

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., Габельганц 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-

ется 50% ежегодных суммарных изъятий из рек Каспийского бассейна. Всего с 1940 по 1982 г. море "недополучило" свыше 800 км³ речной воды, что может быть почти соизмеримо с трехлетним стоком Волги в среднеклиматических условиях.

Поскольку объем атмосферных осадков, выпадающих на акваторию моря, существенно меньше объема речного стока, влияние осадков на межгодовые изменения уровня моря значительно меньше, чем речного стока.

С начала столетия прослеживается тенденция увеличения осадков, выпадающих на поверхность моря. Их доля в водном балансе изменялась от 15% в начале столетия до 23% в 1978–1982 гг., когда на поверхность моря в среднем за год выпадало 257 мм, что существенно превышало среднемноголетнюю норму (191 мм).

Испарение с поверхности моря – основная расходная составляющая водного баланса. Из-за отсутствия достаточного количества фактических наблюдений его величина в настоящее время оценивается по различным теоретическим и эмпирическим формулам. На акватории моря наиболее высокая величина испарения характерна для Северного Каспия, а наиболее низкая — для Среднего.

Для испарения с поверхности Каспия характерны незначительные межгодовые изменения, свидетельствующие об относительной устойчивости этого фактора. Однако следует отметить, что в связи с понижением уровня моря и соответствующим сокращением площади его зеркала происходит изменение объема испаряющейся воды.

К расходным составляющим водного баланса до 1980 г. относился также сток морских вод из Каспия в залив Кара-Богаз-Гол. Непосредственные наблюдения за стоком в залив велись с 1928 г. Среднемноголетняя величина стока за 1900—1979 гг. составила около 15 км³/год. В начале прошлого столетия в залив стекало до 30 км³ в год, в последующие годы, в связи с сокращением речного притока и понижением уровня моря, объем стока морских вод в залив постоянно сокращался.

С целью сокращения величины расходной составляющей водного баланса Каспия в 1980 г. Кара-Богаз-Гол был отделен от моря глухой плотиной, сток морских вод в залив прекратился. Перекрытие Кара-Богаз-Гола позволило "сэкономить" до 1985 г. более 40 км³ морской воды, что в общем повышении уровня моря составило около 17 см слоя, и уровень моря ежегодно стал в среднем на 2,5–2,7 см выше, чем при существовании стока в залив.

Роль подземного притока в море в водном балансе Каспия незначительна, величина его ориентировочно оценивается в 4 км³/год [Потайчук, 1970].

За историческое время происходила неоднократная смена низких и высоких стояний уровня Каспия (рис.1). Так, приращение уровня на 20-30 см в год отмечалось в 1865-1866, 1895-1896, 1933-1934, 1937-1938 гг. Повышение уровня моря, наблюдающееся с 1978 г., обусловлено главным образом увеличением объема поступающего в море волжского стока, а также количества атмосферных осадков, выпадающих на поверхность моря.

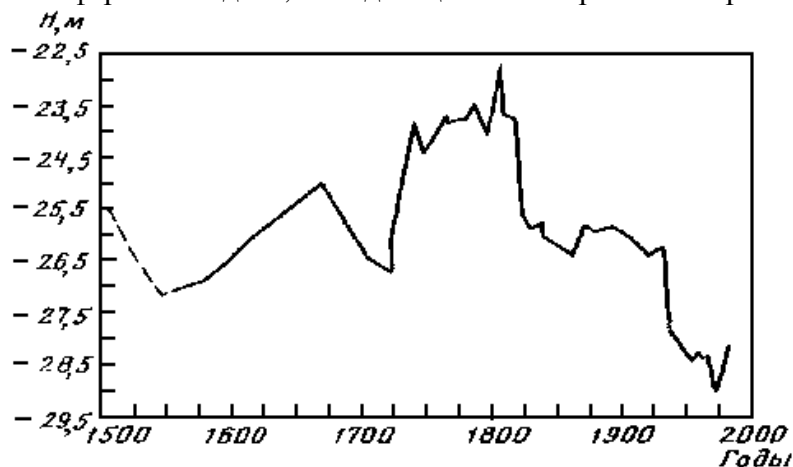


Рис 1. Вековые изменения уровня Каспийского моря: 1500-1900 – по Л.С.Бергу, 1901-1983 гг. – данные Государственного океанографического института

Внутригодовое изменение уровня имеет четко выраженный сезонный характер, обусловленный изменчивостью составляющих водного баланса. В зимнее время уровень низкий, затем вследствие интенсивного поступления в море речных вод наблюдается его весенне-летний подъем. Основное накопление воды в море происходит в июне-июле, и уровень достигает наивысшего положения. С августа, в связи с уменьшением речного притока и увеличением испарения с морской акватории, уровень постепенно понижается до зимнего минимума, наблюдающегося в январе–феврале.

