
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ,
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ**

УДК 556.048

АЗОВО-ДОНСКАЯ ВОДНАЯ ПРОБЛЕМА

© 2020 г. М. В. Болгов^а, *, А. И. Беляев^б, А. М. Пугачева^б,
М. В. Власенко^б, М. В. Шульгин^с

^аИнститут водных проблем РАН, Москва, 119333 Россия

^бФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
Волгоград, 400062 Россия

^сЦентр развития ВХК, Москва, 123376 Россия

*e-mail: bolgovmv@mail.ru

Поступила в редакцию 27.04.2020 г.

После доработки 07.06.2020 г.

Принята к публикации 10.06.2020 г.

Рассмотрен комплекс водохозяйственных проблем, сложившийся в бассейне р. Дон в связи с происходящими изменениями гидрологического режима рек, ростом требований к надежности обеспечения водными ресурсами отраслей экономики. Несмотря на сокращение объемов производства и водопотребления, в бассейне не произошло улучшения экологического состояния водных объектов, обострились многие проблемы, ухудшилась экологическая ситуация в целом, сократилась рыбопродуктивность Азовского моря. Результаты гидрохимических наблюдений в бассейне Дона указывают на ухудшение качества вод. Рассмотрены предлагавшиеся мероприятия, направленные на улучшение водохозяйственной обстановки. Показано, что не оправдались выпущенные в 1970-х гг. прогнозы водопотребления и изменения водной среды. Рассмотрены пути решения проблемы водообеспечения в Азово-Донском бассейне.

Ключевые слова: бассейн Дона, Азовское море, водное хозяйство, речной сток, климатические изменения, регулирование стока, переброска стока, водопотребление.

DOI: 10.31857/S0321059620060036

ВВЕДЕНИЕ

Понимание водохозяйственной ситуации, складывавшейся в бассейнах южных морей территории СССР как проблемной произошло в 1970-х гг. в связи с интенсивным развитием промышленности, сельского хозяйства, водного транспорта, с завершением реализации обширных планов гидротехнического строительства. Развитие экономики сопровождалось ростом водопотребления, в том числе безвозвратного, серьезными изменениями гидрологического режима, сбросом в водные объекты значительного количества сточных вод либо недостаточно очищенных, либо без очистки, что приводило к деградации водных экосистем, существенному ущербу водных биоресурсов.

Развитию водопользования сопутствовали планы по глобальному переустройству водного хозяйства. Разрабатывались схемы комплексного использования водных ресурсов, схемы переброски стока северных рек в бассейн Волги и Дона, реализовывались разнообразные региональные проекты улучшения водохозяйственной обстановки (регулирования и переброски стока,

улучшения воднотранспортной инфраструктуры, снижение водоемкости продукции и пр.).

Новые к тому времени проекты требовали развития научных методов, обеспечивающих решение задач проектирования, планирования водопотребляющих отраслей экономики, прогнозирования рисков реализации крупных проектов, особенно в части непредсказуемых последствий их строительства и эксплуатации. Решение научных и практических задач сопровождалось развитием системы мониторинга, что позволяло получать количественные оценки требуемых расчетных параметров и характеристик.

Интенсивное освоение природных ресурсов в процессе развития экономики страны сопровождалось отсутствием экосистемного взгляда на природные процессы. Последовавший переход к рыночной экономике привел к кардинальному изменению планирования как в целом в экономике, так и в водном хозяйстве. Программа развития орошаемого земледелия была практически свернута, резко сократились инвестиции и в другие отрасли экономики, связанные с использованием водных ресурсов. Существенно сократилась сеть мониторинговых наблюдений. Возник целый

ряд проблем управления водным хозяйством, связанных с хроническим недофинансированием мероприятий, отсутствием комплексного подхода и ведомственной разобщенностью при планировании использования водных ресурсов и водных объектов. Такая ситуация сложилась в целом ряде регионов, в первую очередь – в вододефицитных областях Российской Федерации.

Из упомянутых проблемных регионов на территории Российской Федерации в настоящее время весьма сложно в бассейне Азовского моря. Пути решения проблемы Азовского моря обсуждались в целом ряде проектов в рамках широкой программы исследований возможностей управления водно-ресурсными системами СССР, которые по ряду обсуждаемых ниже причин так и не были реализованы.

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО РЕГИОНА

Бассейн Азовского моря характеризуется высоким уровнем развития отраслей экономики. Этот регион – одновременно и крупный центр машиностроения, угольной промышленности и металлургии, и зона развитого сельскохозяйственного производства и рыбного хозяйства. Пахотные земли на территории бассейна на начало 1980-х гг. занимали >30 млн га, что в сочетании с большой продолжительностью вегетационного периода и высокой плотностью населения было предпосылкой интенсивного развития орошаемого земледелия. Необходимо отметить большое водотранспортное значение р. Дон.

Территория бассейна р. Дон – один из самых обжитых и экономически развитых районов России, где проблема обеспечения водой отраслей экономики и населения – одна из основных. Хозяйствующие субъекты водопользования бассейна – объекты водоснабжения всех категорий (промышленное, коммунально-бытовое, сельскохозяйственное и пр.), объединенные по отраслевому, территориальному и административному признакам. Незначительной величиной безвозвратного изъятия стока отличается использование водных ресурсов для водоснабжения городов, промышленных предприятий, сельских населенных пунктов, для обводнения пастбищ. Водопользователи, которые используют водные ресурсы без изъятия из водного объекта, – водный транспорт, гидроэнергетика, естественное воспроизводство рыбных запасов Азово-Донского рыбопромыслового района.

Здесь развиваются орошаемое земледелие, рыбное хозяйство, водный транспорт, энергетика. Орошаемое земледелие – одна из наиболее водоемких и динамично развивающихся отраслей сельскохозяйственного производства в бассейне

р. Дон. Однако по причине отсутствия финансового обеспечения отрасли с начала 1990-х гг. произошло существенное снижение площади орошаемых земель. В этих условиях при реорганизации крупных хозяйств орошаемые массивы дробились, а технологические режимы работы оросительных систем не сохранялись, хозяйства переводили мелиорированные земли в уголья менее ценных категорий, отмечался спад объемов ремонтных работ на насосных станциях, каналах, гидротехнических сооружениях, трубопроводах; парк дождевальных и поливных машин за несколько лет сократился вдвое. Объем воды, используемой на нужды орошения в бассейне р. Дон, за последние 27 лет сократился более чем в 3 раза (с 2374 млн м³ в 1990 г. до 764 млн м³ в 2016 г.) [24].

По территории региона протекают 4 крупные (Дон, Хопер, Северский Донец, Медведица), 30 средних и 1703 малых рек, проходят 22 крупных канала, наиболее крупные из которых: Днепр–Донбасс (263 км), Северский Донец–Донбасс (133), Правогорлыкский (123), Донской магистральный (112), Волго–Донской судоходный (101 км). Несколько тысяч каналов относятся к группе ирригационных (распределительные, межхозяйственные, внутрихозяйственные и дренажные) и находятся на Нижнем Дону. К судоходным каналам относятся Нижне-Донской, Волго–Донской, Манычский, к обводнительным – Днепр–Донбасс, Невинномысский, Северский Донец–Донбасс. На территории бассейна также размещено 43 водохранилища в основном сезонного регулирования объемом более 10 млн м³. Крупнейшие из них: на территории РФ – Цимлянское (23860 млн м³), Воронежское (204), Матырское (144), Белгородское (76), Старооскольское (203); на территории Украины – Чернооскольское (445), Печенежское (383), Краснопавловское (414), Углегорское (162), Мироновское (76.3 млн м³). Каскад водохранилищ, включая оз. Маныч–Гудило, построен на р. Западный Маныч. На территории России насчитывается более 12 тысяч прудов и малых водохранилищ общей емкостью ~10 млн м³. Из более чем 8400 прудов общего водопользования большая часть находится в верховьях Северского Донца, в восточной части Верхнего Дона, на Нижнем Дону. На территории Украины в бассейне р. Северский Донец расположено свыше 240 малых водохранилищ и прудов.

