

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Состояние гидрологического и гидрохимического режима Каспийского моря связано в первую очередь с изменениями стока рек, вызывающими колебания его уровня. Анализ имеющихся материалов не позволяет ожидать увеличения объема поступающего в море речного стока больше того, который наблюдался за последние 150 лет. Это тем более вероятно, что безвозвратное водопотребление в бассейне Каспия будет возрастать (хотя и необходимы строгие меры по его ограничению). Принимая во внимание, что дальнейшие изменения речного стока останутся в тех же пределах и с той же многолетней периодичностью, как это имело место до сих пор, следует ожидать, что и колебания уровня будут иметь обеспеченность, соответствующую величине стока.

По данным инструментальных наблюдений за последние 150 лет положение среднегодового уровня изменилось от -26 до -29 м БС, т.е. его размах был 3 м. Внутригодовые колебания уровня, зависящие от сезонных изменений стока, составляли 25–50 см.

Антропогенные преобразования речного стока и связанное с ними длительное понижение уровня моря сильнее всего отразились на природных условиях Северного Каспия и устьевых областей впадающих в него рек. Здесь существенно нарушилось экологическое равновесие, ухудшились условия формирования биологической продуктивности.

При уменьшении водности Волги и понижении уровня моря произошло перераспределение стока по рукавам и морскому краю дельты, обмеление и отмирание водотоков, зарастание дельты, уменьшение ее заливания во время половодья, осушение отмелых иерестовых и нагульных акваторий. В устьевой области ослабли динамические процессы (волнение, течения, нагоны) и в то же время наблюдалось осолонение вод устьевого взморья.

В условиях зарегулированного стока сильно изменился режим половодья на Волге: его продолжительность уменьшилась в два-три раза, а пик сместился с июня на май. Сток в половодье уменьшился, а в межень, наоборот, увеличился. Распределение стока по рукавам дельты стало крайне неравномерным: по системе Бахтемира и Волго-Каспийскому каналу проходит около 60% стока, который в основном поступает в западную часть Северного Каспия и транзитом уходит в Средний Каспий. Уменьшение объема стока в половодье и сокращение заливания иерестовых площадей в дельте отрицательно повлияло на воспроизводство рыб, их нагул, формирование кормовой базы молоди рыб.

Между дельтой Волги и морем, на одной из террас, образовалась буферная зона – отмелое устьевое взморье шириной до 50 км. Уровень воды на морском крае дельты превышает уровень моря, и, несмотря на произошедшее общее падение уровня моря, в отмелой зоне он не понижался.

Отмелая буферная зона на устьевом взморье Волги представляет собой своеобразный базис эрозии и может служить естественным препятствием, ограничивающим влияние уровня моря, в случае возможного его понижения, на структуру и динамику гидрографической сети дельты, ее гидрологический режим. Вместе с тем понижение уровня неблагоприятно оказывается на гидрологическом и гидрохимическом режиме приглубого взморья.

В дальнейшем при изменениях уровня в дельте Волги будет происходить выработка продольного профиля водной поверхности и дна русел водотоков, особенно в отмелой зоне устьевого взморья и частичное отмирание водотоков и водоемов при заполнении их наносами. На этих процессах должно оказываться влияние современного продольного профиля отмелой зоны устьевого взморья и уже существующих островов и отмелей. Происходящие и ожидаемые изменения водного режима в устьевой области Волги вызывают необходимость проведения водохозяйственных мероприятий по экономии водных ресурсов, реконструкции гидрографической сети дельты и взморья.

Существенные изменения природных условий произошли в дельте Урала. Здесь наблюдается односторонний процесс сосредоточения стока в одном-двух рукавах, прирост дельты вследствие аккумуляции речных наносов на ее морском крае. Имеющиеся материалы позволяют сделать вывод, что дельта будет развиваться в юго-восточном направлении – в сторону Уральской борозды.

