

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования гидрологического режима взморья, проведенные Волжской устьевой станцией, многочисленными экспедициями различных организаций и автором, дали возможность выявить основные особенности этого режима и сделать некоторые предположения о возможных его изменениях в будущем.

1. Современный гидрологический режим предустьевого взморья Волги изменяется в зависимости от стока Волги, режима ветра и морфологических особенностей района.

а) Сток Волги, колеблясь от 160 до 360 км³, в среднем равен 256 км³, что составляет примерно 360% объема вод взморья в принятых нами границах. Около 70% всего годового стока приходится на три месяца весеннего половодья (V—VII). Волга ежегодно выносит на взморье в среднем 13 млн. тонн взвешенных наносов. Это оказывает существенное влияние на морфологию дна придельтовой части взморья.

По величине поступающего стока все взморье можно разбить на четыре района: два района с большим стоком и два — с малым. К первым относится район взморья от западного берега Северного Каспия до о. Галкина и район от Белинского канала до о. Блиновская Коса. На эти два района приходится 70% всего стока Волги, а на остальные районы взморья — всего лишь 23%. Это определяет различие гидродинамического режима этих районов.

В первом районе на каждый километр морского края в среднем приходится 1,1% стока Волги, а в остальных — 0,3%. Таким образом, основной сток Волги сосредоточен в западной части взморья.

б) На взморье преобладают ветры восточных румбов. Их повторяемость равна 27%. Они имеют наибольшую среднюю скорость и более устойчивы. Наименьшая повторяемость приходится на ветры южного и юго-западного направлений (5%). Наиболее устойчивы ветры в ноябре, наименее — в июне—июле, когда в 70% случаев они действуют не более полусуток.

В начале года преобладают восточные ветры, к июлю их повторяемость уменьшается, а повторяемость западных ветров увеличивается и становится почти одинаковой с восточными. К осени усиливается действие восточных ветров, к ноябрю их повторяемость достигает максимума — 50%.

Линия северо-северо-восток — юго-юго-запад для взморья является нейтральной: ветры с востока от нее нагонные, с запада — стонные.

Летом на взморье развиты бризы.

в) Основной морфологической особенностью предустьевого взморья является его мелководность и обширная протяженность. Поэтому изменение гидрологического режима в пространстве обуславливается главным образом глубиной.

По характеру рельефа, глубинам и удаленности от морского края дельты все преддельное взморье делится на три зоны: 1 — мелководную (авандельта) — от морского края до морского бара включительно (30—40 км), 2 — малых глубин собственно взморья — от бара до свала глубин (32—40 км) и 3 — свала глубин (10—15 км). В первой зоне наибольшее влияние на гидрологический режим оказывает сток Волги, во второй — ветер, а в третьей, — наряду с этими двумя факторами, решающее значение имеет наличие значительных градиентов плотности воды. Для каждой из этих зон характерны свои специфические особенности гидрологического режима: колебаний уровня воды, течений, солености и т. д.

2. Годовой ход уровня взморья в основном правильно повторяет годовой ход уровня Волги, но имеет более сглаженный вид. Амплитуда среднемесячных уровней на взморье равна 0,3—0,5 м и уменьшается по мере удаления от дельты в море.

Сток Волги создает на взморье наклон водной поверхности от дельты в море. В половодье перепад уровня на взморье от морского края дельты до бара (25—30 км) достигает 1,2 м, а в межень — 0,8 м. Наибольшие уклоны водной поверхности в штиль отмечаются на первых километрах взморья от морского края дельты ($0,07\text{‰}$). К бару они уменьшаются до $0,01\text{‰}$.

Интенсивная деятельность ветра, мелководность района и речной сток создают благоприятные условия для значительных и частых сгонно-нагонных колебаний уровня. Максимальная величина нагона — 2,8 м, сгона — 1,8 м. Повторяемость сгонно-нагонных колебаний на взморье увеличивается от морского края к бару и с востока на запад. Наибольшая величина нагонов и сгонов отмечается на баре. Такая закономерность объясняется малой глубиной бара, который при нагоне и сгоне играет роль берега, наличием уклонов водной поверхности взморья и их схождением на баре стокового и дрейфового течений при нагоне.