В регионе установлены природоохранные требования в части изъятия водных ресурсов для каждого водохозяйственного участка и приняты утвержденные Росводресурсами нормативы допустимого безвозвратного изъятия стока [14]. Оценка соблюдения установленных природоохранных требований проводится путем сравне-

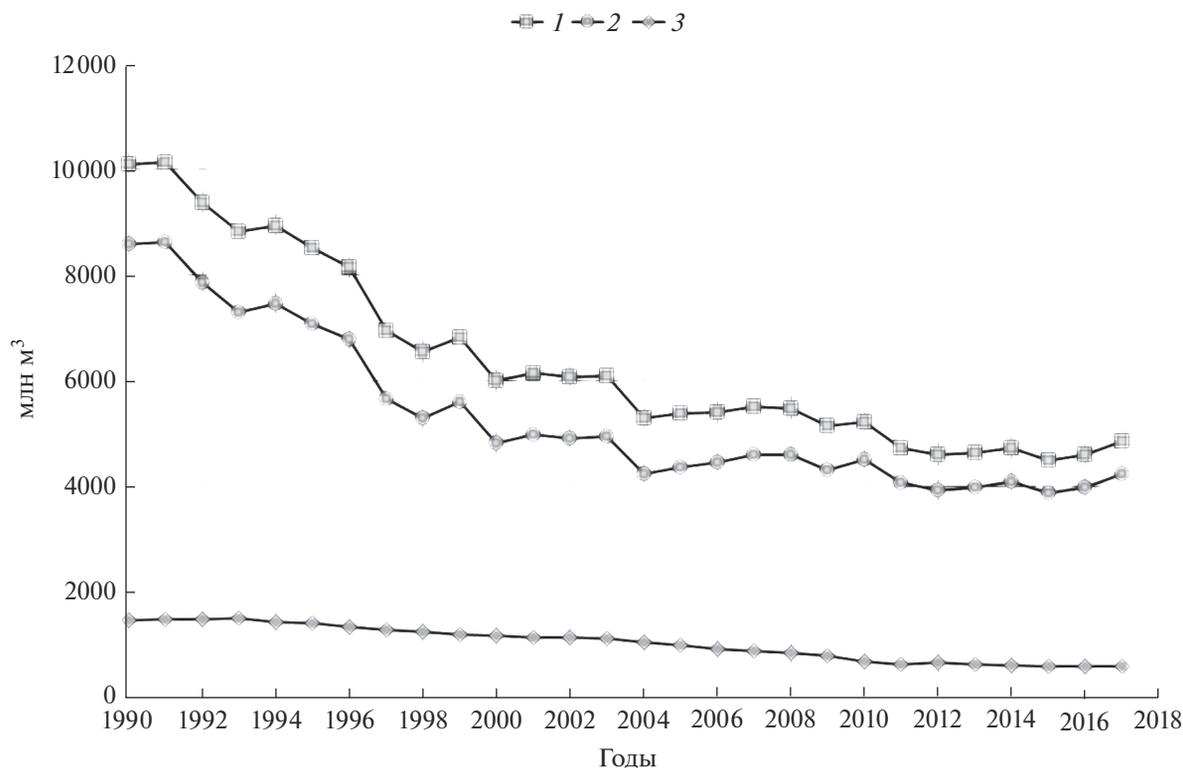


Рис. 1. Динамика забора воды в бассейне р. Дон в период 1990–2017 гг., млн м³ [24]: 1 – забрано всего, 2 – из поверхностных источников, 3 – из артезианских скважин.

ния утвержденного норматива допустимого безвозвратного изъятия стока и фактического безвозвратного изъятия стока по водохозяйственным участкам.

Современная ситуация в водном хозяйстве характеризуется резким сокращением объемов водопотребления в конце XX в. и некоторой стабилизацией в последние годы, изменением структуры экономики регионов (рис. 1).

Снижение объемов забора воды и сбросов сточных вод с разной степенью интенсивности произошло во всех отраслях экономической деятельности. Наиболее водозатратная сфера экономики – промышленность, на долю которой в 2018 г. приходилось >58% общего водопотребления.

Важно отметить, что при этом не произошло улучшения экологического состояния водных объектов, обострились многие не решаемые годами водные проблемы. Не оправдались прогнозы (сделанные в 1970-х гг.) роста водопотребления и изменения водной среды, улучшения качества воды в реках, развития позитивных процессов по берегам рек, озерам, водохранилищам и морям, улучшения ситуаций по эвтрофикации водоемов и деградации ландшафтов. Так, например, результаты гидрохимических наблюдений в бассейне

Дона за период 1995–2017 гг. указывают на ухудшение качества вод по концентрации БПК₅ (рис. 2).

В последние годы увеличивается соленость воды в Азовском море, не выдерживаются условия для естественного воспроизводства водных биоресурсов, сложным остается управление водохозяйственным комплексом в Азово-Донском регионе, в том числе и по причине недостаточно оправдываемых долгосрочных гидрологических прогнозов.

В настоящее время во всех субъектах федерации на территории бассейна р. Дон качество воды в источниках нецентрализованного водоснабжения по микробиологическим показателям существенно выше, чем по санитарно-химическим. Ситуация с обеспеченностью населения питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности, улучшается медленно; причем сельские жители обеспечены доброкачественной водой на значительно более низком уровне, чем городские.

Качество водных ресурсов и речной сток крупных водных артерий в Азово-Донском регионе во многом определяют малые реки, экологические проблемы которых также связаны с высокой антропогенной нагрузкой, указывающей на напряженную хозяйственную деятельность и на использование водных ресурсов для обводнения, водоснабжения и водоотведения в рыбном, сель-