Без проведения технических мероприятий система водотоков Яицкого рукава будет постепенно отмирать, а рукав Золотой останется и в дальнейшем главной судоходной артерией дельты Урала. При поддержании необходимых глубин землечерпанием здесь возможно сосредоточение 75–80% стока реки.

Искусственное перераспределение стока на морском крае дельты при определенных условиях приводит к формированию пионерных дельт, изменению гидрологического режима устьевых взморьев. После вывода реки в новый район побережья устьевое взморье опресняется, изменяется динамика его вод. При этом прежние устьевые взморья, отличающиеся высокой биологической продуктивностью, отмирают. Процесс формирования пионерных дельт четко выражен на западном берегу Каспийского моря – в дельтах Терека, Сулака, Самура, Куры.

Пионерная дельта Терека у прорези через п-ов Уч-Коса (Агреханский) выдвигается в море в среднем на 100–150 м в год. В старой дельте происходит обсыхание земли вследствие значительного уменьшения их затопления во время половодья и паводков. Усиливается наступление барханных песков на старую дельту, увеличивается вынос в дельту морских солей. Некоторое повышение уровня моря уже не сможет изменить направленность этих процессов.

Старая дельта Сулака вследствие зарегулирования стока водохранилищами и сокращения выноса наносов размывается с южной стороны на

10–15 м в год. Новая клювовидная дельта в последние десятилетия в море существенно не выдвигалась, и есть основание считать, что она и дальше не будет расти из-за существенного сокращения речных наносов.

В дельте Самура в связи с уменьшением общей водности реки возникает угроза потери ценного реликтового лесного массива в районе, весьма перспективном для развития курортного строительства. В связи с этим следовало бы предусмотреть увеличение расходов воды в нижнем бьефе Самурского гидроузла во время половодья и паводков для подпитывания фильтрационных потоков, поступающих из русел рукавов дельты к лесным массивам.

Снижение уровня моря привело к постепенному отмиранию части водотоков дельты Куры и формированию двухрукавной дельты лопастного типа на конусе выноса наносов на приглубом устьевом взморье.

Уменьшение поступления в море речной воды, наносов, минеральных и органических веществ, ослабление теплового влияния реки на море, сокращение зоны смешения пресных и соленых вод, уменьшение интенсивности процессов дельтообразования, размыи дельты вследствие дефицита наносов нарушили сложившиеся природные процессы в прибрежной зоне.

Уменьшение водности Куры, сокращение площади опресненной зоны на устьевом взморье могут ухудшить условия естественного воспроизводства рыбных запасов в рассматриваемом районе.

В Северном Каспии сокращение и изменение водужского стока и понижение уровня моря приводят к значительным изменениям распределения солености и биогенных веществ. За последние полвека (1934–1980 гг.) среднегодовая соленость Северного Каспия изменилась от 6,4 до 10,6‰. При низком положении уровня моря наблюдалось повышение средней солености Северного Каспия. В особо маловодные годы (1975–1977) она составила 10,1–10,4‰, более половины акватории было занято водами с соленостью от 2 до 6–8‰.

Уменьшение стока воды в половодье и смещение его пика на более ранние сроки привело к тому, что минимум солености в северной части моря наблюдается теперь в июне–июле, а не в июле–августе, как это было до зарегулирования Волги. Пространственное распределение солености по акватории Северного Каспия стало более неравномерным. В этих условиях возросла роль ветра и течений в формировании поля солености, связанные с ними перемещения водных масс вызывают быстрые и существенные изменения солености в различных районах Северного Каспия. На величины солености, как в летнее, так и в зимнее время оказывают влияние сбросы воды из водохранилищ.

