

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАСЕЙНА ВЕРХНЕГО ДОНА

Бассейн Верхнего Дона характеризуется заметным различием природных условий и большим разнообразием видов хозяйственной деятельности, интенсивно влияющих на водные ресурсы.

Анализ данных по величинам водопотребления и водоотведения показал, что в структуре современного водопользования произошли значительные изменения. Так, по сравнению с концом 80-х годов, безвозвратное водопотребление уменьшилось более чем на 30 % за счет существенного изменения структуры водопользования. Данные по водопотреблению различных отраслей хозяйства за последние годы свидетельствуют об относительной стабилизации процесса. Поэтому в качестве приемлемого варианта на ближайшую перспективу рекомендованы современные величины безвозвратных изъятий.

Для исследования существующей водохозяйственной системы выполнены модельные имитационные эксперименты с существующими и перспективными сценариями развития водопотребления в регионе, на основе чего сформулированы рекомендации по размещению ответственных водопотребителей.

1. Состояние водных ресурсов региона и гидрологическая изученность

Бассейн Верхнего Дона характеризуется ограниченными водными ресурсами и высокой плотностью населения, что создает напряженную гидроэкологическую обстановку.

Основными природными источниками и аккумуляторами поверхностных вод в регионе являются озера, болота, реки и временные водотоки.

Озер в пределах бассейна находится довольно много. Однако, несмотря на значительное их количество, озерность территории невелика, так как преобладающими здесь являются малые озера площадью до 0,1 км². Основная часть озер располагается в поймах больших рек (в частности, Дона) [15, 16].

Болота занимают небольшую площадь и распределяются неравномерно. Преобладают болота низинного типа (около 98%) [15]. Пойменные болота, тесно связанные с грунтовым питанием, способствуют изменению режима рек. Меженный сток иногда может понижаться, что связано с более высокими потерями воды на испарение, но в целом водность рек увеличивается.

Речная сеть в бассейне Верхнего Дона достаточно редкая – ее густота изменяется по территории в пределах от 0,1 до 0,4 км/км². Слой стока уменьшается с северо-запада на юго-восток в соответствии с увеличением засушливости климата в среднем от 120 до 70 мм [15].

Речной сток распределяется по времени неравномерно. По характеру водного режима р. Дон и его притоки относятся к рекам равнинного типа с резко выраженным весенним половодьем и низким меженным стоком. Основным источником питания являются талые воды. На долю весеннего стока (март – май) приходится около 70% годового. Весеннее половодье имеет резко выраженный подъем уровней, меняющийся в зависимости от метеорологических условий года как по высоте, так и по времени [3, 15]. С водохозяйственной точки зрения большая неравномерность распределения стока во времени крайне нежелательна, так как ограничивает водопотребление населения

Современное состояние и перспективы использования водных ресурсов бассейна Верхнего Дона

и различных отраслей хозяйства в лимитирующие периоды.

Гидрологическая изученность Верхнего Дона, по отношению к большинству расчетных гидрологических характеристик, может быть оценена как достаточная. Здесь находится более 20 водомерных постов, наблюдения на которых были начаты еще в довоенные годы [16]. Наиболее продолжительный ряд наблюдений имеется по стоку р. Дон у г. Лиски (120 лет), который нами принимается в качестве опорного при выполнении расчетов. Водные ресурсы в этом створе, являющимся нижним для исследуемой нами территории, (расстояние от истока – 589 км, площадь водосбора 69.5 тыс. км²) - в естественных условиях составляют 7.88 км³ в средний по водности год, 6.4 км³ в среднемаловодный и 4.67 км³ в маловодный годы [3,15].