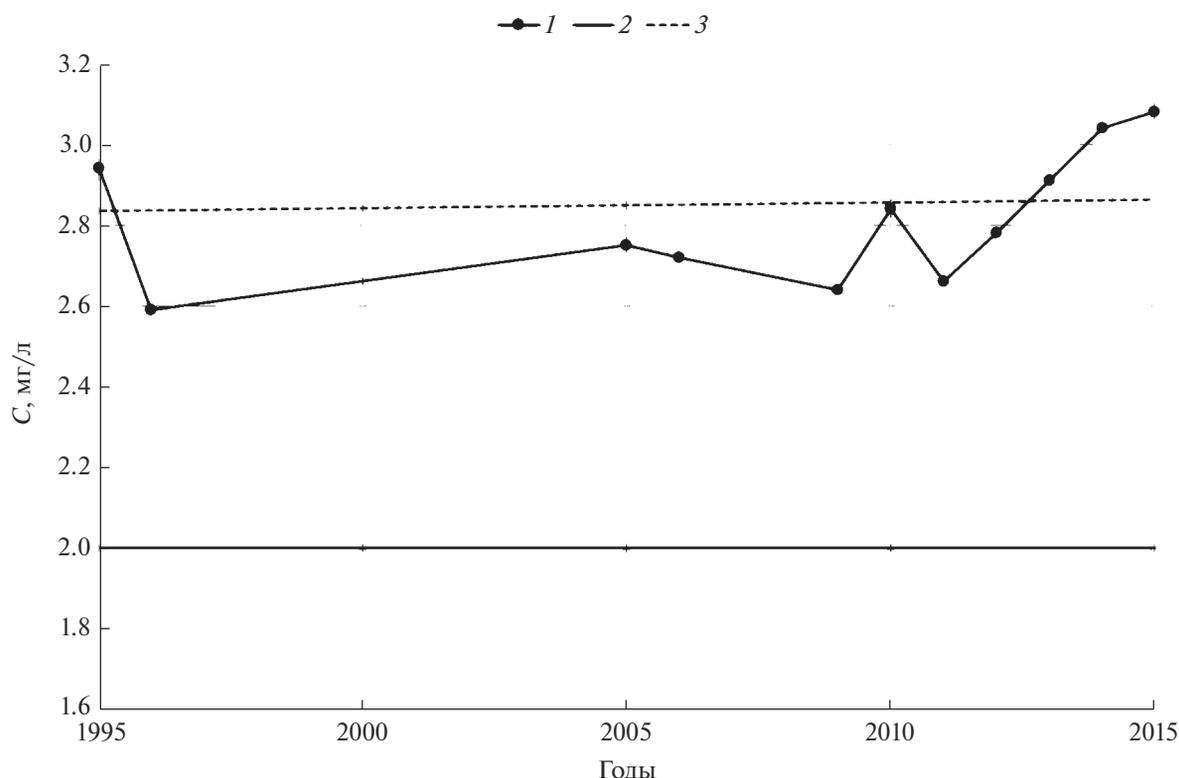


Рис. 2. Изменение среднегодовой концентрации БПК₅ — C в среднем по всем пунктам наблюдений в бассейне Дона за период 1995–2017 гг. (по данным гидрохимических ежегодников [18]): 1 — БПК₅, 2 — ПДК, 3 — линейный тренд (БПК₅).

ском, промышленном и других хозяйствах. Реки бассейна загрязняются животноводческими комплексами, промышленными предприятиями, оросительными системами. На качество вод оказывает влияние нерегулируемый смыв загрязняющих веществ с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий. Напряженная антропогенная нагрузка привела к таким негативным процессам, как заиление русел, утрата водотоками дренирующей способности, пойменное заболачивание, подъем уровня грунтовых вод и т.д. Наиболее загрязненными водами характеризуются малые водотоки бассейна Нижнего Дона (Тузлов, Грушевка Аюта, Кадамовка, Малый Несветай, Темерник). В настоящее время в бассейне р. Дон в расчистке нуждаются участки малых рек протяженностью ~7.3 тыс. км.

К деградации малых рек ведет высокая степень зарегулированности стока, которая способствует отложению наносов и накоплению загрязняющих веществ. Сток в бассейнах малых рек регулируется прудами и водохранилищами. Основная часть прудов организована без соблюдения действующих норм для строительных и специальных работ, и большинство из них не используется или используется для борьбы с ростом оврагов и для предохранения от руслового заиления. Ликвидация

и переоборудование прудов не инженерного типа в бассейнах малых рек будут способствовать предупреждению засорения, заиления и истощения водных ресурсов.

Для водных объектов, характеризующихся неудовлетворительным состоянием, требуются неотложные водоохранные мероприятия, так как стабильный характер загрязнения вод угрожает водным экосистемам, ведет к потере хозяйственного значения водных объектов, к деградации и истощению водных ресурсов региона. В Российской Федерации в соответствии с «Водной Стратегией РФ до 2020 года» реализуется комплекс мероприятий, направленных на снижение нагрузки на водные объекты. Так, например, для бассейна р. Волги эти мероприятия сведены в приоритетный проект «Оздоровление Волги» и их реализация в недалеком будущем позволяет надеяться на существенное улучшение состояния водных ресурсов Волжского бассейна [19].

Для бассейнов Дона и Кубани — основных водотоков, впадающих в Азовское море, — таких комплексных программ сегодня нет. Имеются, конечно, «Схемы комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО)» для всех бассейнов рек на территории РФ, в том числе и для Дона и Кубани [24]. Но задачи, которые рас-

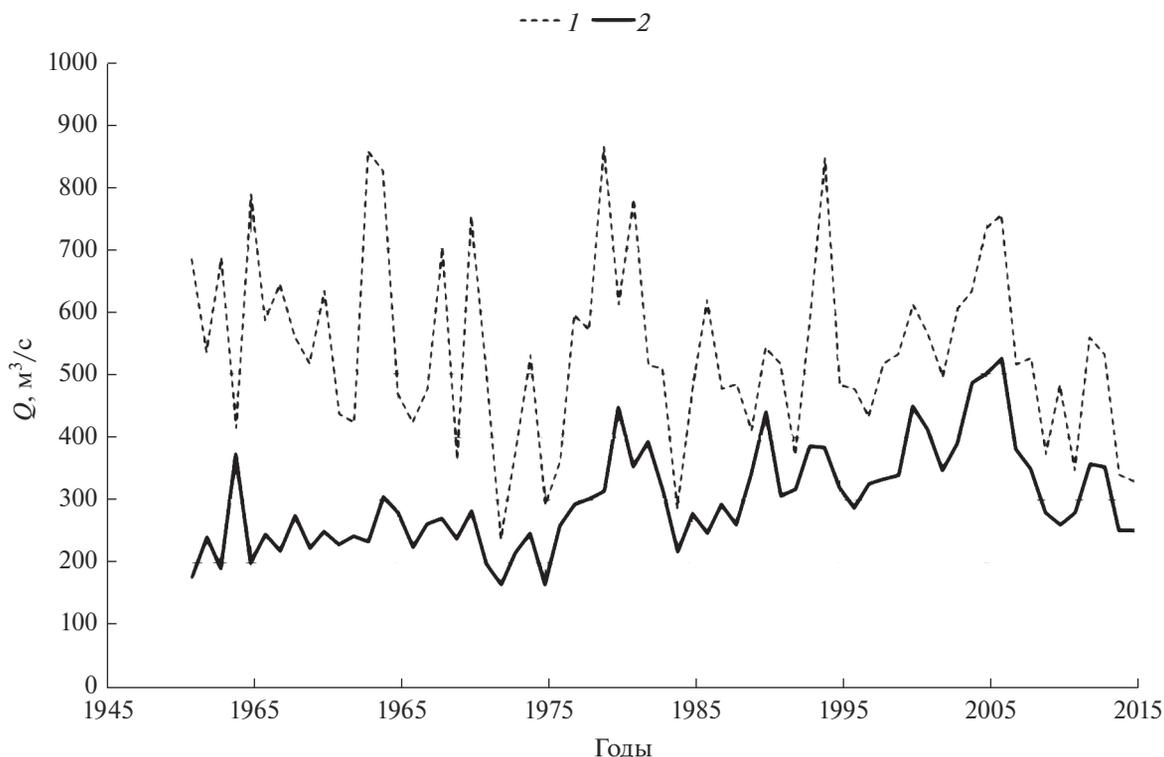


Рис. 3. Изменение стока р. Дон у х. Беляевского за 1951–2015 гг., 1 – среднегодовой сток, 2 – средний за лимитирующий период (VI–II – месяцы с июня текущего года по февраль следующего).