Большой научный и практический интерес представляет разработка прогнозов уровня моря. В настоящее время существует несколько методов. Во-первых, это так называемые климатические (гелиогеофизические) прогнозы. Они основаны на физических моделях, связывающих колебания уровня Каспия или отдельных составляющих водного баланса с различными внешними факторами – температурой воздуха и другими метеорологическими характеристиками, атмосферной циркуляцией, солнечной активностью.

Многие авторы [Белинский, Калинин, 1946; Гире, 1971; Аполлов, Алексеева, 1959; Соскин, 1959; Эйгенсон, 1963; Антонов, 1963; и др.] проводили поиск этих закономерностей временных изменений уровня моря, обусловленных геофизическими и климатическими факторами. Однако климатический прогноз на длительное время для таких обширных территорий, как бассейн Каспия, продолжает оставаться одной из сложных и нерешенных проблем науки. Несмотря на то, что наличие солнечно-земных связей в настоящее время признано, механизм их и теоретическая сторона вопроса остаются во многом неясными. Зависимости между уровнем моря и характеристиками атмосферной циркуляции также далеко не всегда дают возможность получить прогноз на длительное время.

Ко второй группе прогнозов относятся вероятностно-статистические методы, суть которых состоит в вероятностном описании колебаний уровня исходя из представлений о порождающих их климатических и гидрологических факторах как о стохастических процессах [Крицкий и др., 1975].

Поскольку изменения водного баланса и уровня Каспия обусловлены взаимодействием двух основных факторов: поверхностного притока речных вод и видимого испарения (атмосферные осадки минус испарение), то расчеты и моделирование рядов этих характеристик позволяют исследовать изменчивость уровня моря, как в естественных условиях формирования гидрологического режима, так и при различных его нарушениях.

Основным затруднением разработки климатического направления прогнозов является то обстоятельство, что для построения надежных физических моделей необходимо найти такие определяющие внешние факторы, изменения которых опережали бы изменения уровня или составляющих водного баланса на срок, не менее заблаговременного прогноза. Найти такие факторы трудно, поэтому возникает необходимость экстраполяции их, что представляет не менее сложную задачу, чем разработка самого метода сверхдолгосрочного прогноза уровня моря.

Вероятностно-статистические методы прогноза имеют более строгую теоретическую основу, чем климатические, но вероятностная форма получаемых прогнозов, когда однозначно определяется календарный ход уровня при средних условиях притока и испарения и задается широкая полоса вероятных отклонений положения уровня в каждый год прогнозируемого периода, затрудняет их практическое использование.

В настоящее время не существует достаточно надежных методов прогнозирования ожидаемых изменений уровня Каспийского моря, что существенно затрудняет решение вопросов, связанных с экономикой и развитием народного хозяйства в бассейне моря. Разработка таких методов – одно из наиболее важных направлений исследований Каспия. Своеобразие условий формирования гидрологической структуры вод Каспийского моря определяется его замкнутостью, внутриматериковым положением, большой ме-

ридиональной протяженностью, воздействием речного стока, конфигурацией берегов и рельефом морского дна.

В целом гидрологическая структура вод моря создается путем взаимодействия процессов горизонтальной и вертикальной турбулентности и циркуляции вод, вызываемых различными факторами – полем ветра, потоками тепла и массы через поверхность моря, полем плотности, влиянием конфигурации берегов. Гидрологические условия в разных частях моря существенно зависят также от водообмена между ними.

Сезонные изменения гидрологических условий в Каспийском море весьма значительны, хотя они неодинаковы по акватории и, в общем, уменьшаются в направлении с севера на юг. В Северном Каспии большая величина сезонных изменений теплового состояния вод определяется резкой континентальностью климата, а солености — сосредоточением здесь основного количества поступающих в море речных вод. По направлению на юг влияние этих факторов уменьшается. Кроме того, большой объем водных масс Среднего и Южного Каспия делает режим этих частей моря более устойчивым по отношению к внешним воздействиям, чем мелководного Северного Каспия.

Сезонные изменения температуры в глубинных слоях моря зависят от развития процессов конвективного перемешивания. В Среднем Каспии сезонные различия температуры наиболее существенны в слое толщиной около 200 м, в Южном Каспии – в слое до 100 м, что связано с развитием здесь зимой вертикальной циркуляции. В суровые зимы, когда конвекция распространяется до больших глубин, понижение температуры может охватывать более значительную толщу воды, а в Среднем Каспии оно доходит до дна. В придонных слоях Среднего Каспия температура равна 4,5-5,0°C, Южного – 5,7-6,0°C.

Пространственные изменения солености воды больше всего наблюдаются в Северном Каспии, где она возрастает от 0,1-0,2‰ вблизи устьев Волги и Урала – до 10-12‰ на границе со Средним Каспием.

В глубоководных частях моря соленость на поверхности увеличивается в целом с севера на юг и с запада на восток. Такое распределение солености связано с опресняющим влиянием речного стока вдоль западного побережья и осолонением вод у восточного берега, в условиях полного отсутствия здесь пресного стока и интенсивного испарения. В открытых районах моря соленость редко выходит за пределы 12,7-13,2‰. Вертикальное распределение солености в Среднем и Южном Каспии весьма однородное – от поверхности до дна ее увеличение не превышает десятых долей промилле.