Для гидрологических приложений важным является вывод о стационарности условий формирования стока, поскольку очевидны изменения ландшафтов и рост безвозвратного водопотребления. Известно, что механизм антропогенных изменений стока сложен, и зачастую наблюдаются противоречивые тенденции, результат которых более отражается на перераспределении стока внутри года, нежели чем на изменении годовых объемов стока. В результате, например, в ходе многолетних колебаний годового стока р. Дон у г. Лиски не удается выделить значимого тренда (рис.1), хотя в последнее десятилетие имело место и дополнительное испарение с водохранилища, и рост водопотребления, и изменение структуры землепользования и т.д. Как видно из рис.1 изменения восстановленного стока с 1972 года (начала эксплуатации Воронежского водохранилища) практически повторяют колебания естественного.

Анализ динамики стока рек бассейна Верхнего Дона показал, что явных негативных изменений не отмечается, а существующие вариации укладываются в рамки современных представлений о многолетних колебаниях речного стока.

В связи с особенностями гидрологического режима рек (короткое и многоводное половодье и продолжительная межень) в бассейне Верхнего Дона эксплуатируется большое количество искусственных водоемов (более 1000 прудов и водохранилищ). При этом наиболее значительными по объему и хозяйственной важности являются Воронежское водохранилище на р. Воронеж и Матырское на р. Матыре.

Воронежское водохранилище, созданное в 1972 г, относится к водохранилищам многоцелевого назначения и в определенной мере является уникальным “городским” водоемом. Существенное влияние на его гидрологические, гидробиологические и гидрохимические особенности оказывает антропогенный фактор. Другая особенность водохранилища состоит в отсутствии срабатываемой полезной емкости и практически постоянном уровне воды, поддерживаемом на отметке 93,0 м абс. Оно не должно срабатываться в летнее время, даже в особенно засушливые и маловодные годы [12]. Водохранилище гидравлически связано с подземными водами, уровень которых в зоне его влияния (по левому берегу 2-2,5 км, по правому - 4 км) после затопления чаши повысился. Водохранилище осуществляет незначительное сезонное регулирование стока р. Воронеж в интересах промышленного водоснабжения предприятий областного центра, обеспечивает транспортную связь города и области с выходом в Волго-Донскую систему. Кроме того, водохранилище используется для водного благоустройства и рекреации г. Воронежа, орошения земель (около 12 тыс. га) пригородных сельскохозяйственных предприятий.

Матырское водохранилище, построенное в 1976 г., так же осуществляет сезонное регулирование стока. Наполнение производится в период весеннего половодья, а сработка - в течение летне-осенней межени. Из водохранилища осуществляется подпитка р. Воронеж до необходимого расхода, поскольку водозаборные сооружения расположены ниже Матырс-

