

ВОДНО-СОЛЕВОЙ БАЛАНС КАСПИЙСКОГО МОРЯ

М. М. Шахрай, М.А. Мамаев¹

¹Дагестанский государственный технический университет

Каспийское море, несомненно, является уникальным геологическим водным объектом на Земле. Это выражается и в его расположении – единственная в мире столь крупномасштабная депрессия, отделенная от Мирового океана тысячекилометровыми расстояниями и горными странами, обладающая весьма обширным стоковым бассейном питания; и в величине его водного тела, по объему сопоставимого с крупными морскими объектами Океана; и в его динамической нестабильности, поражающей масштабами своих колебаний даже в современную эпоху, не говоря об амплитудах колебаний уровня в сотни метров, выявляемых в его историческом прошлом.

К разряду уникальных свойств Каспия следует отнести и такой, в общем-то, не бросающийся в глаза и поэтому до сих пор остающийся вне поля широких научных исследований, факт, как высокая стабильность его гидрохимии, хорошо сохраняющаяся на протяжении всей его геологической истории (порядка 10 млн. лет [1]) в качестве изолированного водного объекта, не имеющего взаимного водного обмена с Мировым океаном.

При внимательном осмыслении этого аспекта особенно поразительными и внешне малопонятными являются три особенности, очевидно, отображающие не только внутреннюю сущность и скрытые закономерности формирования ионно-солевого состава каспийской воды, но и открывающие путь для установления истинной природы этого уникального объекта и его роли в геологическом развитии и региона, и Альпийско-Гималайского тектонического пояса, и Земли в целом.

1. *Соленость Каспийского моря обусловлена внешними источниками солей.* Во времена экстремумов трансгрессивно-регрессивных фаз Каспия существенно меняется водный запас моря (а при очень больших амплитудах колебаний – в крупных масштабах) в прямой зависимости от его водного баланса. В то же время солевой запас M , в соответствии с общими законами динамики растворов, совсем не обязательно должен повторять поведение запаса воды V , так как является функцией солености вод как источников воды, так и стоков и факторов, отбирающих воду у водоема. В общем случае V и M являются взаимно независимыми функциями водообмена водоема с окружающей средой. Однако между этими величинами существует тесная корреляция, степенью которой является как общая, так и парциальная концентрация солей:

$$C = \frac{M}{V}, \quad \dot{C} = \frac{\dot{M}}{V} - \frac{M}{V^2} \dot{V}; \quad C_\alpha = \frac{M_\alpha}{V}, \quad \dot{C}_\alpha = \frac{\dot{M}_\alpha}{V} - \frac{M_\alpha}{V^2} \dot{V};$$

отсюда:

$$V \dot{C} = \dot{M} - M \frac{\dot{V}}{V} = \dot{M} - C \dot{V}; \quad V \dot{C}_\alpha = \dot{M}_\alpha - M_\alpha \frac{\dot{V}}{V} = \dot{M}_\alpha - C_\alpha \dot{V},$$

где индексом α обозначены компоненты солевого состава водоема.

Для Каспийского моря характерным является довольно высокая в историческом плане стабильность солености [2], [3]: $\dot{C} \cong 0$, $C \cong 13\%$. Эта особенность сразу приводит к выводу о синхронности изменений величин V и M :

$$\dot{M} = C \dot{V}, \quad \dot{M}_\alpha = C_\alpha \dot{V}.$$

Это означает, что во время трансгрессий соли поступают в море извне вместе с водой, а во время регрессий – покидают его также вместе с водой.

2. Второй особенностью гидрохимии Каспия является то, что согласно общепринятой классификации природных вод, каспийская вода должна быть однозначно отнесена к морскому типу. По всем признакам – как по процентному содержанию главных

ионов Na^+ , Mg^{++} , Cl^- , так и по ионным соотношениям (см., например, [4]) она явно родственна океанской воде, хотя имеет и довольно существенные отличия от нее (что и не удивительно для изолированного и исторически независимо развивающегося водоема). В то же время, несмотря на весьма существенный речной сток, вода Каспия совершенно чужеродна речным водам карбонатно-кальциевого состава. С последними Каспий роднит только высокое содержание сульфатов (SO_4^{--} составляет в Каспии 23,7%, в Волге – 26,5%, а в океане – только 7,7% от общего состава ионов). Однако, учитывая, что высокая сульфатность характерна только для Волги и не является общим свойством речных вод, можно сделать вывод, что это – признак региона, определяющий химизм как Волги, так и самого Каспия (таковые региональные особенности имеются практически у всех объектов Мирового океана, особенно расположенных в тектонически-активных областях. Замечательным аргументом в нашу пользу мы считаем факт существования в Черном море мощного сероводородного заражения, не объяснимого биологическими факторами).