Наибольшие горизонтальные градиенты солености (до 1‰/км) наблюдаются в западной части акватории, куда поступает большая часть волжского стока. На свale глубин в зоне прохождения основной волжской струи формируется интенсивный галоклин. Восточная часть Северного Каспия характеризуется более однородной соленостью. Наблюдения, проведенные в 70-х годах при экстремальном понижении уровня моря показали, что в этой части моря соленость достигала 11,2‰. Причина заключается в том, что уже при понижении уровня моря до отметки –28,5 м рельеф дна препятствует поступлению волжских вод из восточных рукавов дельты в восточную часть Северного Каспия. При этом усиливается компенсацион-

ный подток туда более соленых среднекаспийских вод. Очаг вод с высокой соленостью (до 15‰) образовался в районе архипелага Тюленых островов.

Расчеты будущей солености Северного Каспия, в особенности для отдельных его частей сложны, так как при разном уровне моря условия формирования поля солености, в зависимости от физико-географических и гидрометеорологических факторов, существенно меняются. В целом, как показали наблюдения, при понижении уровня моря до отметки -29 м в Северном Каспии происходило повышение солености. В то же время в районах сбрасывания волжского стока возможно ее понижение. Долгосрочный прогноз солености северной части моря в условиях понижения уровня ниже отметки -29 м нуждается в дальнейших исследованиях.

В западной части Северного Каспия, куда поступает основная часть волжского стока, произошло расширение зон с дефицитом кислорода в придонном слое воды, что отрицательно сказывается на жизни морских организмов.

Главные причины образования дефицита кислорода (гипоксия) – это вертикальное расслоение вод по солености (а также – по температуре) и повышенный расход кислорода на окисление поступающего с речным стоком большого количества органического вещества. Поэтому величина акваторий с дефицитом кислорода зависит от объема стока в половодье: чем он выше, тем на большей площади моря образуется гипоксия. Сокращение размеров гипоксии и улучшение режима солености в Северном Каспии может быть достигнуто путем обеспечения более равномерного распределения волжского стока по рукавам дельты.

Одно из самых неблагоприятных последствий зарегулирования стока Волги – это ослабление обогащения моря питательными солями во время половодья (апрель–июнь). В 50–70-х годах поступление в море минерального фосфора во время половодья сократилось почти вдвое. Такая же устойчивая тенденция прослеживается и для минерального азота. В экстремально маловодные годы концентрация минерального фосфора на большей части акватории Северного Каспия была весьма низкой.

Большую роль в трансформации биогенного стока играет отмеля зона устьевого взморья Волги. Согласно расчетам, в этой зоне летом потребляется до 70% растворенного минерального фосфора и около 50% минеральных форм азота, содержащихся в волжском стоке. Вместе с тем из дельты и отмелой части взморья возрос вынос в море труднomineralизуемой органики. В наибольшей степени трансформации биогенного стока происходит в восточной части взморья Волги, через которую речные воды проходят весьма медленно.

По указанным причинам в середине 70-х годов запасы минеральных форм азота и фосфора в северной части моря снизились более чем на 20%, по сравнению с периодом естественного стока. В то же время запасы органического фосфора и азота существенно возросли из-за его интенсивного поступления из дельты Волги. Вследствие этого отношение $P_{\text{мин}}/P_{\text{орг}}$ в водах Северного Каспия стало равным 1:18. Снижение минеральных форм азота и фосфора привело к уменьшению первичной продукции органического вещества в среднем на 50% [Катунин и др., 1979].

Содержание кремния в водах Северного Каспия после зарегулирования

стока увеличилось, что можно объяснить ухудшением условий пропускания органического вещества фитопланктоном и как следствие — меньшим потреблением кремния диатомовыми водорослями. В 70-х годах в июне и августе, в зависимости от стока Волги и его распределения по акватории Северного Каспия, содержание кремния в разных районах изменилось от 500 до 2000 мкг/л.

В связи с наблюдаемым разделением волжского стока на две основные струи (западную и восточную) в море увеличилась пространственная дифференциация гидрохимических характеристик. В многоводные годы поступающие в море биогенные вещества (в том числе $P_{\text{мин}}$) обогащают преимущественно глубинный район западной части Северного Каспия. В маловодные годы основное количество биогенных веществ потребляется в мелководной предустьевой зоне моря.