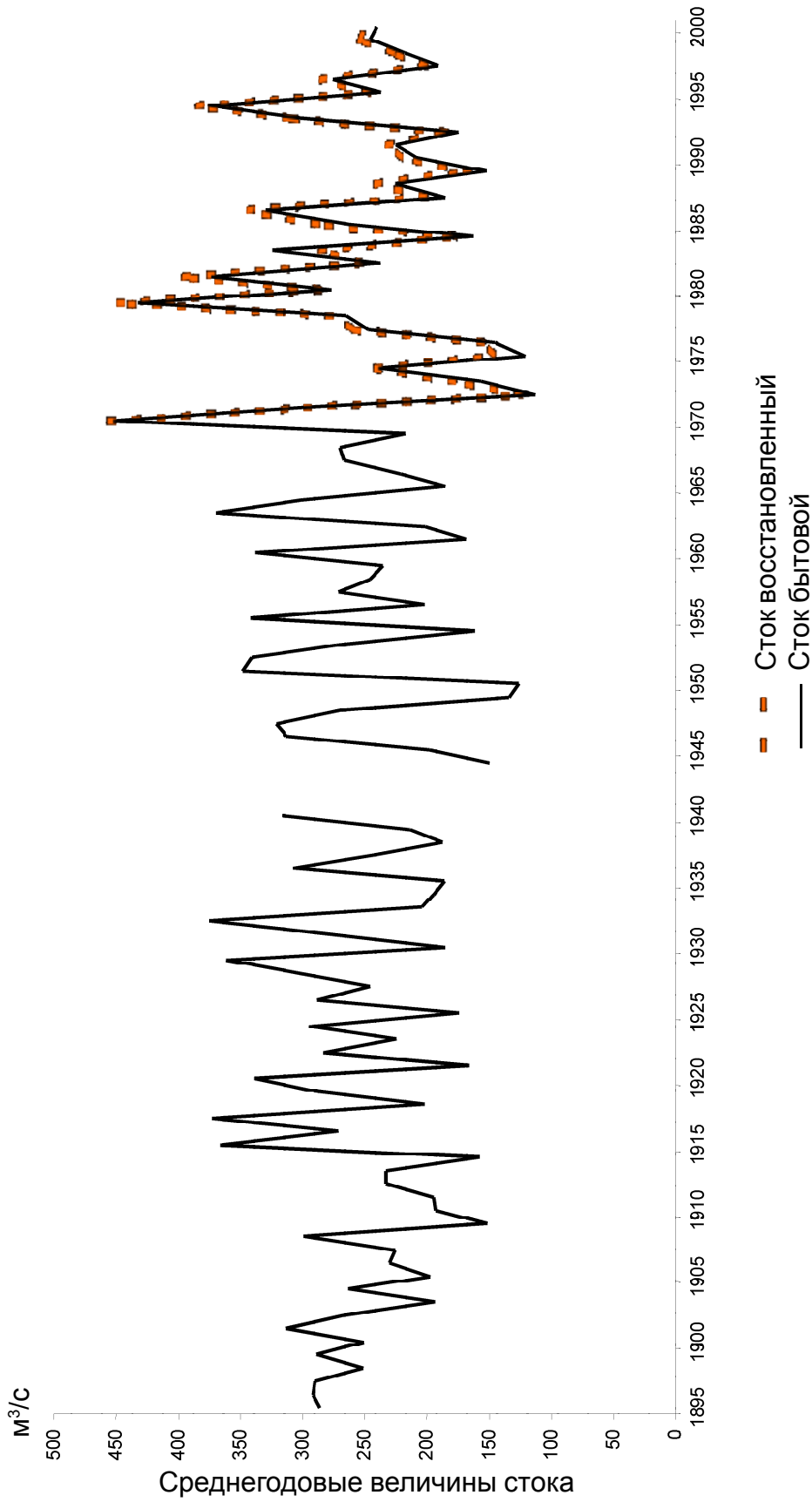


Рис. 1. Динамика стока р. Дон у г. Лиски

кого гидроузла. Водоохранилище предназначено для водопотребления Новолипецкого металлургического завода, а также для улучшения водоснабжения Липецкого промышленного узла в целом. Кроме этого часть воды используется для орошения прилегающих к зоне водоохранилища сельскохозяйственных земель. Проектом также предусмотрено использование водоохранилища для товарного рыбопроизводства [12].

Качество поверхностных вод бассейна Верхнего Дона в значительной степени формируется под влиянием хозяйственной деятельности и, прежде всего, сбросов промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Основные источники загрязнения находятся на территории Воронежской и Липецкой областей. Наиболее загрязненный приток – река Воронеж. По данным наблюдений за многолетний период средняя кратность превышения ПДК в устье Воронежа составляет: по марганцу – 13.5, нефтепродуктам – 5.3, меди и железу общему – 3.3, азоту аммонийному, азоту нитритов и фосфатам – 1.2 – 1.7. По индексу ИЗВ вода имеет IV класс качества (“загрязненная”). Высокая загрязненность вышеперечисленными элементами отмечается практически на всем протяжении р. Воронеж и ее притоков: Матыры, Усмани и Лесного Воронежа. Реки Красивая Меча, Сосна и некоторые другие имеют III класс качества воды (“умеренно загрязненная”) и содержат в повышенных концентрациях железо общее (до 3 ПДК), а также нефтепродукты (до 2.8 ПДК) [3, 7-14].