смаатриваются в этих документах, запланированы “от достигнутого уровня”, ограничены располагаемыми ресурсами, слабо ориентированы на стратегию развития регионов, обсуждение которой в большей части СКИОВО отсутствует. Кроме проблемы отсутствия надежных методов планирования и прогнозирования развития экономики в новых рыночных условиях, возникли новые задачи, связанные с происходящими в мире и на территории России климатическими изменениями. Глобальное потепление привело к заметным региональным изменениям гидрологического режима, имеющим специфический характер. По данным работы [25], можно утверждать, что водные ресурсы изучаемых регионов заметно не изменяются, но весьма существенно их перераспределение в течение года. Данные гидрологических наблюдений, представленные в виде хронологических графиков стока р. Дон за год и за лимитирующий период, свидетельствуют о существенном изменении межлетнего стока в бассейне (рис. 3). Дискуссия на эту тему подробно представлена в работах [4, 10] и многих других.

В бассейне р. Дон, в отличие от других регионов РФ, произошли весьма значительные изменения водного режима, изменились условия водопользования, в силу новых геополитических проблем усложнились задачи управления водны-

ми ресурсами трансграничных бассейнов, изменился в результате использования и регулирования речного стока гидрологический режим Азовского моря, резко сократилась его биопродуктивность.

Произошедшие изменения гидрологического режима требуют усложнения-методов гидрологического прогнозирования, методов определения расчетных гидрологических характеристик. Требуются новые подходы к управлению водохозяйственными системами, учитывающие нестационарность климатических условий.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И СОЛЕНОСТЬ ВОДЫ В АЗОВСКОМ МОРЕ

Азовское море имеет площадь водной поверхности 37 тыс. км² и объем воды 320 км³ при средней глубине 9 м. Море соединяется с Черным морем Керченским проливом, минимальная ширина которого 5 км. Большой объем пресного (материкового) стока приводит к пониженной (по сравнению с Черным морем) солёности, которая плавно нарастает от Таганрогского залива к Керченскому проливу [22].

По данным [21], среднее значение естественного притока воды к Азовскому морю составляет 41 км³/год при коэффициенте вариации $C_v = 0.28$. Видимое испарение оценивается в 21 км³/год.

Средняя соленость в естественных условиях менялась от 9.5 до 12.6‰. В отдельные годы с пониженным стоком пресный баланс моря сокращался до нулевых или небольших отрицательных значений, т.е. приток более соленых вод из Черного моря превышал отток вод из Азовского моря.

Азовское море обладает большой биопродуктивностью, однако зарегулирование стока Дона и Кубани и рост водопотребления в целом сопровождалось увеличением солености моря, что ухудшало условия естественного воспроизводства водных биоресурсов, в первую очередь – условия нагула генеративно-пресноводных рыб. Поскольку ухудшение гидрометеорологических условий для формирования водных биоресурсов напрямую увязывается ихтиологами с антропогенной деятельностью [7, 9], то в 1970-е гг. при разработке планов территориального перераспределения стока была предложена схема управления режимом моря [1, 20, 26], для чего необходим пересмотр требований всех отраслей экономики, использующих водные ресурсы региона, и разработки специальных проектных решений, направленных на транспортное освоение рек, регулирование водообмена с Черным морем и другие мероприятия, обеспечивающие снижение затрат воды и улучшение экологического состояния водных объектов.

Характеризуя ситуацию, сложившуюся в бассейне Азовского моря и в самом море, как проблемную, необходимо выделить основные задачи и сформулировать вопросы, решение которых приведет к улучшению водохозяйственной обстановки, сохранению водных биоресурсов.

При рассмотрении Азово-Донской проблемы анализируется, в первую очередь, ситуация и комплекс мероприятий, направленных на управление соленостью воды в море, что, как отмечено выше, в существенной мере определяет биологическую продуктивность.

Совместное решение уравнений водного и солевого баланса дает возможность оценить и спрогнозировать соленость Азовского моря. В современной постановке задачи [22], основанной на постоянстве объема Азовского моря, пресная составляющая баланса определяет объем воды, прошедший через пролив.

Отсутствие данных о ветровых течениях в Керченском проливе затрудняет выполнение балансовых расчетов. Приняв некоторые упрощения, уравнение солевого баланса Азовского моря запишем с обозначениями из работы [21] в следующем виде:

$$S_{t-1}^+ \omega + \kappa_t S_b - (\kappa_t + f_t) S_t = S_t^+ \omega, \quad (1)$$

здесь S_{t-1}^+ – средняя по акватории моря соленость воды на конец года $(t-1)$; ω – объем воды в море;

κ_t – объем воды, поступивший из Черного моря с соленостью S_b ; f_t – пресный приток за год t .

Записав такое же уравнение для года $(t+1)$ и приняв

$$S_t = \frac{1}{2}(S_{t-1}^+ + S_t^+),$$

получим:

$$\left(\omega + \frac{f_{t+1} + \kappa_{t+1}}{2} \right) \Delta S_t = \frac{\kappa_{t+1} + \kappa_t}{2} S_b - \frac{\kappa_{t+1} + \kappa_t + f_{t+1} + f_t}{2} S_t, \quad (2)$$

здесь $\Delta S_t = (S_{t+1} - S_t)$ – приращение средней солености. Представив объем перетекающих из Черного моря вод и видимое испарение как суммы средних значений и отклонений от них

$$\hat{\kappa}_t = \bar{\kappa} + \hat{\kappa}'_t, \quad \hat{e}_t = \bar{e} + \hat{e}'_t, \quad (3)$$

после ряда преобразований и упрощений получим уравнение, связывающее значения средней солености Азовского моря в моменты времени t и $(t-1)$ [22]:

$$S_{t+1} = 2.22 + 0.958 S_t - 0.0042 S_t V_t + \Psi_{t+1}, \quad (4)$$

где

$$\Psi_{t+1} = \frac{(S_b - S_t) \hat{\kappa}'_t}{\omega} + \frac{\hat{e}'_t}{\omega}.$$

Уравнение (4) может быть использовано для прогнозных расчетов солености Азовского моря на период в несколько десятков лет. Такие прогнозы выполнены в 1970-е и 1980-е гг. В.Е. Привальским и Д.Я. Ратковичем [16, 22]. Результаты прогнозирования средней солености Азовского моря, полученные в разные годы упомянутыми авторами, и мониторинговые значения по данным АзНИИРХ совмещены на рис. 4 [13]. К сожалению, сравнение мониторинговых и прогнозных значений солености даже с учетом доверительного интервала вынуждает сделать вывод о том, что эти прогнозы не оправдались.

Детальный анализ причин неудачного прогнозирования солености моря еще предстоит выполнить. Но сегодня можно сказать следующее. Основная причина значительных отклонений прогнозных и мониторинговых значений солености – большая неопределенность прогноза безвозвратного изъятия воды в бассейнах Дона и Кубани. Данные СКИОВО [24] показывают заметное сокращение водопотребления в целом в конце XX в. и некоторую стабилизацию в начале XXI в. (рис. 1). Выпускаясь прогнозы многолетней динамики солености воды в Азовском море были, скорее, сценариями изменения ситуации при реализации планов развития экономики страны.