В периоды уменьшения речного стока большее значение в формировании режима биогенных веществ в Северном Каспии приобретает водообмен с открытым морем. В некоторых случаях при поступлении среднекаспийских вод происходит обогащение северной части моря минеральным фосфором, при этом его содержание может возрастать от 5–10 до 25 мкг/л и более.

Экосистема Северного Каспия весьма быстро реагирует на изменения в снабжении биогенными веществами, в особенности на поступление минерального фосфора с волжским стоком. Поэтому указанные изменения незамедлительно сказываются на условиях формирования биологической продуктивности.

При понижении уровня моря, уменьшении объема половодья, нежелательные тенденции в изменениях характера биогенного питания Северного Каспия будут прогрессировать. Для улучшения условий формирования его биологической продуктивности необходимо проведение комплекса мелиоративных работ в дельте Волги и отмелой зоне устьевого взморья.

Течения Северного Каспия во многом зависят от ветра, но мелководность водоема, рельеф дна и водообмен между отдельными частями моря обуславливают сложность формирования поля течений. Обобщение данных натурных наблюдений за течениями показало, что в соответствии с преобладающими ветрами основной перенос вод происходит вдоль главной оси бассейна — на юго-запад и северо-восток. Средние скорости течений составляют 10–20 см/с, максимальные превышают 70 см/с.

Быстрое развитие процессов перемешивания в Северном Каспии способствует формированию течений от поверхности до дна в одном направлении. В то же время в условиях резкой вертикальной стратификации вод по плотности могут наблюдаться и двухслойные течения, например, на устьевом взморье Волги. Связь течений с ветром зависит от нескольких факторов: направления и времени действия ветра, физико-географических особенностей того или иного района моря. Поэтому, кроме построения адекватных схем течений всего Северного Каспия по данным инструментальных наблюдений, необходимо исследование режима течений путем численного моделирования.

Расчеты циркуляции вод Северного Каспия, впервые проведенные по нестационарной нелинейной модели, подтвердили результаты наблюдений. Они показали, что течения соответствуют направлению ветра только в

начальное время его действия, а в дальнейшем происходит формирование локальных крутоворотов, обусловленных приспособлением поля течений не только к полю ветра, но и к рельефу дна и конфигурации береговой линии.

Изучение стоянно-нагонных явлений в Северном Каспии позволило выделить две зоны наиболее сильных нагонов: западное побережье и район морского устьевого бара Волги от Брянской косы до о-ва Новинский и восточное побережье. Высота наибольшего нагона у г. Каспийского может достигать 4 м. Знание условий развития нагонов в этих районах, возможность их прогнозирования представляют первостепенную важность как для расчетов водного баланса моря, так и для использования при хозяйственной деятельности в прибрежной зоне.

В Среднем и Южном Каспии процессы, формирующие гидрологическую структуру, в совокупности обеспечивают интенсивный горизонтальный и вертикальный обмен вод. Это ветровое волнение и течения в верхнем слое, градиентные течения в глубинных слоях; активно развитые процессы осенне-зимней конвекции, придонная конвекция в Южном Каспии; летом — запвеллинг в прибрежных районах Среднего Каспия, особенно вдоль восточного берега; перемешивание за счет внутренних волн в термоклине.

Обобщение накопленных в последние десятилетия материалов наблюдений за течениями, сопоставление их с результатами расчетов циркуляции вод, использование современных методов анализа дало возможность существенно развить представления о характере течений в Каспийском море, установить новые их особенности. Так, рассмотрение с позиций современной теории материалов съемок течений у западного берега Среднего Каспия [Штокман, 1938] показало, что в зоне вдольберегового течения существует реальная возможность образования нестационарных вихрей. Вероятные причины их генерации — топография дна, конфигурация береговой линии и процессы горизонтального турбулентного обмена. Подробное изучение течений в этом районе современными методами позволит получить интересные сведения, касающиеся их изменчивости, связанной с процессами вихреобразования.

