

ГИДРОХИМИЯ

С. В. БРУЕВИЧ

ВОЗРАСТ СОВРЕМЕННОГО ОЗЕРНОГО ПЕРИОДА КАСПИЯ И МЕТАМОРФИЗАЦИЯ СОЛЕЙ РЕЧНОГО СТОКА В МОРЕ*(Представлено академиком В. И. Вернадским 9 IV 1939)*

Каспийское море вследствие своей замкнутости и возможности учета солей, попадающих в него с речным стоком, при сравнительной краткости последнего озерного периода его существования, позволяет ставить на нем лучше, чем на другом море, изучение метаморфизации солей речного стока после их попадания в море. Изучение метаморфизации речных солей в море тесно связано с определением возраста современного озерного Каспия, т. е. периода, прошедшего со времени последнего его соединения с Азовско-Черноморским бассейном.

Сопоставление солевого состава современного речного стока в Каспий, воды Каспия и океанской показывает, что в отношении основных компонентов Каспий занимает промежуточное положение между речным стоком и морем. Это дает основание полагать в соответствии с геологической историей Каспия, что современная каспийская вода могла образоваться в результате изменения океанской или близкой к ней воды под действием речного стока, как это предполагал еще Лебединцев (6). Зная общее количество солей в Каспии и годичном речном стоке, можно вычислить, сколько лет тому назад отношение между двумя выбранными ионами было таково же, как в океанской воде. В случае близкого совпадения между «возрастами», определенными по различным ионам, можно с достаточной уверенностью сказать, что *n* лет тому назад солевой состав Каспия был действительно идентичен или весьма близок к составу океанской воды. Такое вычисление было сделано нами в 1937 г. (4) по отношению Cl/Na+K, Cl/Mg и Cl/SO₄. Вычисление дало соответственно 6 400 лет, 10 600 и 10 600 лет. Первое отношение и результат очень мало надежны, так как содержание щелочей в речном стоке известно с очень малой надежностью. При вычислении по Cl/Mg предполагалось, что Ca речного стока целиком переходит в донные осадки в виде CaCO₃, а Mg целиком остается в растворе. Однако анализы донных осадков Каспия показывают, что осадки помимо CaCO₃ содержат и некоторое количество MgCO₃. Это дает повод перевычислить возраст Каспия, основываясь на следующих предпосылках: 1) возраст, вычисленный по Ca, очевидно должен быть равен возрасту, вычисленному по Mg, 2) весь карбонатный ион речного стока полностью выпадает в осадки в виде CaCO₃ и MgCO₃.

Обозначим через (Cl) валовое содержание хлор-иона во всем Каспийском море в тоннах, через (Cl)'—общее количество хлора в годичном стоке

в Каспий, через (Ca) —валовое содержание Ca во всем Каспии, через $(Ca)'$ —ту часть Ca годичного речного стока, которая остается в море, через $(Ca)''$ —ту часть Ca речного стока, которая переходит в донные осадки, через (Mg) , $(Mg)'$, $(Mg)''$ —соответственные величины для магния, через K_{Ca} и K_{Mg} —отношение между содержанием хлора и соответственного иона в океанской воде, через n —«возраст современного Каспия». Указанные выше положения позволяют составить 5 уравнений:

$$n = \frac{(Ca) \cdot K_{Ca} - (Cl)}{(Ca)' \cdot K_{Ca} - (Cl)'} = \frac{(Mg) \cdot K_{Mg} - (Cl)}{(Mg)' \cdot K_{Mg} - (Cl)'} \quad (I \text{ и } II)$$

$$(Ca)' + (Ca)'' = 1.66 \cdot 10^7 \text{ тонн (общее количество Ca в речном стоке за год),} \quad (III)$$

$$(Mg)' + (Mg)'' = 3.18 \cdot 10^6 \text{ тонн (общее количество Mg в речном стоке за год),} \quad (IV)$$

$$(Ca)'' \cdot 1.5 + (Mg)'' \cdot 2.47 = 2.44 \cdot 10^7 \text{ тонн } CO_3 \text{ (общее количество } CO_3 \text{ в речном стоке за год).} \quad (V)$$

где $1.50 = \frac{CO_3}{Ca}$; $2.47 = \frac{CO_3}{Mg}$; $K_{Ca} = 46.1$ и $K_{Mg} = 14.84$.