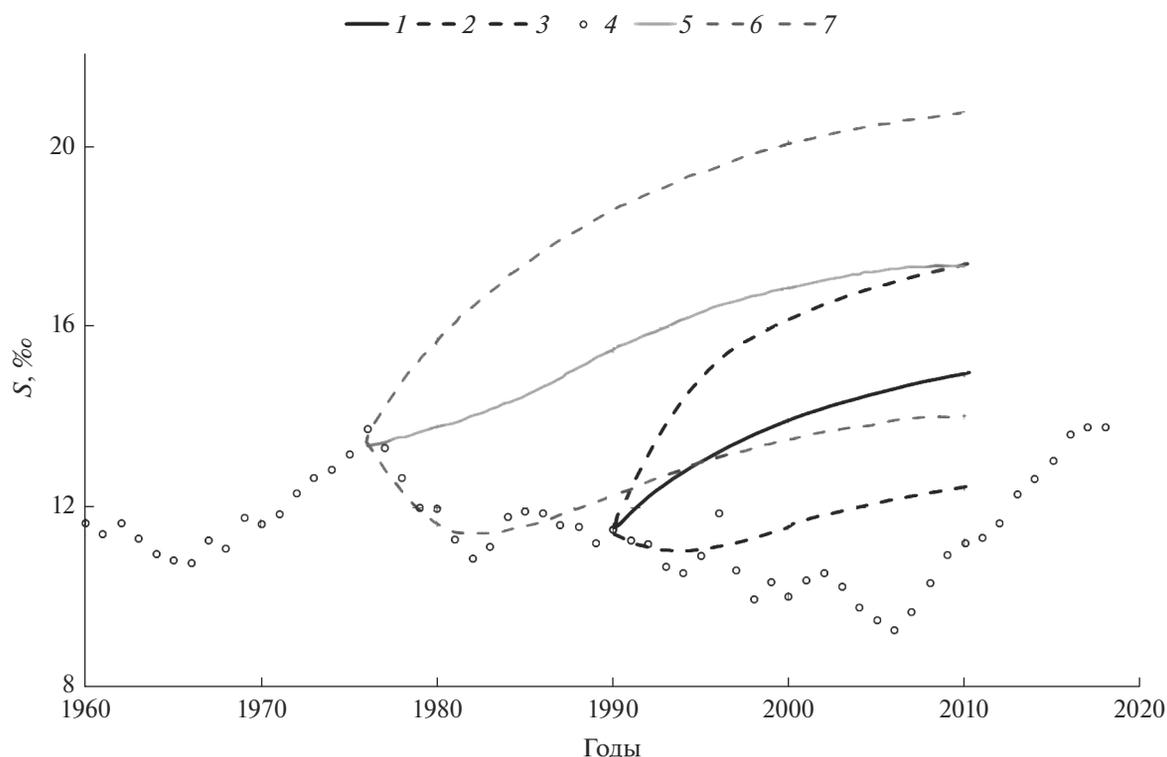


Рис. 4. Соленость Азовского моря S , ‰: 1 – прогноз; 2, 3 – 80%-й доверительный интервал [16]; 4 – мониторинговые значения; 5 – прогноз; 6, 7 – 80%-й доверительный интервал [22].

Тем не менее необходимо сделать вывод, что ни один из таких сценариев (прогнозов) в последующие годы не реализовался. Кроме неопределенности оценок безвозвратного водопотребления, сама водобалансовая модель солености, примененная для прогноза, не лишена недостатков.

Принятое для расчетов уравнение (1) допускает полное перемешивание воды в течение года, что является приближением к действительности. Параметры функции распределения величин притока воды и солей из Черного моря получены путем подбора методом наименьших квадратов без оценки ошибки этой компоненты солевого баланса. И, конечно, испарение с водной поверхности не измеряется непосредственно, а рассчитывается по данным береговых (и, возможно, судовых) наблюдений, т.е. может содержать систематические ошибки. Мало изучен водо- и солеобмен с зал. Сиваш, в который в течение десятилетий сбрасывались возвратные воды с орошаемых земель в период эксплуатации Северо-Крымского канала [23].

Анализ результатов водохозяйственных расчетов и прогнозов показывает, что рассматривать отдельно бассейны рек, впадающих в море, и само море нельзя. Данные мониторинга последних лет свидетельствуют о резком росте солености во-

ды в Азовском море до 14‰, что критично для естественного воспроизводства рыбного стада.

ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ВОДНО-РЕСУРСНОЙ СИСТЕМОЙ БАСЕЙНА ДОНА

Обобщающий параметр (критерий) управления водохозяйственным комплексом региона, выполнение которого позволяет поддерживать экологически приемлемые условия, – объем безвозвратных изъятий стока рек. В СКИОВО бассейна Дона сделан вывод о допустимости современного объема безвозвратного изъятия воды (~4 км³/год), однако утверждается, что достигнутые к 2007 г. уровни водопотребления – предельно возможные и их дальнейший рост невозможен без компенсационных мероприятий.

В качестве компенсационных мероприятий, направленных на снижение солености Азовского моря, рассматривались различные варианты переброски стока в бассейн Дона (в основном из Волги) и строительства регулирующего гидротехнического сооружения в Керченском проливе для управления водообменом между Черным и Азовским морями [1, 26].

В одной из схем регулирования средней солености с помощью Керченского гидроузла предусматривалось создание призмы регулирования

уровня воды в Азовском море – 0.7 м. Однако исследования показали, что эффект такого регулирования в части снижения солености моря незначителен, особенно при условии недопущения снижения уровня Азовского моря. Да и создание самого гидроузла негативно отразится на условиях воспроизводства водных биоресурсов [21]. По результатам этих исследований принято решение о нежелательности регулирования водообмена между Черным и Азовским морями путем создания гидроузла в проливе. Возможный подход к улучшению водохозяйственной обстановки в Азово-Донском бассейне – переброска стока из Волги и реализация широкого круга мероприятий по экономии водных ресурсов в бассейне Дона, включая обеспечение условий судоходства путем создания подпорных сооружений.

В рамках проекта переброски стока северных рек в бассейн Каспийского моря (в Волгу) учитывалась необходимость подачи воды в бассейн Азовского моря [20]. Последующие исследования показали, что весь планировавшийся средний объем (20 км³) переброски стока необходим только для поддержания уровня Каспийского моря в диапазоне –28.5...–29.0 м [14, 15]. Проектируемый канал Волго–Дон II был рассчитан на подачу ~5 км³ воды в год, которая предназначалась для орошения в регионе, а заодно и для стабилизации уровня Каспийского моря, который к этому времени начал резко расти [3]. К сожалению, сложившиеся в 1990-е гг. экономические условия в государстве привели к полному прекращению строительства канала, несмотря на значительный объем выполненных земляных работ.

АЗОВО-ДОНСКОЙ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС

Водохозяйственное и гидротехническое строительство привело к серьезным нарушениям гидрологического режима и утрате нерестилищ. По оценкам [7], после строительства Цимлянского водохранилища было утрачено 80% нерестилищ осетра, 50% – сельди и севрюги. В результате оказались подорваны промысловые запасы рыб, прежде всего проходных, а уловы сократились в сотни и тысячи раз.

Несмотря на наличие соответствующих требований в ПИВР Цимлянского водохранилища, рыбохозяйственные попуски на практике проводились лишь по причине половодья большой водности в целях обеспечения безопасности комплекса гидротехнических сооружений. В последние годы регулярных затоплений поймы не было. Как отмечено в [9], временные промежутки между заметными половодьями превышают жизненный цикл полупроходных рыб в условиях эксплуатации популяций промыслом (рис. 5) и для вос-

производства биоресурсов сохраняется весьма ограниченное количество “производителей”, нереститься которым приходится в гидрографической сети. В [9] также делается вывод, что снижение повторяемости обводнения нерестилищ в сочетании с застройкой пойменных территорий предопределяет не только прогрессирующее снижение промвозврата поколений, но и значительную деградацию качества нерестилищ.

Сочетание безвозвратного изъятия значительных объемов речного стока, несанкционированного и неконтролируемого вылова, недостаточности компенсационных мероприятий и изменения правового статуса Азовского моря привело к тяжелому состоянию рыбного хозяйства. На рис. 6 в качестве примера приведены сведения о деградации запасов полупроходного судака в Азовском море. По мнению авторов [6, 7], сегодня можно говорить о “реальной опасности для экосистемы Азовского моря и его биоресурсов от осуществленного безвозвратного отъема больших объемов пресного стока и об обоснованности требований рыбного хозяйства к рациональному решению проблемы управления водным хозяйством и ресурсами бассейна”.