Результаты статистического анализа долговременных наблюдений за течениями, проведенных в Южном Каспии в 1975–1979 гг., позволили, по существу, впервые оценить синоптическую изменчивость течений, зависимость их спектрального состава от ветрового воздействия и вертикальной гидрологической структуры.

Сопоставление зависимости между ветром и течениями в прибрежных и открытых районах моря показало, что вблизи берегов на малых глубинах она слабее, чем на глубоководных станциях. Это связано со значительным влиянием, оказываемым на изменчивость течений в прибрежной зоне рельефом берегов и дна.

В спектрах колебаний течений и гидрологических характеристик в районах открытого моря наиболее четко выделяются четыре принципиально обусловленных периода: естественный синоптический, квазинерционный, полусуточный и 9-часовой сейшевый. В прибрежной зоне спектральный состав колебаний течений значительно более сложный. С глубиной энергия мезомасштабных колебаний уменьшается, особенно в летний сезон из-за влияния термоклина.

Основной энергетический источник мезомасштабной изменчивости течений в открытом море, кроме инерционных движений, — это ветровое воздействие на водную толщу, имеющее не локальный, а региональный характер. Связи локального воздействия ветра с изменчивостью течений статистически обусловлены слабо. Количество наблюдений за течениями в открытых районах Каспийского моря, особенно на глубинных горизонтах все еще остается недостаточным. Это существенно осложняет изучение течений, закономерностей их развития и пространственно-временной изменчивости.

В отсутствие ветра циркуляцию вод Каспийского моря определяют в основном геострофические течения. Новые схемы динамической топографии, построенные для разных сезонов, показывают, что геострофическая циркуляция в Среднем и Южном Каспии существенно перестраивается от зимы к лету и от лета к осени, в связи с тем, что в это время резко изменяется термическая структура верхнего слоя моря.

На большинстве новых схем течений в Среднем Каспии преобладает циклоническая циркуляция вод, а в западной части Южного Каспия — антициклоническая. В центральной части Южного Каспия выделяется слабое движение вод различных направлений. Такой характер циркуляции в общем соответствует полученным ранее средним многолетним схемам геострофических течений для зимнего и летнего сезонов.

Скорости геострофических течений наиболее значительны вдоль западного берега Среднего Каспия (10–15 см/с и больше), на остальной акватории преобладают слабые течения (2–5 см/с). Зимой вертикальная структура весьма однородна во всех слоях воды, а летом поле течений существенно упрощается ниже термоклина. Поскольку в этот сезон во многих районах моря чаще устанавливаются слабые ветры переменных направлений, поле реальных течений летом с большей вероятностью может быть аппроксимировано геострофическими течениями, чем осенью и зимой.

Расчеты суммарных течений по диагностической модели, с учетом совместного влияния ветровых полей, бароклиности, распределения плотности и рельефа дна, подтвердили, что в верхнем слое 0–10 м течения направлены по ветру, причем с увеличением пути ветра над морем ("разгона" вод) направления течений становятся более устойчивыми, а скорости растут. На горизонтах 20–30 м образуется компенсационное движение вод. Такая структура течений согласуется с данными долговременных наблюдений на автономных буйковых станциях. Ниже слоя трения, на горизонтах 50–100 м в поле суммарных течений образуется четкий циклонический круговорот в Среднем Каспии; в северо-западном районе Южного Каспия преобладает антициклоническое движение вод. Скорости суммарных течений значительно больше, чем градиентных, особенно в верхнем слое, где определяющее влияние на циркуляцию вод оказывает ветер.

Наиболее важные задачи в изучении течений — это накопление данных наблюдений, особенно в глубоководных районах Каспия, и вместе с тем построение прогностических моделей циркуляции вод, реально отражающих природные условия моря.