Изменения солености в различных районах моря от сезона к сезону не отличаются той однонаправленностью, которая присуща изменениям температуры. Так, от весны к лету на всей акватории Южного Каспия соленость возрастает вследствие увеличения испарения. В то же время в Среднем Каспии, где проявляется влияние опресненных северокаспийских вод, соленость на большей части акватории понижается.

Однородное распределение солености в глубоководных частях Каспийского моря – важная черта его гидрологической структуры, обуславливающая ее сезонную изменчивость, главным образом за счет температуры. Именно температура воды, при мало изменяющейся солености, определяет основные особенности поля плотности в зимний и летний сезоны и влияет на вертикальную устойчивость вод, особенно в верхних слоях. В глубинных и придонных слоях моря, где изменения гидрологических характеристик малы, в формировании поля плотности возрастает роль солености.

Небольшая вертикальная стратификация Каспийского моря по солености и плотности – один из основных факторов, создающих благоприятные условия для развития конвективного перемешивания во всей толще его вод. Перемешивание верхних слоев моря происходит благодаря активно развитой зимой вертикальной циркуляции. В перемешивании и вентиляции глубинных слоев важную роль играет плотностной сток из северных мелководных районов моря. Высокая плотность образующихся здесь зимой вод позволяет им стекать до самых больших глубин среднекаспийской впадины и да-

лее, переливаясь через Апшеронский порог, поступать в глубинные слои южной части моря. В придонном слое Южного Каспия перемешивание происходит также за счет конвекции, возбуждаемой тепловым потоком от дна моря.

Зимняя вертикальная циркуляция и плотностной сток вод обеспечивают достаточное насыщение глубинных слоев кислородом и вызывают компенсационный подъем глубинных вод, обогащенных биогенными веществами, в верхний слой моря. Эти процессы создают благоприятные условия для формирования высокой биологической продуктивности в Среднем и Южном Каспии.

Анализ изменчивости основных характеристик глубинных водных масс (температура, соленость, содержание кислорода) показывает, что вся толща вод моря находится в подвижном состоянии, что имеет первостепенное значение для такого замкнутого водоема, как Каспийское море.

Литература

1. Аполлов Б.А. Колебания уровня Каспийского моря //Тр. Института океанологии АН СССР. Т.15. – 1956.
2. Берг Л.С. Уровень Каспийского моря за историческое время //Очерки по физической географии. – М.-Л., 1949.
3. Варущенко С.И., Варущенко А.Н., Клиге Р.К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени. – М.: Наука, 1987.
4. Величко А.А., Климанов В.А., Беляев А.В. Каспий и Волга 5,5 и 125 тысяч лет назад //Природа. 1987. №3.
5. Касымов А. Каспийское море. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
6. Крицкий С.Н., Коренистов Д.В., Роткович Д.Я. Колебания уровня Каспийского моря. – М.: Наука, 1975.
7. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.

КОТЛОВИНЫ РЕЧНЫХ ДОЛИН ДАГЕСТАНА

В.У. Мацапулин, Е.В. Тульшиева
Институт геологии ДНЦ РАН, E-mail dangeo @ iwt.ru.

Анализ геоморфологического строения долин региона показывает, что они в плане состоят из чередования расширенных и суженных участков (котловин и врезов) различного генезиса. Эту закономерность исследователи обычно рассматривают в упрощенном варианте и считают, что она обусловлена только литологией вмещающих пород [1-7], что далеко не так.

На основании неотектонического районирования (по М.Ю. Никитину 1987 и др.) в Дагестанской части Восточного Кавказа с юга на север выделяются крупные, активно развивающиеся, вплоть до голоцена, асимметричные зоны, с юга ограниченные поднятиями, а севера – неотектоническими опусканиями. При общей вергентности к югу они одновременно поддвигаются друг под друга с образованием вдоль северной периферии Дагестанского клина «поддвига» в сторону Терско-Каспийского прогиба. Такими зонами являются: 1) поднятие Главного хребта и новейшее опускание Бежтинской впадины; 2) поднятие Бокового хребта и Аваро-Андийская зона новейших опусканий (с.с. Ботлих, Советское); 3) Хунзахско–Хаджал-Махинское поднятие и новейшее опускание Кадаро–Ирганайской котловины; 4) Салатау–Гимринское и Мугринское поднятия и зона опускания в пределах Чиркейской, Буйнакской, Параульской котловин и в районе с.с. Сергокала–Маджалис; 5) поднятие передовой моноклинали (Черные горы, Нарат-Тюбе) и прилегающая с севера часть Терско-Каспийского прогиба.

Сопоставление геоморфологии речных долин с неотектоническим районированием показало, что котловины приурочены к неотектоническим структурам опускания, а