

С. А. ДУРОВ

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ СОЛЕВОГО СОСТАВА ВОДЫ РЕК**

(Представлено академиком Г. Г. Уразовым 17 X 1951)

В гидрохимии широко распространено убеждение, что солевой состав текучих вод имеет преимущественно морское происхождение (1). Предполагают, что пресные воды атмосферного происхождения обогащаются солями, выщелачивая их из осадочных пород морского происхождения в коре выветривания и увлекая в своем движении «погребенные» морские воды (2).

Преобладание сульфатов над хлоридами в пресных водах приписывают растворению гипса (3, 5). Нахождение в пресных водах сульфата и бикарбоната натрия объясняют получением их из гипса путем катионного обмена (4). Потерю сульфатов в глубинных водах объясняют биохимической сульфатредукцией (1, 5). Эти укоренившиеся в гидрохимии положения нуждаются в критическом пересмотре.

Нам кажется своевременным рассмотреть, каково происхождение солевых ингредиентов воды наших крупных рек — Волги, Дона и др. Бесспорно, содержание в воде этих рек бикарбонатов является следствием растворяющего действия углекислоты на известняки и доломиты с примерным отношением в растворе магния к кальцию от 0,10 до 0,20.

Также можно считать с известной вероятностью, что хлориды имеют морское происхождение, и содержание иона хлора можно связать с со-

Таблица 1

Распределение солевого состава речной воды (в экв.-%)

Река	Бикарбонаты кальция и магния	Соли реликтовой морской воды	Сульфаты континентального происхождения
Волга <sup>1</sup> . . . . .	59,5	12,6	27,9
Дон <sup>2</sup> . . . . .	63,0	18,7	18,3
Сев. Двина <sup>3</sup> . . . . .	59,4	12,8	27,8
Кубань <sup>4</sup> . . . . .	63,3	8,0	28,7
Уруп <sup>5</sup> . . . . .	36,8	7,3	55,9
Челбасы <sup>6</sup> . . . . .	15,9	5,5	78,6

<sup>1</sup> На основании подекадных анализов близ Астрахани М. М. Бабанского за год с учетом стока (8).

<sup>2</sup> По данным О. А. Алекина, вблизи Ростова, за 25 лет с учетом стока ((5), стр. 104).

<sup>3</sup> См. (6), стр. 100.

<sup>4</sup> По данным В. Я. Еременко, за 4 года с учетом стока.

<sup>5</sup> Левый приток Кубани — пример горной реки, вода которой богата сульфатами.

<sup>6</sup> Типичная степная река Северного Предкавказья.

ответственным океанской воде содержанием остальных ионов (например, в морской воде отношение  $SO_4^{''} : Cl' = 0,103$  в эквивалентах).

Остается большая часть сульфатного иона в сочетании с ионами  $Mg^{''}$ ,  $Ca^{''}$  и  $Na'$  за вычетом того, что связано в виде бикарбонатов и солей морской воды. Предполагаем, что эти сульфаты чисто континен-

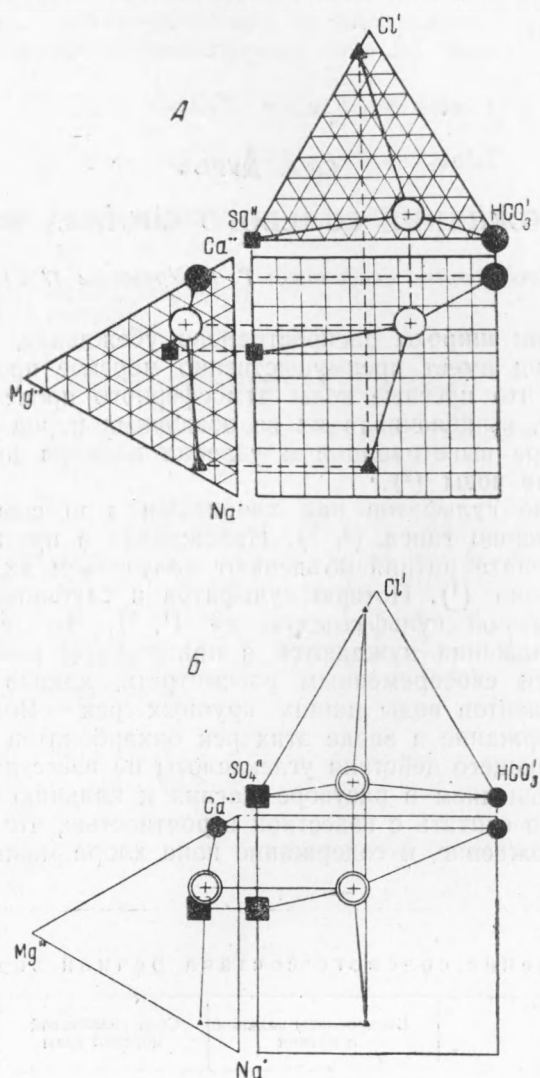


Рис. 1. Солевой состав воды Волги (А) и Урупа (Б)

тального происхождения и появляются в результате окисления пиритов и других сульфидов.