Существование в Каспийском море в летний сезон резко выраженного термоклина не только влияет на вертикальную изменчивость течений, но и служит причиной возбуждения короткопериодных внутренних волн.

Экспериментальные исследования, проведенные в 1972–1975 гг., показали, что преобладают колебания первой моды, затухающие от центра термоклина к поверхности и дну моря по экспоненте. Периоды внутренних волн изменяются от 1–3 до 10–30 минут, длина – от 20 до 100 м, высота – 1–6 м. В летние месяцы внутренние волны могут оказывать ощутимое влияние на распределение гидрологических характеристик в области термоклина.

Ведущая роль в формировании гидрологической структуры в глубоководных бассейнах моря, обмене в толще вод принадлежит процессам конвективного перемешивания. Анализ зимней вертикальной циркуляции в Среднем и Южном Каспии в 1956–1975 гг. позволил более детально определить зависимость ее развития от характера зимы. В разные по суровости зимы толщина охваченного перемешиванием слоя изменялась в широких пределах: в Среднем Каспии – от 150–200 м до дна, в Южном – от 80 до 100–150 м. В слое распространения зимней вертикальной конвекции наблюдается высокое содержание кислорода, особенно в Среднем Каспии, где оно на 1–2 мл/л больше, чем в глубже расположенной толще воды. В глубинных слоях Южного Каспия в зависимости от условий развития зимней вертикальной циркуляции различия в содержании кислорода достигали 4 мл/л.

Вентиляция придонных вод в зимнее время происходит благодаря плотностному стоку холодных, богатых кислородом вод с мелководий в северных и восточных районах моря в глубинные слои (шельфовый эффект). Благодаря плотностному стоку в средней части моря в слое от 400 м до дна содержание кислорода примерно на 1 мл/л больше, чем в промежуточных слоях воды.

Шельфовый эффект наблюдается и в Южном Каспии, где летом на восточном шельфе образуются воды с повышенной соленостью. Осенью и зимой при охлаждении они опускаются в глубинные слои южнокаспийской впадины. Важная роль плотностного стока в перемешивании придонных вод подтверждается тем, что величина внутригодовой изменчивости гидрологических характеристик больше всего не только в верхнем слое моря, но и в придонном.

Величина многогодовых изменений температуры воды в 1962–1978 гг. уменьшилась от 3,5–6,5° на поверхности моря до 0,5–1,0° на горизонте 600 м. В годы с суровыми зимами в феврале на горизонтах 50 и 100 м выделяется тонкий промежуточный слой, который с началом весеннего прогрева моря нивелируется.

Среднее многолетнее распределение температуры воды в Среднем и Южном Каспии в 70-х годах показало, что по сравнению с 50–60-ми годами температура в глубинных слоях осталась в пределах, определенных ранее для глубинных водных масс моря.

Средняя многолетняя соленость в открытом море в 50-х годах составляла 12,85‰. В 70-х годах в толще вод Среднего и Южного Каспия глубже 100–150 м преобладала соленость 13,0–13,1‰. В поверхностном слое в современных условиях увеличились различия в солености по акватонии моря. Это особенно заметно в северо-западной части Каспия, где происходит сопроточение волжского стока и наблюдаются значительные горизонтальные градиенты солености.

Статистические оценки межгодовой изменчивости гидрологических характеристик в Среднем и Южном Каспии были получены в результате расчета за 1961–1979 гг. среднегодовых аномалий температуры воды, солености и содержания кислорода в слое 0–200 м, а также внешних факторов – стока Волги и величины суховости зим. В межгодовом ходе аномалий выделяются квазициклические колебания с периодами от двух до пяти лет. Наиболее четко они проявляются для внешних факторов, температуры воды на поверхности, содержания кислорода на горизонтах 100 и 200 м.