Пути решения задач восстановления водных биоресурсов различны и включают в себя комплекс мероприятий, таких как рыбохозяйственная мелиорация, искусственное воспроизводство, восстановление условно-естественного гидрологического режима и др. Последняя задача связана с обеспечением при регулировании стока так называемого эколого-рыбохозяйственного попуска. Для нижнего течения р. Дон эта задача решена на основе имеющихся результатов ихтиологических исследований и наблюдений, но выполняются эти требования при регулировании стока Дона Цимлянским водохранилищем с недостаточной обеспеченностью. Приоритет при водodelении сегодня остается за водным транспортом и мелиорацией [24]. Минимально необходимый весенний попуск, проведенный в начале 2000-х гг. и превысивший 10 км³, не обеспечил стабилизацию запасов полупроходных рыб (рис. 6).

Еще один не менее важный аспект “рыбной” проблемы – обеспечение условий нагула молоди, которые определяются соленостью вод на взморье. Эта соленость и площадь соответствующих ареалов зависят как от объема половодья, так и от средней солености Азовского моря. Последняя, в свою очередь, определяется притоком пресных вод (стока рек Дона и Кубани), на который оказывает влияние объем безвозвратного водопотребления в бассейне. Таким образом, задача сводится уже к мероприятиям технологического и экономического характера, направленным на минимизацию безвозвратных изъятий или на реали-

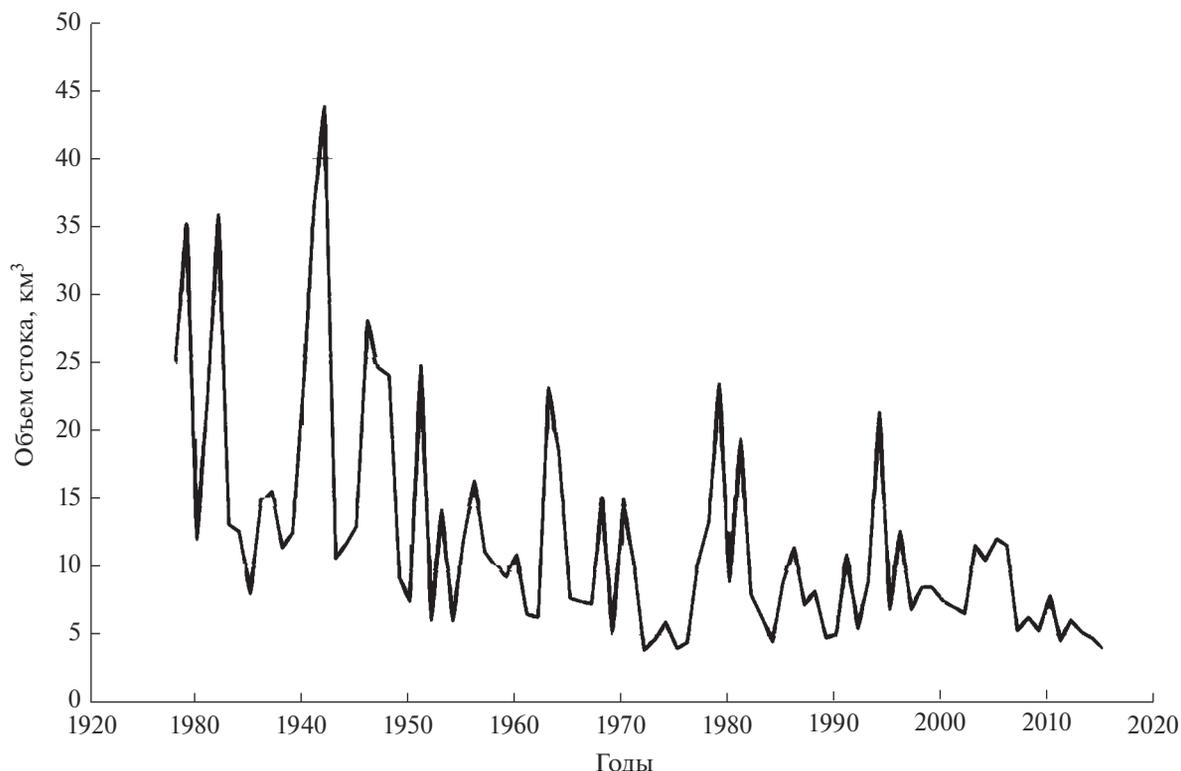


Рис. 5. Изменение стока половодья р. Дон в п. Раздорская (объемы стока воды за март–июнь).

зацию компенсационных мероприятий в долгосрочной перспективе.

Сложная экологическая ситуация сложилась в Маньчских водохранилищах, созданных для целей питьевого, коммунального и промышленного водоснабжения, сельскохозяйственной и рыбохозяйственной отраслей, рекреации и водного транспорта. Путем реализации проектов переброски стока Кубани и Дона достигнуто существенное распреснение водоемов. По данным [9], произошло почти 25-кратное снижение минерализации воды по всей длине восточной части Пролетарского водохранилища, а также 5–10-кратное снижение минерализации в западной части Пролетарского водохранилища и в Веселовском водохранилище. Но уже с середины 1970-х гг. загрязнение вод, засоление и вторичное засоление орошаемых массивов привели к росту минерализации водоемов. Минерализация воды р. Егорлык, по которой осуществляется переброска кубанских вод в Маньчские водохранилища (в районе водозабора из р. Кубани минерализация 0,2 г/л), к началу 1990-х гг. превышала 4,5 г/л (рис. 7).

ВОДНОТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА

Важный участник водохозяйственного комплекса бассейна Дона – водный транспорт. Создание единой глубоководной транспортной системы Европейской части России потребовало создания регулирующей емкости (Цимлянское водохранилище) для гарантированного обеспечения транспортных попусков и строительства каскада низконапорных шлюзов-регуляторов, также обеспечивающих гарантированную судоходную глубину в нижнем течении р. Дон.

По ряду причин гарантия условий судоходства на Нижнем Дону уменьшилась. Изменения водности рек под влиянием климата (сюда относятся затяжные маловодья, снижение стока половодья, рост стока зимней межени, русловые деформации) сильно усложняют регулирование стока, несмотря на то, что, по проекту, Цимлянское водохранилище осуществляет многолетнее регулирование стока преимущественно в целях обеспечения условий судоходства. Снижение стока половодья при ненадежном долгосрочном прогнозе притока воды в водохранилище привело к тому, что практически отсутствуют рыбохозяйственные попуски, часто устанавливается режим экономии водных ресурсов. В этой связи мероприятия, направленные на сокращение сбросов из Цимлянского водохранилища, будут способ-