3. Течения на преддельном взморье вызваны стоком Волги, ветром и разностью отметок уровня в различных районах Северного Каспия. На мелководном взморье преобладают стоковые течения; в зоне от бара до свала глубин преобладают дрейфово-градиентные течения. На свале глубин располагается северная граница течения из Среднего Каспия.

а) По мелководному взморью волжские воды проходят в виде плоскостного и бороздинного стока. В первом случае воды, проходя речной бар, растекаются широким фронтом по взморью. При бороздинном стоке они движутся сосредоточенным потоком, являясь как бы продолжением реки в жидких берегах.

Волжские воды на взморье делятся на два основных потока — западный и восточный. Границей раздела этих потоков служит Тишковская коса. В центре располагается область слабых стоковых течений. На первом километре взморья происходит наиболее резкое уменьшение скорости стокового течения. Это обуславливает образование речного бара.

При нагонных ветрах на взморье создается зона схождения стокового и ветрового течений, чем отчасти объясняется образование здесь морского бара. Нагонные ветры уменьшают скорость течения в поверхностном слое и увеличивают в придонном, поскольку стоковое течение совпадает по направлению со скоростью возникающего градиентного течения.

При сгонных ветрах скорость стокового течения сначала увеличивается, а после 8—10 час. действия ветра резко уменьшается, так как речные воды не успевают компенсировать убыль вод со взморья.

Бризы на мелководном взморье вызывают периодические изменения течений. Скорость стокового течения при бризах ночью на 0,08—0,10 м/сек больше, чем днем.

б) В зоне между баром и свалом глубин течение представляет собой геометрическую сумму дрейфового, стокового и градиентного течений. На основе анализа наблюдений на многосуточных станциях и стационарных пунктах на взморье удалось составить схемы поверхностных течений в западной части Северного Каспия при устойчивых ветрах продолжительностью более 7—8 час. для каждого из 8 основных румбов.

Установлено, что средняя скорость поверхностного течения зависит не только от скорости, но и от направления ветра. При нейтральном направлении ветра скорость течения на 30—50% больше, чем при стонных и нагонных.

В июне—июле перенос вод в западную часть взморья с восточной и обратно примерно одинаков. Это имеет огромное значение для сохранения обширной распресненной зоны перед дельтой Волги в летний период. Осенью (ноябрь) повторяемость западных течений в 3 раза больше повторяемости восточных течений.

В итоге в году преобладает перенос вод взморья в западном направлении вдоль бара и далее к югу — в западную часть Среднего Каспия. Исходя из этого, следует считать, что для рыбного хозяйства взморья наиболее благоприятно направление основной массы волжского стока в восточную часть дельты (систему Бузана). Это намного уменьшит вынос биогенных веществ из Северного Каспия в глубоководную часть моря.

в) В районе свала глубин при западных и восточных ветрах располагается зона схождения вод взморья и Среднего Каспия. При стонных и нагонах здесь сильно выражены придонные противотечения, верхней границей которых служит слой резкого изменения солености воды. При нейтральных ветрах при наличии слоя резкого изменения солености с глубиной над свалом глубин располагается зона максимальных скоростей течения, поскольку энергия ветра передается более тонкому слою воды, чем в районах, где нет такого слоя.

Зимой на взморье устанавливается ледяной покров, который препятствует созданию дрейфовых течений. Поэтому зимой здесь наблюдаются только слабые стоковые и градиентные течения.

4. Режим солености вод взморья очень неустойчив и зависит от стока Волги, режима ветра, циркуляции вод и колебания уровня Каспия.

