и геофизики при поисках месторождений полезных ископаемых и инженерно-геологических изысканиях, М., 1974.
- ⁸ А. А. Зенин, В. В. Кирюшкина, Г. М. Морозова, Гидрохимические материалы, т. 38, Л., 1964.
- ⁹ Г. С. Коновалов, ДАН, т. 129, № 4 (1959).
- ¹⁰ Е. А. Любимова, А. Л. Александров, А. Д. Дучков, Методика изучения тепловых потоков через дно океанов, М., 1973.
- ¹¹ Н. П. Морозов, Океанология, т. 8, в. 4 (1968).
- ¹² П. А. Окольский, Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР, в. 1, 1967.
- ¹³ И. С. Пашковский, Бюлл. МОИП, отд. геол., т. 44, № 4 (1969).