Решение этой системы уравнений дает продолжительность последнего озерного периода жизни Каспия, равную 13 700 лет. Величина эта хотя и заметно превышает возраст современного Каспия, вычисленный ранее по отношениям Cl/SO_4 и равный 10 600 годам, однако является величиной достаточно близкой, принимая во внимание неточность нашего знания речного стока и изменения его на протяжении существования современного Каспия. В качестве осредненной величины возраста из отношений Cl/Ca , Cl/Mg и Cl/SO_4 можем принять ориентировочно возраст в 13 000 лет.

Величину того же порядка (9 234 года) получил по Cl и SO_4 и Ключко⁽⁵⁾, имевший в своем распоряжении лишь несколько иные цифры химического состава речного стока и каспийской воды*.

Из указанных выше уравнений одновременно с возрастом Каспия мы получаем также количество Ca и Mg речного стока, уходящие в донные осадки в виде карбонатов и остающиеся в морской воде в растворе:

Ca речного стока, остающийся в море	.	.	(Ca)' = 1.5 · 10 ⁶ тонн = 9%	
» » » переходящий в осадки	.	.	(Ca)'' = 1.51 · 10 ⁷ тонн = 91%	
Всего			1.66 · 10 ⁷ тонн = 100%	
Mg речного стока, остающийся в море	.	.	(Mg)' = 2.5 · 10 ⁶ тонн = 79%	
» » » переходящий в осадки	.	.	(Mg)'' = 6.8 · 10 ⁵ тонн = 21%	
Всего			3.18 · 10 ⁶ тонн = 100%	

Из общего количества карбонатов годичного речного стока в Каспий $2.44 \cdot 10^7$ тонн CO_3 , $2.27 \cdot 10^7$ тонн CO_3 , или 93%, уходит в осадки, образуя $3.78 \cdot 10^7$ тонн $CaCO_3$, и $1.67 \cdot 10^6$ тонн, или ~ 7%, уходит в осадки, образуя $2.35 \cdot 10^6$ тонн $MgCO_3$. Отношение $MgCO_3$ к сумме карбонатов в донных осадках согласно теоретическим расчетам равно таким образом 0.059 или ~ 0.06.

Анализ карбонатных осадков Южного Каспия дал для этого отношения в среднем с учетом осадков ложа моря величину 0.10. Так как однако осаждение карбонатов в подавляющей части идет на малых и средних глубинах и лишь в крайне слабой степени над ложем моря, то истинное сред-

* Годичный речной сток в Каспий нами был вычислен, считая его по составу одинаковым с волжским стоком, составляющим 81.4% всего речного стока [подробности см. (1)]. Здесь можно указать, что вычисления Ключко в отношении объема вод древнего Каспия основаны на недоразумении—гидрохимический метод не дает возможности вычислить объем вод древнего Каспия, который был конечно не в 4 раза меньше современного, а значительно больше его. Полученная Ключко величина представляет объем океанской воды по содержанию хлора и сульфатов, эквивалентный древнему Каспию.

нее отношение $MgCO_3/MgCO_3+CaCO_3$ должно быть близко к средней арифметической величине (только и доступной пока для вычисления) из отношения для мелководных и среднеглубоководных районов, равной 0.08. Но действительное отношение $MgCO_3/MgCO_3+CaCO_3$ в осадках должно быть еще ниже, вследствие громадного распространения ракуши, не входившей в анализированные пробы и содержащей значительно меньшее количество $MgCO_3$.

Близкое схождение величин возраста, вычисленного по различным парам ионов, и хорошее схождение теоретически вычисленного и реального отношения $MgCO_3/MgCO_3+CaCO_3$ в осадках моря убеждает нас в правильности полученных цифр и в том, что около 13 000 лет тому назад Каспий действительно был по солевому составу близок к океанской воде и следовательно имел сообщение с Азовско-Черноморским бассейном, сообщавшимся в свою очередь со Средиземным морем. Близкие величины возраста получаются, если произвести расчет, базируясь только на найденном отношении $MgCO_3/MgCO_3+CaCO_3$, в осадках Каспия равном 0.08 (выше истинного). В этом случае возраст по Cl/Ca равен 10 600 годам, по Cl/Mg —15 500 лет, среднее около 13 000 лет (при понижении отношения $MgCO_3/MgCO_3+CaCO_3$ величины возрастов сближаются и при отношении 0.06 оба равны 13 700 лет).