Произведя такие расчеты, получаем данные для солевого состава наших рек (см. табл. 1 и 2).

Сказанное иллюстрируется графиками рис. 1, А и Б, построенными на основе предложенной мною сдвоенной треугольной диаграммы (6).

В составе сульфатов большая доля падает на сульфаты магния и натрия. Катионный обмен для такой горной реки, как Уруп, можно считать исключенным. В ее районе содержание солей морской воды крайне незначительно, почвенный слой мало развит, интенсивно идут процессы химического и механического разрушения горных пород. Нет никакого осно-

Таблица 2

Состав сульфатов (в экв.-%)

Река	CaSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Волга . . . . .	51,9	29,7	18,4
Дон . . . . .	34,4	50,8	14,8
Сев. Двина . . . . .	41,4	38,1	20,5
Кубань . . . . .	42,0	23,3	34,7
Уруп . . . . .	51,4	18,6	30,0
Челбасы . . . . .	6,5	33,8	59,7

вания предполагать здесь наличие почвенного поглощающего комплекса, насыщенного натрием. Что касается рек Волги, Дона, Кубани, то высокий процент в их воде бикарбонатов и преобладание в катионах кальция может свидетельствовать, по нашему мнению, только в пользу давно происшедшего в их бассейнах стойкого насыщения почвенного поглощающего комплекса кальцием и невозможности для него отдавать воде натрия. Северная Двина оказывается вполне сходной по солевому составу с Волгой.

Солевой состав р. Челбасы также трудно связать с морскими солями, как и солевой состав сульфатных озер Тамбуканского, Б. и М. Баталпашинских, расположенных в предгорьях Северного Кавказа.

Основным путем попадания в речную воду сульфатов натрия и магния приходится признать действие серной кислоты, продукта окисления сульфидов (пирита и др.) на окружающие горные породы. Того же происхождения, вероятно, и значительная часть сульфата кальция.

Это приводит к выводу, что оборотными солями в кругообороте природных вод являются только соли реликтовой морской воды (преимущественно хлориды). Бикарбонаты, полученные растворением морских известняковых пород, снова выпадают в морской воде, ничего не прибавляя к ее составу. Что касается сульфатов натрия, магния и кальция, то главная их масса является новообразованием в зоне окисления земной коры. Это является наиболее характерным признаком континентальных вод.

Если обозначим отношение  $SO_4'' : Cl' = n$  (все величины в эквивалентах), а содержание иона хлора через  $x$ , то содержание сульфатов будет  $nx$ . Отношение солей континентального происхождения к солям морской воды выразится формулой:

$$\frac{nx - 0,103x}{1,106x} = \frac{n - 0,103}{1,106}$$

Например, при отношении  $SO_4'' : Cl' = 4$  содержание новообразованных континентальных солей в 3,52 раза больше содержания солей морской воды. Местоположение тройной точки сульфатов можно найти и геометрическим построением по точкам и относительному содержанию бикарбонатов и солей морской воды.

Место по диаграмме и, соответственно, состав сульфатной доли солевого состава обычных наших рек настолько близки к месту и составу кислых шахтных сульфатных вод, что, как и в случае солевого состава воды прудов Сальской степи (7), сам собой напрашивается вывод о сходстве процесса накопления сульфатов.

Наши соображения позволяют ставить вопрос о пересмотре кларка серы в земной коре в сторону его повышения. Новые виды диаграмм

приводят также к вопросу, не является ли серная кислота главным фактором «выветривания» магматических горных пород.

Гидрохимический институт  
Академии наук СССР

Поступило  
23 V 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. М. Левченко, Докторская диссертация, ИОНХ АН СССР, 1948.  
<sup>2</sup> А. Н. Бунеев, Докторская диссертация, ИОНХ АН СССР, 1945. <sup>3</sup> В. А. Сулин, Воды нефтяных месторождений в системе природных вод, 1946. <sup>4</sup> С. А. Шукарев, Тр. Гос. центр. ин-та курортологии, 5, 159 (1934). <sup>5</sup> О. А. Алекин, Обшая гидрохимия, 1948. <sup>6</sup> С. А. Дуров, ДАН, 59, № 1 (1948). <sup>7</sup> С. А. Дуров, ДАН, 75, № 1 (1950). <sup>8</sup> М. М. Бабинский, Диссертация, Новочеркасск. политехн. ин-т.