В настоящее время сохраняется напряженная гидроэкологическая обстановка как у г. Задонска (верхнее течение Дона), так и в нижнем исследуемом створе у г. Лиски. В частности, в Воронежскую область уже поступает с водой большое количество загрязняющих веществ (обнаружено значительное превышение ПДК по нитратному азоту), а в черте г. Лиски наблюдается повышенное содержание железа.

Следует отметить тенденцию к некоторому улучшению качества воды, что в целом связано с уменьшением общей антропогенной

нагрузки вследствие спада производства. В частности, за последние 10 лет почти в 2 раза сократился сброс промышленными предприятиями загрязняющих веществ в водные объекты. Уменьшение внесения в почву минеральных и органических удобрений (соответственно почти в 9 и 2,5 раза) также приводит к уменьшению биогенного загрязнения рек [4-14].

2. Современное водопотребление различных отраслей хозяйств в бассейне Верхнего Дона

В последнее десятилетие прослеживается постепенное сокращение водозабора из поверхностных и подземных источников, связанное с падением объемов производства, сокращением поголовья скота и площадей орошаемого земледелия. Однако интенсивность спада производства и уменьшение водопотребления неодинаковая: использование воды сокращается в меньшей степени и различается по отраслям хозяйств. В результате экономическая эффективность производства понижается и увеличивается удельное водопотребление.

Нами проведен анализ изменения интенсивности и структуры водопотребления в исследуемом регионе за период с 1989 по 2000 гг. по данным статистической отчетности [4-11].

В изменении интенсивности водопотребления в бассейне Верхнего Дона выявлены следующие тенденции: значительное уменьшение общего водозабора и водоотведения (соответственно в 1.75 и 1.5 раза); почти в 2 раза уменьшился общий сброс сточных вод в водные объекты, однако, при этом доля загрязненных и недостаточно очищенных вод значительно увеличилась – их сток вырос в 2 раза, но количество загрязняющих веществ в них в такой же степени сократилось; наблюдается некоторое увеличение безвозвратного водопотребления.

В структуре общего водопотребления за этот же период следует отметить увеличение относительной доли затрат воды на хозяйственно-питьевые нужды в 2 раза (с 16.5% почти до

33% от общего водопотребления). На 25% (с 68% до 52%) уменьшилась доля использования воды в промышленном производстве. Доля водозабора на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение почти не изменилась – вклад увеличился только на 5% и составляет около 16% от общего водопотребления. При этом водопотребление в промышленном производстве уменьшилось почти в 2 раза, а в сельскохозяйственном – более чем в 2,3 раза. Использование же воды на хозяйственно-питьевые нужды за этот же период выросло в 2 раза.

3. Перспективы использования водных ресурсов Верхнего Дона

Оценка возможного использования водных ресурсов региона является сложной задачей. Она требует учета перспективных величин водопотребления, связанных с возможными сценариями развития экономики в целом, гипотез относительно возможных изменений климата и объемов речного стока, новых стратегий управления водным хозяйством и т.п. Понятно, что перечисленные факторы характеризуются большой неопределенностью и имеют вероятностную природу. Поэтому мы предлагаем подход, позволяющий свести общую проблему к традиционно рассматриваемой задаче оценки надежности функционирования водохозяйственной системы с учетом ограничений экологического характера и перспективных величин водопотребления.

Эффективным методом получения оценок надеж-

ности функционирования водохозяйственной системы бассейна Верхнего Дона, является имитационное моделирование с привлечением искусственных реализаций стока большой продолжительности. В результате имитационных расчетов получается набор ситуаций, характеризующихся дефицитом водных ресурсов как по отношению к водопотребителям и водопользователям, так и к экологически допустимым значениям остаточных величин стока (попусков в нижние бьефы водохранилищ).