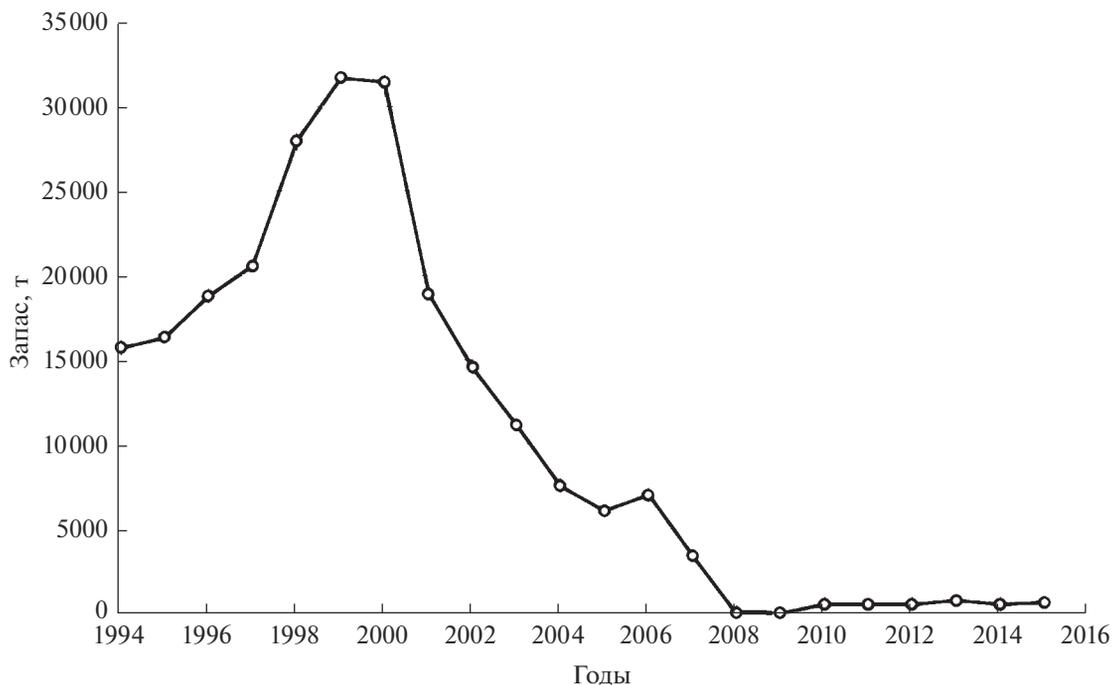


Рис. 6. Промысловый запас полупроходного судака Азовского моря за период 1994–2015 гг. [2].

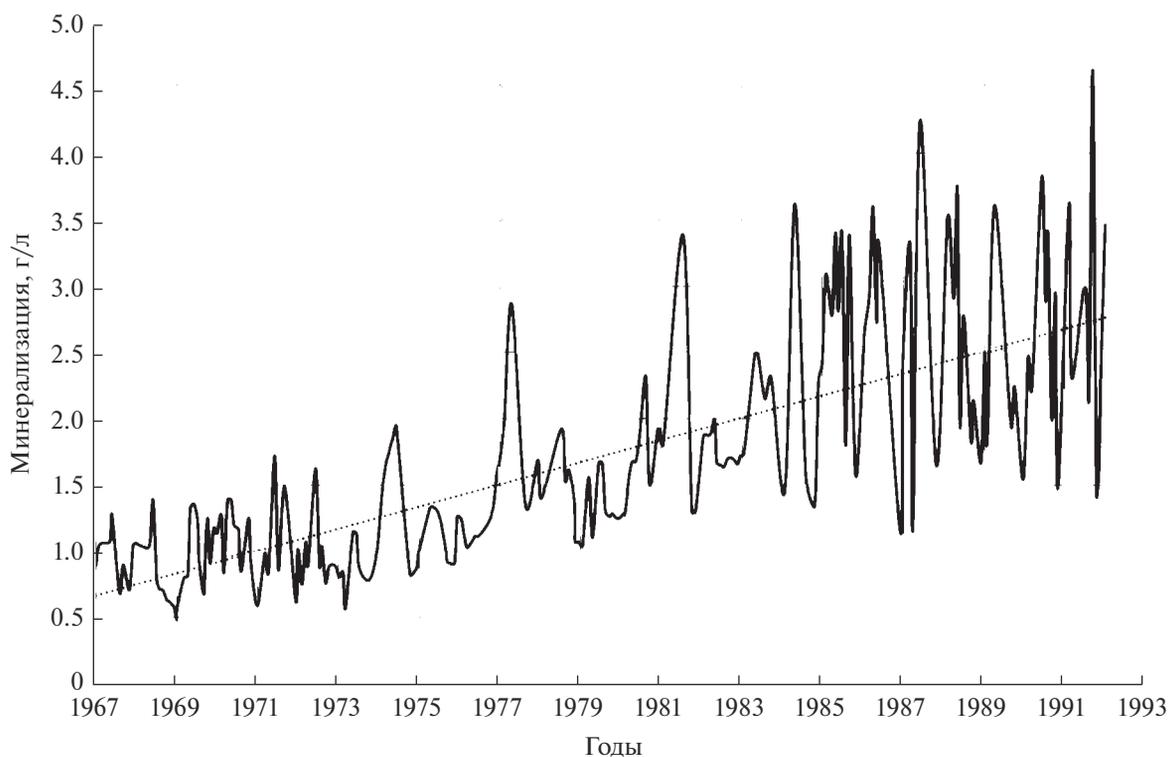


Рис. 7. Динамика среднемесячных значений минерализации воды в устье р. Егорлык за период 1967–1992 гг. [9].

ствовать улучшению условий регулирования водных ресурсов. К числу таких мероприятий относятся и строительство Багаевского гидроузла,

предназначенного для обеспечения судоходных глубин на последнем “проблемном” участке Нижнего Дона.

Водохозяйственная обстановка на Нижнем Дону усложнилась и по причине существенных изъятий водных ресурсов в бассейне Северского Донца. Сегодня, к сожалению, прекратился обмен с Украиной информацией об использовании водных ресурсов этого трансграничного водного объекта. Как результат – при регулировании стока приток воды с территории Украины учитывается по факту, а в долгосрочных прогнозах водности Нижнего Дона принимается минимальная санитарная водность, что, конечно, создает некоторый запас надежности при принятии управленческих решений, но неопределенность прогнозов не уменьшает.

Важный фактор качества управления водными ресурсами – состояние системы гидрометеорологического мониторинга и прогнозирования. В современной практике прогнозирования отсутствуют методики долгосрочного прогнозирования стока весеннего половодья в бассейне р. Дон с хорошей оправдываемостью. Имеющиеся разработки базируются на результатах исследований [5, 11], относящихся к 1960–1970-м гг. Развитие дистанционных методов исследования процессов формирования гидрологического режима, методов численного прогноза и метеорологического реанализа, методов математического моделирования стока позволяет надеяться на создание методик гидрологического прогноза с существенно лучшей оправдываемостью.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В БАССЕЙНЕ

Задача управления водными ресурсами региона решается на основе Правил использования водных ресурсов основного регулятора стока – Цимлянского водохранилища. В работе [6] выполнен анализ этапов создания этого документа, который выявил ряд особенностей, отражавших специфику развития водного хозяйства страны в годы, прошедшие с момента создания водохранилища. Так, при разработке первых правил использования водных ресурсов в 1952 г. предполагалось, что уже в 1954 г. вступят в строй три низконапорных гидроузла, которые смогут обеспечить судоходные глубины на Нижнем Дону, и на первом трехлетнем этапе эксплуатации будут обеспечиваться только интересы судоходства и орошения. Последующая корректировка этих правил была проведена в 1965 г., но поскольку низконапорные гидроузлы не были построены, судоходные глубины обеспечивались необходимыми транспортными попусками и дноуглубительными работами. В [6] отмечено, что в реальности появились громадные расхождения между проектными и действительными условиями эксплуатации водохранилища, противоречия между требованиями разных водопользователей. Тем не

менее в 1965 г. уже были определены приоритеты водообеспечения в следующей последовательности: водный транспорт, орошаемое земледелие, рыбное хозяйство, энергетика, водоснабжение. Важной деталью было признание временного характера этого документа, и рекомендовалось заменить его другим после создания низконапорных гидроузлов и реализации других мероприятий. Об обеспеченности водой рыбного хозяйства имелись упоминания в ряде разделов правил 1965 г., но сток весеннего половодья рекомендовалось использовать в первую очередь для других целей.