Вся мелководная часть взморья занята волжской водой. В зоне от бара до свала глубин располагаются воды с соленостью от 1 до 5—8‰, за свалом глубин располагаются морские воды с соленостью 11—12‰. На взморье имеется два потока распресненной воды: западный и восточный. Наибольшая соленость воды отмечается в центральной части взморья. Распресненные воды взморья поступают в Средний Каспий вдоль западного побережья.

На взморье выделена зона трансформации речных вод, зона больших горизонтальных градиентов солености воды и зона интенсивного смешения волжской и морской вод.

Сильный ветер в зоне до свала глубин создает однородность воды по вертикали, а на свале глубин, наоборот, — резко выраженную стратификацию солености.

На свале глубин сильно выражены кратковременные изменения солености воды (до 4,5‰ за 3 часа). В мелководной зоне взморья их почти нет. Выделение зоны наибольших кратковременных изменений солености позволяет предложить более рациональную программу экспедиционных наблюдений над соленостью воды взморья.

5. Мелководная зона весной и летом играет роль своеобразного «нагревателя» речных вод, поступающих в море, а осенью, наоборот, речные воды здесь охлаждаются. Поэтому тепловое влияние стока Волги не распространяется далее мелководной зоны взморья. Исключением является район Волго-Каспийского канала.

Наибольшая величина средних и экстремальных температур воды, наибольшие амплитуды сезонных изменений температуры воды за счет адвекции наблюдаются в мелководной зоне взморья, а наибольшие амплитуды суточного хода температуры воды (до 16°) отмечаются на морском баре. К реке и морю они уменьшаются. В штиль они больше, при сильных ветрах — меньше. Весною (в мае) они максимальные, летом уменьшаются, а в сентябре вновь увеличиваются.

На взморье температура воды зависит от направления ветра. Расчет показал, что в летний период температура воды на взморье при стгонных ветрах в среднем на $3-5^{\circ}$ ниже, чем при нагонных ветрах.

6. Мутность воды взморья отличается большими сезонными изменениями. До морского бара эти изменения определяются колебаниями твердого стока Волги и развитием водной растительности, а южнее бара в основном — режимом волнения. Полученные в 1954—1955 гг. данные позволяют выделить три зоны с наибольшей мутностью воды на взморье: 1 — район устьев, протоков и банков, 2 — морской склон бара и 3 — свал глубин. Наибольшая средняя величина мутности воды за период навигации наблюдается на морском склоне бара. Учитывая распределение мутности и движение вод на предустьевом взморье, можно считать, что перенос взвешенных частиц в придельтовой 15-километровой полосе взморья совершается только в южном направлении. За баром основная масса наносов переносится вдоль морского бара — в западном направлении.

7. Вследствие падения уровня Каспийского моря за последние четверть века на 2,5 м произошли значительные изменения на взморье дельты Волги.

а) Морской край дельты сместился в сторону моря в среднем на 35—40 км. Произошло осушение значительных пространств взморья. Наибольшее нарастание дельты отмечается в восточной части взморья. Длина морского края дельты по прямой уменьшилась с 210 до 180 км, в основном за счет восточной части. Придельтовая часть взморья стала еще более мелководной. Образовалась обширная култучная зона с множеством кос и островов, водная растительность бурно развилась.

б) Поступление водного стока в восточную часть взморья уменьшилось, в западную — увеличилось. На взморье он стал сосредоточиваться в основных бороздинах. Число мелких бороздин уменьшилось. Уклоны водной поверхности на взморье увеличились. Если уровень моря у Баку упал на 2,5 м, то в дельте, у Астрахани, средний уровень понизился всего на 0,4 м. Наибольшее изменение уклонов водной поверхности произошло на морском крае дельты. Это вызвало повышение скоростей стокового течения на взморье. Участок резкого затухания скоростей стокового течения переместился дальше в море. Вследствие этого вынос (и отложение) волжских наносов все дальше и дальше отодвигался к югу. В свою очередь, эти изменения вызвали смещение к югу участков черпания грунта в каналах, что привело к постепенному их удлинению. Так, длина Волго-Каспийского канала увеличилась с 48 км (от Могильного бугра) в 1914 г. до 100 км в настоящее время.