Таким образом, эта особенность Каспия приводит к достаточно парадоксальному выводу: *речной сток практически не участвует в формировании солевого состава Каспия.*

3. *Каспийская вода – слабосоленая.* Это – главное отличие Каспия от океана и главная причина заблуждений относительно природы вод Каспия. К заблуждениям приводит поверхностный и скоропалительный вывод о том, что малосоленость воды моря – это следствие опресняющего действия рек.

Дело в том, что истинно опресняющими факторами являются только атмосферные осадки (дистиллят) и сток в Кара-Богаз-Гол, хотя к последнему следует относиться в известной мере критично и осторожно: Кара-Богаз, все-таки, относится к бассейну Каспийского моря. Реки же не опресняют море. В интеграле, по большому промежутку времени, их слабая минерализация, непрерывно разгружающаяся в море, должна привести к гипергалинизации морских вод, их насыщению за различные промежутки времени ионами- компонентами речного стока и, в конечном итоге, осаждению на дно эвапоритов, как это имеет место в Кара-Богазе. Простые расчеты показывают, что за 10 млн. лет существования Каспия как сточного бассейна, даже в случае, если первоначально он был заполнен химически чистой водой, к настоящему времени он должен был бы представлять мертвое море с перенасыщенными водами сульфатно-содового состава и дном, устланным двухкилометровым слоем различных эвапоритов, среди которых не должно быть хлоридов.

Следовательно, *Каспийское море не опресняется – оно снабжается готовой водой того состава и той солености, каковую мы отмечаем в действительности и фиксируем в анализах.*

Классический водный баланс Каспийского моря, учитывающий только речной сток, расход в Кара-Богаз-Гол, испарение и прочие незначительные факторы, никак не отражает истинного баланса моря. Он отражает динамику поверхностного слоя воды (до нескольких метров в толщину): реки и прочие поверхностные и приповерхностные источники повышают уровень моря (его поверхностный слой) в среднем на 1 м за год, испарение и сток в залив на столько же понижают его. *Остальная масса моря не участвует в этом поверхностном движении атмосферного круговорота воды.* Однако при этом она непрерывно вбирает в себя, перерабатывает и осуществляет внутреннюю динамику всех химических, биологических и механических примесей, поступающих сюда извне, как с речными водами, так и иными путями.

Рассмотренные три особенности гидрохимии Каспия приводят к выводу, который можно назвать принципом гидрохимической изостазии Каспийского моря: *наблюдающаяся и сохраняющаяся на протяжении всей истории Каспия гидрохимическая стабильность осуществляется подземным круговоротом воды подземной гидросферы за счет существующей донной (бентальной) проточности моря и обеспечивается ста-*

бильностью гидрохимии и большим объемом вод регионального (по всей видимости, Южнокаспийского) отдела подземной гидросферы, поставляющего свои воды в Каспий через донные источники. Стоки, отбирающие воду из Каспия, по всей видимости, располагаются преимущественно в Среднем и Северном Каспии – там, где под дном располагаются зоны аномально низких пластовых давлений, куда под действием силы тяжести могут разгружаться каспийские воды.

Согласно нашим представлениям, донные источники и стоки представляют собой дизъюнктивные нарушения в пластах водоупорных донных структур земной коры, перекрывающих отделы подземной гидросферы и отделяющих последнюю от наземной гидросферы. Эти нарушения разных масштабов (от капиллярных пор и микротрещин до широких труб и разрывов) возникают разными путями, в основном, за счет гидродинамики водной массы и сейсмической активности вмещающих пластов. Чаще всего – за счет совместной деятельности обоих факторов. Надо особо подчеркнуть, что по нашему убеждению [5], в подготовке и осуществлении землетрясений, особенно высокомагнитудных, доминирующую и контролирующую роль играет флюидосфера Земли – подвижная составляющая материи планеты, и, в частности, высокопараметрические воды подземной гидросферы.

Таким образом, для проверки нашей гипотезы о наличии в Каспии широкомасштабной донной проточности целесообразно осуществить экспедиционные исследования дна моря на предмет поиска донных источников и стоков, осуществляющих подземный круговорот воды, и глубинных течений и движений вод, обусловленных динамикой этого круговорота. По нашему убеждению, наибольшая вероятность обнаружить таковые дизъюнктивы в структуре дна и соответствующие заметные движения воды должна быть в квадрантах эпицентров наиболее крупных землетрясений, происходивших в XX веке и в последнее время в акватории моря, а также по периметрам материковых склонов Дербентской и Южно-Каспийской впадин и, особенно, вдоль и по склонам Апшеронского порога.

В заключение, сошлемся на нашу работу [6], в которой на основании разрабатываемой нами теории водно-солевого баланса Каспийского моря выводятся формулы, из которых можно вычислить, что по состоянию моря на 1977-78 гг. (нижнее стояние уровня) донный отток превалировал над донным притоком и превышал его на $1,7 \text{ км}^3/\text{год}$, что эквивалентно потоку такой реки, как Самур, вытекающему через донные отверстия в подземные горизонты. Теория не дает возможности определить по отдельности дебиты бентальных источников и стоков – они могут быть получены только в результате практических исследований.