Водохозяйственная система бассейна Верхнего Дона представлена в виде 6 участков (рис.2): 1 – водосбор р. Дон от истока до г. Задонска, 2 – водосбор р. Матюга от истока до

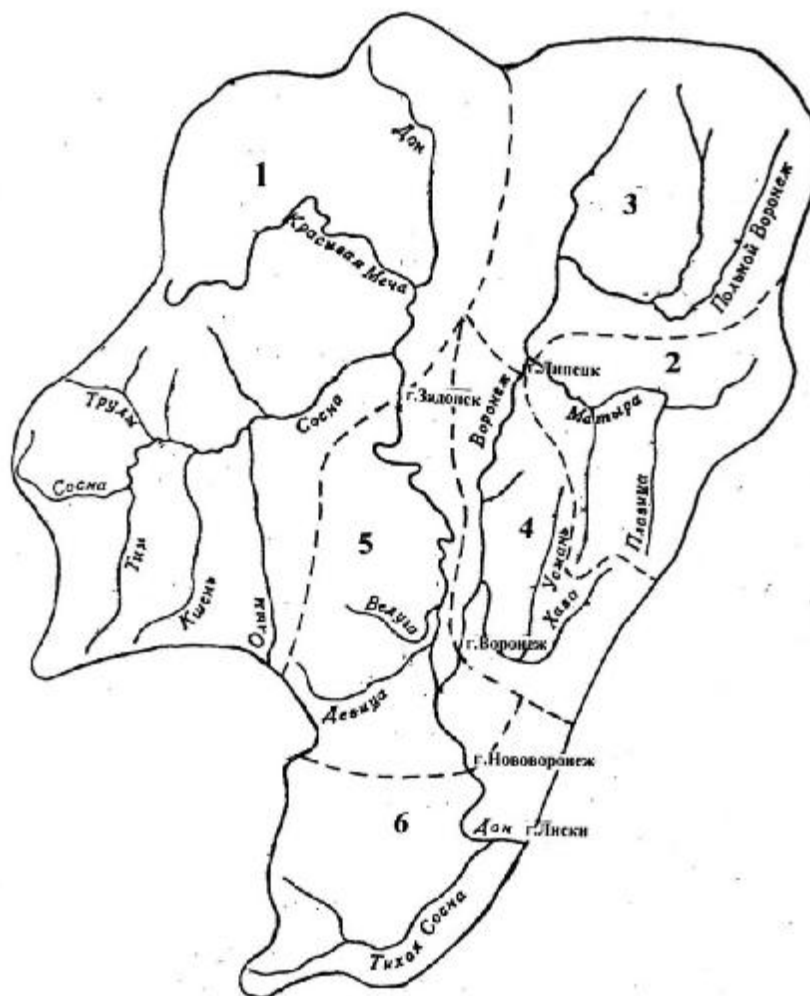


Рис. 2. Схема расположения расчетных водохозяйственных участков в бассейне Верхнего Дона

устья, 3- водосбор р. Воронеж от истока до г. Липецка без водосбора р. Матыра, 4 – водосбор р. Воронеж от г. Липецка до г. Воронежа, 5 – водосбор р. Дон от г. Задонска до г. Нововоронеж без водосбора р. Воронеж, 6 – водосбор р. Дон от г. Нововоронеж до г. Лиски.

Такое деление, предлагавшееся ранее при разработке схемы комплексного использования водных ресурсов региона, наилучшим образом соответствует водосборам основных притоков, регулирующим емкостям и размещению ответственных водопотребителей.

Водохозяйственная система содержит два водохранилища, управляемые по различным схемам. Управление Матырским водохранилищем осуществляется на основе принципа компенсации, т.е. объем попуска в нижний бьеф должен компенсировать безвозвратные изъятия Липецкого промышленного узла с целью поддержания минимально допустимого санитарного стока р. Воронеж. Воронежское водохранилище предназначено для удовлетворения нужд ряда потребителей, но его нахождение в черте города обуславливает приоритет целей рекреационного использования. Основное требование к режиму управления водохранилищем – поддержание уровня воды в пределах небольших отклонений от НПУ.