в) В связи с уменьшением глубин на мелководной части взморья увеличилась амплитуда сезонного хода уровня и стгонно-нагонных колебаний, но уменьшилось влияние последних на уровень в дельте. Участок

наибольшей высоты нагона на взморье сместился к югу за период с 1925 по 1951 г. примерно на 37 км.

г) Скорость дрейфового течения вдоль морского края дельты уменьшилась. Площадь распресненной воды перед дельтой увеличилась и сместилась к свалу глубин. В этом районе возросли градиенты солености воды, увеличилась абсолютная величина температуры воды взморья, амплитуда сезонных и суточных ее колебаний, разность температур, особенно в весенний период, между мелководной и глубоководной частями взморья.

8. а) В случае дальнейшего понижения уровня взморья на 1 м еще больше изменится положение и конфигурация морского края дельты. Существующая ныне однометровая изобата примерно определит будущее положение морского края. Нарастание дельты будет происходить в основном за счет осушения огромных подводных кос, осередков и современного морского бара. Произойдет сокращение площади предустьевоего взморья (примерно на 8 000 км²).

б) Сток в приморской части дельты сосредоточится в крупных водотоках (Волго-Каспийский канал, Каменская яма, Белшский и Карайский каналы, Иголкинская бороздина). На месте современных крупных бороздин будут развиваться крупные банчины — будущие главные водотоки дельты. В восточной части взморья волжский сток пойдет главным образом по Иголкинской бороздине. Новая придельтовая полоса взморья окажется более приглубой (1,5—2,0 м вместо 0,5 в настоящее время) и более открытой для дрейфовых течений с востока и для волнения, поскольку острова Джамбайские и Новинские сольются с дельтой.

Уклоны водной поверхности на морском крае дельты и на взморье, особенно в первое время, несколько увеличатся, а зона основного перепада уровня между рекой и морем сократится. Участок наибольшей величины нагона будет располагаться у самого будущего морского края дельты. Величина стонно-нагонных колебаний значительно уменьшится. Сократится полоса растительности вдоль морского края. Скорости стоковых течений на взморье (у морского края дельты) должны увеличиться, а ширина зоны стокового течения уменьшится.

в) Поскольку глубины перед будущим морским краем дельты станут больше, чем перед современным, то увеличится скорость дрейфовых течений вдоль морского края. Вследствие больших скоростей стоковых и дрейфовых течений, усиления влияния волнения на дно и уменьшения зарастаемости взморья увеличится и мутность вод на взморье. С продвижением морского края дельты к югу морские воды будут несколько оттеснены распресненными водами за свал глубин. Однако за счет значительного (почти на 1/3) сокращения площади взморья зона распресненных вод (с соленостью менее 10‰) перед дельтой уменьшится. Сокращению этой зоны будет способствовать увеличение скорости дрейфовых течений, а следовательно, — и выноса распресненных вод со взморья в Средний Каспий. Особенно сократится зона распресненных вод с соленостью менее 3‰. Увеличатся горизонтальные и вертикальные градиенты солености на свале глубин. В связи с увеличением глубин перед будущим морским краем дельты уменьшится абсолютная величина температуры воды и амплитуды ее суточного и сезонного колебаний. Таким образом, при падении уровня взморья на 1 м черты гидрологического режима будут приближаться к его характерным чертам на приглубом взморье.

9. а) Предполагаемое изъятие из волжского стока 50 км³ воды должно вызвать в период средней водности изменение средней величины солености воды. Если уровень в этом случае будет оставаться ста-

бильным, т. е. объем вод взморья не изменится, то при таком изъятии средняя величина солености вод взморья повысится (на 0,5—0,6‰). Если уровень взморья при этом упадет на 1 м, то объем вод взморья уменьшится примерно с 66 до 44 км³, а водный сток — в среднем с 256 до 206 км³. Отношение стока Волги к объему вод взморья в настоящее время для среднего по водности года составляет 3,88, а при изъятии из стока 50 км³ и падении уровня взморья на 1 м будет равно 4,43. Таким образом, в этом случае на единицу объема вод взморья будет приходиться больший объем речных вод, чем в настоящий период, т. е. средняя величина солености вод будущего взморья уменьшится, тем более, что площадь взморья уменьшится на одну треть (на 8 000 км²).