Полученный нами срок, прошедший с того времени, когда каспийская вода обладала солевым составом, близким к океанскому,—около 13 000 лет,—согласно большинству геологических данных отвечает концу вюрмского оледенения и следовательно хвалынской трансгрессии Каспия (акад. Борисяк). В частности эта величина близка ко времени исчезновения ледникового покрова в районе Балтийского моря, определенному по ленточным глинам Де-Геером (16 500 лет).

Наиболее естественно близкий к океанскому состав каспийской воды этого времени может быть объяснен водообменом между Каспийским и Азовско-Черноморским бассейнами в конце плейстоцена. Можно упомянуть здесь также о взглядах, развиваемых в последние годы биологами для объяснения происхождения арктических форм Каспия и отчасти Черного моря, занесенных сюда несомненно в четвертичную эпоху. Согласно одному взгляду [Högbohm, Л. С. Берг (3)] это явилось следствием образования ледниковых запрудных озер в водоразделе Волги и северных рек. По другому же взгляду (7) соединение произошло в начале четвертичной эпохи в период максимальной трансгрессии, когда Таймырский ледник отрезал южный Енисейский залив Карского моря и подпрудил воды Сибирских рек, получивших сток на Ю.-З. через западную Сибирь в Арало-Каспийскую впадину. Объясняя перенос арктических форм в Каспий, этот вариант однако не может служить для объяснения происхождения океанского солевого состава Каспия.

По вопросу о времени последнего соединения Каспия с Азовско-Черноморским бассейном среди геологов нет общего мнения. Однако акад. Архангельский, Шатский и др. (1) указывают на возможность стока Каспия в Черное море по Манычу в хвалынское время. Следует однако отметить, что акад. Архангельский относит хвалынскую трансгрессию не к послевюрмскому времени (акад. Борисяк и др.), а к рисс-вюрмской межледниковой эпохе. Православлев, указывая на то, что осадки с *Cardium edule*, раскинувшиеся по Кумо-Манычской низменности, перекрывают осадки хвалынской трансгрессии Каспия, склонен относить последнее соединение бассейнов к одной из последних надвижек угасавшего вюрмского оледенения (4). Наше мнение по этому вопросу сводится к тому, что доведение древних метаморфизированных действием речного стока вод Каспия до состава, близкого к океанскому, могло произойти только в период достаточно мощного водообмена между Каспием и Азовско-Черноморским бас-

сейном. Это в свою очередь могло иметь место лишь во время интенсивного отступления ледникового покрова и мощного сброса талых вод, повысивших уровень Каспия до уровня Черного моря. Солевой состав этого проточного озера-моря должен был быть близким к океанскому (но очевидно не вполне тождественным с ним), как это имеет теперь место в Балтийском, Азовском и Черном морях. Соленость моря была, принимая во внимание запас солей и объем моря, не выше 6—7‰. Такой мощный сброс вод мог иметь место только в период мощной трансгрессии Каспия во время отступления вюрмского ледникового покрова. Близкое совпадение возраста, определенного гидрохимическим путем и даваемого геологами, указывает, что величина и состав речного стока в Каспий в течение голоцена не претерпели резких изменений.

Всесоюзный научно-исследовательский институт
морского рыбного хозяйства и океанографии.
Москва.

Поступило
9 IV 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Д. Архангельский, Н. С. Шатский и др., Краткий очерк геологической структуры и геологической истории СССР (1937). ² А. Д. Архангельский и М. Н. Страхов, Геологическое строение и история развития Черного моря (1938). ³ Л. С. Берг, ДАН, стр. 107—112 (1928). ⁴ С. В. Бруевич, Гидрохимия Среднего и Южного Каспия (1937). ⁵ М. А. Ключко, ДАН, XVI, № 1 (1937). ⁶ А. А. Лебединцев, Записки по гидрографии, т. 23 (1901). ⁷ П. Л. Пирожников, ДАН, XVI, № 8 (1937).