Для остальных водохозяйственных участков предусматривается в основном транзит стока по основным русловым системам с возможным ограничением водопотребителей в маловодные годы.

Для реализации данных правил управления разработан алгоритм имитационных расчетов, включающий следующие основные элементы.

Первый этап имитационного моделирования заключается в задании начальных условий: начальные наполнения водохранилищ принимаются равными половине полезного объема; фиксируется продолжительность имитационных расчетов. Далее за каждый расчетный интервал и для каждого водохозяйственного участка вводятся величины притока и слои испарения с поверхности водохранилищ.

Расчеты водохозяйственных балансов начинаются с верхних участков системы, в нашем случае – с Матырского водохранилища. Из имеющегося на начало расчетного интервала объема воды в Матырском водохранилище вычитается объем испарения и потери на фильтрацию. Значение притока уменьшается на величину безвозвратного водопотребления в бассейне, поскольку эта величина не контролируется. Определяется дефицит в створе г. Липецк, который необходимо компенсировать в результате сбросов из Матырского водохранилища. Если в Матырском водохранилище полезный запас достаточен для покрытия этого дефицита, то осуществляется сброс, по величине не меньший чем разница санитарно допустимого расхода и потерь на фильтрацию. Если полезного запаса не хватает для полного покрытия дефицита, то поочередно урезаются потребители 2-го приоритета, 1-го приоритета и лишь затем санитарный попуск. Если в результате учета требований всех потребителей объем воды в водохранилище превышает полезную емкость, то осуществляется холостой сброс. В конце расчета определяется площадь зеркала воды и величина испарения уточняется по средней площади водной поверхности и расчет по этому пункту повторяется еще раз.

Далее производится расчет водохозяйственного баланса Воронежского водохранилища. Основными приоритетами при его управлении являются (в порядке ранжирования по важности): поддержание уровня воды в водохранилище в районе НПУ (с небольшим отклонением); удовлетворение нужд потребителей 1-го приоритета; удовлетворение нужд потребителей 2-го приоритета и санитарный попуск в нижний бьеф. Сокращение водоподачи ответственным потребителям осуществляется в дефицитный период последовательно, начиная с пользователей низкого приоритета.

Водохозяйственные балансы транзитных участков рассчитываются также на основе системы приоритетов.

Результатом работ по исследованию водохозяйственного баланса бассейна Верхнего

Дона является принятие расчетных величин водопотребления для отдельных участков рассматриваемой системы и оценка надежности водообеспечения. Сложность этой задачи определяется низкой точностью (неполнотой) оценок компонент водохозяйственного баланса (зачастую вместо реальных величин водопотребления предоставляются проектные данные), несовершенством форм статистической отчетности, не позволяющей разделить потери по видам водопотребления, большой неопределенностью прогнозов развития экономики и соответствующих величин водопотребления, и, наконец, низкой точностью учета стока, вызванной сокращением гидрометрической сети и снижением качества выполнения гидрологических работ.

Экономическая ситуация последних лет сделала абсолютно нереалистичными оценки расчетных прогнозных величин водопотребления, полученные в 1991-1992 гг. и распространенные на период эксплуатации народного хозяйства, т.е., согласно СниП по водоснабжению на ближайшие 20 лет. Как было отмечено, выше коллапс народнохозяйственной системы предопределил существенное сокращение водопотребления всеми потребителями. Соответственно уменьшилось и безвозвратное водопотребление, определяющее “напряженность” водохозяйственного баланса. Изменение водопотребления привело и к кардинальному изменению структуры водохозяйственного баланса, частоты и глубины перебоев в системе. Необходимо отметить, что тенденция к сокращению водопотребления в регионе сохраняется и в последние годы, что подтверждают материалы статистической отчетности.