б) По данным Центрального института прогнозов, к 1961 г. среднегодовой уровень моря будет близким к отметке 100 см над нулем Бакинского футштока, т. е. к уровню 1956 г. (99 см), а средний за пятилетку (1957—1961 гг.) сток Волги у Сталинграда будет несколько больше нормы. Вследствие гидростроительства на Волге в основном изменится только распределение стока по сезонам. При зарегулированном стоке в маловодный год, в такой, как 1937—1938 гг., в половодье (IV—VI) на взморье будет поступать в 2 раза меньше воды, чем при незарегулированном стоке, а в период ледостава (XII—III) — в три раза больше. В декабре же сток увеличится в 6 раз. Такое значительное увеличение речного стока в период ледостава в маловодный год должно увеличить область, занятую волжскими водами на взморье, поскольку наличие ледяного покрова препятствует интенсивному выносу волжских вод со взморья за свал глубин дрейфовым течением, а также интенсивному турбулентному перемешиванию вод волнением. Наибольшие горизонтальные градиенты солености в зимний период будут располагаться на 15—20 км южнее современного положения (примерно на свале глубин). В районе свала глубин появятся благоприятные условия для создания больших вертикальных градиентов солености воды, поскольку менее плотная речная вода будет растекаться по поверхности морской воды. Эти градиенты сохранятся до очищения взморья ото льда.

В зимний период на будущем взморье должны увеличиться скорости стокового течения под льдом, особенно в бороздинах, повысится уровень взморья, резко сократятся участки, где в зимний период взморье промерзает до дна.

В половодье при зарегулированном стоке уменьшится амплитуда среднемесячных уровней в году, сократится зона стоковых течений, уменьшатся скорости стоковых течений и вынос взвешенных веществ на взморье. Речной сток сосредоточится по основным бороздинам.

Уровень взморья в период половодья будет ниже, чем современный. Огромные осередки морского бара выйдут на дневную поверхность. Уклоны водной поверхности на взморье в половодье уменьшатся (особенно на 1-м км взморья), уменьшится перепад уровня между рекой и морем и повысится влияние стогно-нагонных ветров на уровень взморья. Амплитуда стогно-нагонных колебаний уровня на мелководном взморье в этот период должна увеличиться.

В связи с уменьшением стока в половодье и понижением уровня абсолютная величина температуры воды окажется большей, ее изменение увеличится по мере продвижения от дельты в море. Поскольку на режим солености вод взморья влияет не только величина годового стока Волги, но и распределение его по сезонам, то зарегулирование стока Волги приведет к изменениям в сезонном ее ходе. Положение изогалии будет в течение года более стабильным. В связи с уменьшением стока в половодье изогалины незначительно сместятся, распресненная зона взморья сократится. Таким образом, наибольшая площадь распреснен-

ных вод на взморье окажется зимой, а не летом, как наблюдается в настоящее время.

Увеличение стока зимой, когда ледяной покров на взморье создает подпор воды в дельте, может вызвать повышение уровня в ней и ее частичное затопление. Вследствие повышения уровня и увеличения проточности на мелководном взморье уменьшится «замор» рыб. Однако предполагаемое зарегулирование стока Волги в общем должно значительно ухудшить условия воспроизводства рыбы в дельте и на взморье, так как заливание нижней части дельты и мелководного взморья окажется в период половодья недостаточным для нереста, развития икры и нагула молоди.

Аналогичные изменения в гидрологическом режиме взморья будут отмечаться при зарегулированном стоке и в средний по водности год, только в менее резкой форме.