В 2013 г. появились новые нормативные документы – “Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Дон” [24], “Норматив допустимого воздействия (НДВ)” [17], новая редакция правил [19], которые содержали перспективные (прогнозные) оценки условий функционирования водохозяйственной системы Дона и в которых сделан вывод о том, что у системы достаточно возможностей для удовлетворения потребностей основных потребителей. К сожалению, в этих документах не учтены происходящие климатически обусловленные изменения режима речного стока, а последовавшее затем затяжное маловодье способствовало обострению существовавших проблем и выявило ряд новых.

ВЫВОДЫ

Увеличение безвозвратных изъятий водных ресурсов, как и переброска стока в другие регионы из бассейнов Дона и Кубани, должно быть спрогнозировано и ограничено экологически допустимыми величинами или скомпенсировано мероприятиями по территориальному перераспределению стока. Необходимо всестороннее научное обоснование такого рода мероприятий, основанное на исследовании состояния водных объектов, условий формирования водных ресурсов, на моделировании водно-экологических процессов, анализе технико-экономических показателей создаваемых систем.

Продолжающееся ухудшение экологического состояния водных объектов требует обоснования и реализации комплекса мероприятий, направленных на снижение поступления неочищенных сточных вод в реки и водохранилища, изменение правил эксплуатации водохозяйственных установок с акцентом на полном удовлетворении экологических требований, и других водо- и рыбоохранных мероприятий в бассейнах Дона и Кубани.

Непрерывно происходящие изменения в природной среде, условий формирования стока, перестройка водохозяйственной системы, изменение требований отдельных отраслей экономики вынуждают переходить на принципы адаптивно-

го управления водноресурсными системами. Под принципом адаптивного управления понимается, во-первых, исследование возможности нормального функционирования водохозяйственной системы в условиях происходящих изменений как водных ресурсов, так и требований к гарантированной отдаче системы; во-вторых, — изучение возможностей изменения функциональных свойств водохозяйственной системы (параметров и правил использования водохозяйственных установок, регулирующей инфраструктуры) для обеспечения отраслей экономики водными ресурсами.

Проблема климатических изменений стока характеризуется большой неопределенностью и также требует адаптации существующих методов управления водохозяйственными системами к условиям множественности сценариев будущих изменений климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов В.П., Филиппов Ю.Г., Шлыгин И.А. Расчет водообмена через Керченский пролив // Метеорология и гидрология. 1978. № 2. С. 52–59.
2. Белоусов В.Н. Последний рубеж естественного воспроизводства в Азово-Донском районе // Рыб. хоз-во. 2016. № 4. С. 14–19.
3. Болгов М.В., Красножон Г.Ф., Любушин А.А. Каспийское море. Экстремальные гидрологические события. М.: Наука, 2008. 648 с.
4. Болгов М.В., Мишон В.М., Сенцова Н.И. Современные проблемы оценки водных ресурсов и водообеспечения. М.: Наука, 2005. 318 с.
5. Вершинина Л.К., Крестовский О.И., Калужный И.Л., Павлова К.К. Оценка потерь талых вод и прогнозы объема стока половодья. Л.: Гидрометеиздат, 1985, 190 с.
6. Воловик Г.С., Воловик С.П., Косолапов А.Е. Водные и биологические ресурсы Нижнего Дона: состояние и проблемы управления. Новочеркасск: СевКавНИИВХ, 2009. 301 с.
7. Дубинина В.Г. Опыт разработки требований рыбного хозяйства при управлении режимами водохранилищ // Экосистемы: Экология и динамика. 2019. Т. 3. № 1. С. 66–95.
8. Живоглядов А.А., Лукьянов С.В. Оценка современного состояния популяции судака *Sander lucioperca* бассейна Азовского моря // Вопр. рыболовства. 2018. Т. 19. № 4. С. 405–412.
9. Жукова С.В. Оценка влияния на водные биоресурсы и среду их обитания при эксплуатации Цимлянского и Манычского водохранилищ // Рыбохозяйственные проблемы строительства и эксплуатации плотин и пути их решения. Материалы заседания тематического сообщества по проблемам больших плотин и Научного консультативного совета Межведомственной икhtiологической комиссии / Составители А.С. Мартынов, А.Ю. Книжников М.: WWF России, 2010. С. 47–67.
10. Киреева М.Б., Фролова Н.Л. Современные особенности весеннего половодья рек бассейна Дона // Вод. хоз-во России. 2013. № 1. С. 60–76.
11. Комаров В.Д. Изучение факторов и закономерностей весеннего речного стока на основе данных наблюдений на репрезентативных бассейнах // Вод. ресурсы. 1980. № 4. С. 5–18.
12. Коробова Д.Н., Пойзнер В.И. Анализ адаптивных свойств водохозяйственных систем (на примере Нижнедонской ВХС) // Тр. 5 Всесоюз. гидрол. съезда. Т. 4. Л.: Гидрометеиздат, 1990. С. 102–106.
13. Куропаткин А.П., Жукова С.В., Шишкин В.М., Бурлачко Д.С., Карманов В.Г., Лутынская Л.А., Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И. Изменение солёности Азовского моря // Вопр. рыболовства. 2013. Т. 14. № 4 (56). С. 666–673.
14. Маркиш М.С. Об оптимальном регулировании уровня Каспийского моря // Вод. ресурсы. 1982. № 2. С. 20–35.
15. Маркиш М.С. Управление уровнем замкнутого водоема в стационарном режиме // Вод. ресурсы. 1979. № 3. С. 20–35.
16. Музылев С.В., Привальский В.Е., Раткович Д.Я. Стохастические модели в инженерной гидрологии. М.: Наука, 1982. 184 с.
17. Норматив допустимого воздействия на водные объекты бассейна реки Дон (российской части). [Электронный ресурс]. <http://voda.mnr.gov.ru/activities/detail.php?ID=6521> (дата обращения: 16.06.2020).
18. Паспорт приоритетного проекта “Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги”. Утв. Президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и приоритетным проектам. Протокол № 9 от 30 августа 2017 г.
19. Правила использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища. 02 июня 2016 г. № 114. 43705.
20. Проблема территориального перераспределения водных ресурсов, М.: ИВП РАН, 1988. 503 с.
21. Раткович Д.Я. Гидрологические основы водообеспечения. М.: ИВП РАН, 1983. 428 с.
22. Раткович Д.Я., Привальский В.Е., Матушанский М.В., Ремизова С.С., Марти Ю.Ю. Проблема Азовского моря // Вод. ресурсы. 1980. № 4. С. 19–39.
23. Ремизова С.С. Водный баланс Азовского моря // Вод. ресурсы. 1980. № 1. С. 109–121.
24. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Дон. Кн. 1–6. Донское бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов. 2013. [Электронный ресурс]. http://www.donbv.ru/activities/use_and_protection_don/ (дата обращения: 16.06.2020).
25. Фролов А.В., Георгиевский В.Ю. Изменения водных ресурсов в условиях потепления климата и их влияние на приток к крупным водохранилищам России // Метеорология и гидрология. 2018. № 6. С. 67–76.
26. Шлыгин И.А. Водообмен Азовского моря с Черным при работе регулирующего сооружения в Керченском проливе // Метеорология и гидрология. 1979. № 6. С. 67–73.