Для температуры поверхностного слоя воды и содержания кислорода на горизонте 200 м в Среднем Каспии среднее квадратическое отклонение оказалось больше всего, наименьшими изменениями отличается соленость. В Среднем Каспии изменения солености и содержания кислорода больше, чем в Южном, что отражает большее влияние рассматриваемых внешних факторов на гидрологические процессы в средней части моря.

Наиболее четкие тенденции за рассмотренные годы – это уменьшение стока Волги до 1978 г., увеличение суховости зим в 1969–1976 гг. и связанное с этими факторами понижение температуры воды на поверхности в Среднем Каспии, небольшое увеличение солености в обеих частях моря и повышение содержания кислорода во всей толще вод.

Анализ межгодовых изменений гидрологических характеристик в разные сезоны показал, что в 70-е годы температура воды в Среднем Каспии понизилась на 0,1–0,3° (влияние суховости зим), в Южном – осталась без изменений; соленость увеличилась в средней части моря на 0,2‰, в южной – на 0,1‰ (следствие уменьшения стока Волги).

Проведенный анализ подтвердил, что, несмотря на значительную устойчивость гидрологических условий в Среднем и Южном Каспии, происходящие под воздействием внешних факторов изменения прослеживаются во всей толще вод. Это свидетельствует об активности процессов обмена в море.

С особенностями гидрологического режима моря тесно связаны тенденции изменения гидрохимических условий. Так, усиление конвективного перемешивания в море после падения его уровня в 30-х годах способствовало повышению аэрации глубинных и придонных слоев воды, улучшению снабжения их кислородом. Этот процесс, в несколько меньшей степени, развивался и в последующие десятилетия. Содержание кислорода в толще вод Среднего и Южного Каспия увеличилось в 70-х годах по сравнению с 50-ми годами на 0,5–0,3 мл/л, а относительно 30-х годов соответственно на 1,0–0,8 мл/л. Вследствие усиления аэрации глубинных вод активнее стали процессы фотосинтеза в море, особенно в Южном Каспии. Об этом свидетельствует повышение процентного насыщения вод кислородом.

Определенный вклад в увеличение содержания растворенного кислорода в море внесло также повышение водяного стока в осенне-зимний сезон. Доля кислорода, поставляемого рекой, в приращении общего его запаса в море от 50-х к 70-м годам доходит до 20%. Значительное улучшение аэрации глубинных слоев Каспия в последние десятилетия – важное условие для формирования высокой биологической пропускной способности в глубоководных частях моря.

За последние десятилетия в толще вод моря во все сезоны возросла

величина рН, в особенности в верхнем слое вследствие усиления фотосинтетической деятельности. В придонных слоях наибольшее повышение величин рН отмечено зимой, что служит дополнительным подтверждением улучшения вентиляции придонных вод.

По сравнению с результатами работ, проведенных на Каспии в 30-х годах, произошли значительные изменения в распределении биогенных веществ в толще вод, структуре их полей. Количественные и качественные изменения химического стока Волги, сильнее всего отразившиеся в Северном Каспии, не могли не сказаться и на балансе биогенных веществ в глубоководных частях моря. Вместе с тем наблюдаемое здесь усиление вертикального обмена и аэрации придонных слоев способствовало вовлечению в процессы формирования биопродуктивности запасов биогенных веществ из зоны их аккумуляции, и, возможно, из донных отложений.

Связь процессов перемешивания с распределением биогенных веществ в море подтверждается тем, что в разные по суровости зимы концентрация фосфатов может изменяться примерно на порядок. Активный обмен в толще вод – причина того, что в Среднем Каспии глубже 400 м отмечались случаи понижения количества минерального фосфора по сравнению с вышележащими слоями. В Южном Каспии это явление наблюдалось редко.