Но такие исследования (очевидно возможные на уровне международных экспедиций) важны не только для проверки теоретических положений и выводов. Очевидно, назрела необходимость вообще комплексного и максимально полного исследования Каспийского моря в свете новых теоретических представлений о нем. Такие исследования, наряду с подъемом на новую ступень наших представлений о тех процессах, которые происходят под Каспием, да и в Земле в целом, как это было, например, сделано в 1950-60-х годах Каспийской морской междуведомственной экспедицией региональной сейсмоки – КМЭРС [7], откроют широкие возможности для слежения за процессами, определяющими уровни колебания этого беспокойного, но столь важного в хозяйственно-экономическом и экологическом плане водоема, позволят выйти на прогноз этих колебаний, а также сейсмической и тектонической активизации дна моря и окрестных территорий.

Литература

1. Проект «Моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. IV. Каспийское море. Вып. I. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 360 с.
2. Федоров П.В. Некоторые проблемы геологической истории Каспийского моря //Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1994, Т. 2, № 2, С. 71–79.

3. Шахрай М.М., Коркмасова М.А., Коркмасов Ф.М. Гидрохимический парадокс Каспийского моря //Геология и минерально-сырьевые ресурсы Восточного Кавказа и прилегающей акватории Каспия. Материалы научно-практической конференции (10-13 сентября 2001 г.). – Махачкала, 2001. С. 186–188.
4. Пахомова А.С., Затучная Б. М. Гидрохимия Каспийского моря. Л.: Гидрометеиздат, 1966, 344 с.
5. Шахрай М.М., Абдулаева А.Р. Геодинамическая теорема //Геодинамика и сейсмичность Восточного Кавказа. Материалы научно-практической конференции (2–5 сентября 2002 г.). – Махачкала, 2002. С. 201–207.
6. Шахрай М.М., Мамаев М.А., Коркмасов Ф.М. Уравнение водно-солевого баланса Каспийского моря. (Здесь же).
7. Аксенович Г.И., Аронов П.Е., Гегельганц А.А., Гальперин Е.И., Зайончковский М.А., Косминская Н.П., Кракшина Р.М. Глубинное сейсмическое зондирование в центральной части Каспийского моря. – М.: изд-во АН СССР, 1962. 152 с.

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Ф.М. Коркмасов

Институт проблем геотермии ДНЦ РАН, Махачкала

Каспийское море – крупнейший замкнутый водоем с сильно развитой шельфовой зоной. По величине максимальной глубины впадины – 1025 м – Каспий уступает лишь двум самым глубоким озерам мира – Байкалу (1620 м) и Танганьике (1435 м). Для Каспийского моря, как и для любого замкнутого водоема, характерны значительные изменения природных условий, обусловленные комплексом климатических, гидрологических и геологических процессов, протекающих в пределах его водосборного бассейна.

Непостоянство уровня поверхности Каспийского моря — одна из главных особенностей его гидрологического режима. В вековом ходе уровня Каспийского моря выделяются циклические колебания различной продолжительности.

Вплоть до 30-х годов прошлого столетия водный баланс Каспийского моря формировался под влиянием естественных климатических факторов, в результате их долговременных изменений. С середины 30-х годов на реках Каспийского бассейна началось интенсивное водохозяйственное строительство, влияние которого стало ощутимо сказываться в 50-е годы. К началу 70-х годов практически все крупные реки бассейна были зарегулированы, заполнены и пущены в эксплуатацию водохранилища. В результате этого уменьшился объем речного стока и изменилось его внутригодовое распределение. В 30-е годы уменьшение суммарного притока речных вод в Каспий не превышало 5—7 км³ в год, в настоящее время безвозвратные изъятия достигают в отдельные годы около 50 км³ в год. Следовательно, помимо влияния климатических факторов, величина поверхностного притока в море испытывает ощутимое дополнительное влияние антропогенной деятельности.

Поверхностный приток в море складывается из стока рек Волги, Урала, Терека, Сулака, Самура, Куры, малых кавказских рек и рек иранского побережья. Волга, бассейн которой составляет около 40% территории водосборного бассейна Каспия, определяет основную часть поверхностного притока к морю, достигающую примерно 80% общего его объема.

Внутригодовое распределение поверхностного притока в Каспий, несмотря на различие физико-географических условий речных бассейнов и специфические особенности годового стока отдельных рек, почти полностью соответствует внутригодовому распределению стока Волги, составляющего основную долю общего притока в море. Интенсивное использование водных ресурсов рек, начавшееся с 50-х годов, привело к уменьшению величины поверхностного притока в море, его внутригодовому перераспределению и, как следствие, к дополнительному снижению уровня моря. В 70-х годах уменьшение величины волжского стока за счет безвозвратных изъятий на народнохозяйственные нужды составляло уже около 20 км³ в год [Шикломанов, 1976], что равня-