В зимний сезон происходит обогащение эвфотического слоя минеральным фосфором, и в это время наблюдается обеднение фосфатами придонных слоев. Весной и летом, с увеличением процессов потребления в эвфотическом слое, запас биогенных веществ в нем уменьшается, а в глубинных слоях достигает максимума. Пространственное распределение минеральных форм фосфора и азота в весенне-летний сезон в Среднем и Южном Каспии характеризуется уменьшением концентраций с запада на восток и с севера на юг.

Сравнение вертикального распределения биогенных веществ в море в 1934, 1958–1963 и 1964–1981 гг. показало устойчивый рост количества фосфатов в эвфотическом слое, особенно в Южном Каспии, и уменьшение в зоне накопления. Количество нитратов в глубинных слоях за 1964–1981 гг. уменьшилось в 3–4 раза. В современных условиях в биопродукционные процессы вовлекается около 80% зимнего запаса нитратного азота. Биогенные вещества, в том числе в глубинных слоях моря, представлены в основном органическими формами, интенсивность образования органического вещества, вероятно, значительно превышает скорость его минерализации.

Таким образом, в море прослеживается тенденция дальнейшего снижения запаса минеральных форм биогенных веществ, что свидетельствует об их интенсивном потреблении. Четкая вертикальная гидрохимическая стратификация моря по зонам, выделенным в 30-х годах С.В. Бруевичем, в настоящее время отсутствует. Усиление процессов перемешивания в море привело к уменьшению вертикальных градиентов биогенных веществ, способствовало улучшению условий формирования биологической продуктивности.

Несмотря на то, что изменения гидрологических и гидрохимических условий в разных районах Каспия имеют различную величину и происходят не всегда одновременно, море в целом реагирует на внешние воздействия как водоем с единым типом гидрологического режима.

В конце 70-х годов началась новая перестройка режима Каспия, связанная с увеличением волжского стока и повышением уровня моря. Наблюдения показали, что в Северном Каспии изменились величины и распределение солености и биогенных веществ в благоприятном для экологии водоема направлении: уменьшилась соленость прежде всего в западной части акватории, возросло количество минерального фосфора. В то же время количество кремния уменьшилось, что связано с улучшением условий продуцирования органического вещества фитопланктоном и как следствие — большим потреблением кремния диатомовыми водорослями.

Соленость Северного Каспия с 1977 по 1983 гг. понизилась примерно на 0,2–0,5%. В соответствии с экстремально высоким стоком Волги наибольшее опреснение северной части моря наблюдалось в 1979 г., когда, например, по данным гидрометстанции о-ва Тюлений летом среднемесячная соленость, по сравнению с 1977 г., была ниже на 3–5%. Меньшим объемам волжского стока в 1980–1983 гг. соответствовали большие величины солености.

Из анализа таких своеобразных "возвратных" ситуаций следует важный вывод о том, что происходящие в Северном Каспии изменения пока не имеют необратимого характера и, при увеличении речного стока в море, довольно быстро восстанавливаются условия, способствующие активному развитию биопродукционных процессов.

В Каспийском море и в дальнейшем будут происходить сложные изменения природных условий под влиянием как естественных, так и антропогенных факторов. Поэтому важное значение имеет проведение комплексных наблюдений за основными гидрологическими и гидрохимическими характеристиками моря как в определенных его районах, на специально выбранных полигонах, так и по всей акватории. Особое внимание следует уделять наблюдениям в районах, отличающихся наибольшей изменчивостью, таких, как Северный Каспий и устьевые области рек.

Первостепенную важность имеет изучение водного, солевого и химического баланса отдельных частей моря и водоема в целом. На этой основе может быть создан прогноз состояния экосистем Каспия под влиянием ожидаемых изменений его режима.

Для успешного решения указанных научных задач необходимо совершенствование методов и путей получения и использования информации о природных условиях водоема, включая дистанционные и спутниковые наблюдения.

Результаты всех исследований и прогнозов должны быть направлены на решение главных проблем Каспийского моря: оптимизация водного режима и уровня, защиты вод от загрязнения и повышения биологической продуктивности.