Следующий важный момент, являющийся следствием несовершенства форм статистической отчетности, заключается в невозможности разделить безвозвратное водопотребление по видам источников – поверхностных и подземных. Как правило, большинство водозаборов расположено в поймах рек и эксплуатируют водоносные горизонты, гидравлически связанные с поверхностными водами. Ущерб по-

верхностному стоку оценивается в каждом конкретном случае и зависит, в том числе и от производительности водозабора. В данной работе такая задача не рассматривалась, поэтому принято следующее решение. Большая часть воды, забираемой из подземных источников, рассматривалась как прямой ущерб поверхностному стоку и как дополнительный ресурс не учитывалась. В качестве дополнительного ресурса в баланс вводятся величины реального водозабора из месторождений подземных вод, эксплуатация которых не наносит ущерба поверхностному стоку. Эти величины были оценены ранее и изменяются от 93 млн.м³ в год на 3-м водохозяйственном участке до 18.7 млн.м³ в год на 6-м.

Управлять эксплуатацией этих месторождений в зависимости от водности года не представляется возможным, и поэтому при расчете приходной части баланса располагаемые ресурсы увеличиваются на соответствующую постоянную величину.

Пренебрегая величинами безвозвратного водопотребления на 1-м и 2-м водохозяйственных участках, примем (на уровень 2000 г.) следующие значения потерь воды (таблица 1). Распределение этих величин по двум группам (1-го и 2-го приоритета) выполнено приближенно, исходя из общей структуры водопотребления областей и опубликованных в литературе сведениях о долях возвратных вод для различных потребителей.

Располагая величинами безвозвратного водопотребления и правилами управления водохозяйственной системой, можно перейти к выполнению имитационного моделирования.

Для выполнения имитационных расчетов с моделью водохозяйственной системы предварительно смоделированы выборки искусственных последовательностей стока для 6 водохозяйственных участков и ряды испарения с водной поверхности. Интервал дискретности в модельных расчетах принят равным одному месяцу, поэтому в качестве основного используется так называемый метод двойной выборки (или метод фрагментов), то есть вначале

Т а б л и ц а 1

Безвозвратное водопотребление по участкам водохозяйственной системы Верхнего Дона
(млн. м³ в год)

Участок	Суммарное безвозвратное водопотребление	1-й приоритет (хозяйственно-питьевые нужды и промышленность)	2-й приоритет (орошение и сельскохозяйственное водоснабжение)
3	183	158	25
4	105	67	38
5	28	18	10
6	20	13	7
Итого	369	289	80

моделируются последовательности годовых значений стока и испарения, а затем с использованием существующих данных по их внутригодовому распределению, осуществляется переход к месячным значениям.

Предлагаемый способ моделирования подробно описан в работе [2]. Он предусматривает переход от гамма-распределенных величин к их обеспеченностям, а затем к нормально распределенным значениям. Учет при моделировании пространственно-корреляционной матрицы осуществляется путем разложения нормализованных последовательностей по совокупности “естественных” или “эмпирических” ортогональных функций (ЕОФ). Требуемые при этом собственные числа и собственные вектора вычисляются итерационным методом [18].

Располагая алгоритмом, можно переходить к моделированию стока в шести створах и испарению с поверхности водохранилищ. Простейший способ решения этой задачи - использование выборочных оценок параметров стохастических моделей коэффициентов разложения для последующей имитации искусственных реализаций.

Однако небольшие значения коэффициентов автокорреляции и их ненадежные выборочные оценки при наличии коротких рядов наблюдений не позволяют рекомендовать такой путь при моделировании полей стока. Необходи-

мо осуществить нормирование (или осреднение) параметров, не поддающихся достоверному оцениванию по коротким выборкам [1].

Во-первых, необходимо определить районное значение асимметрии рядов годового стока, что уже было сделано выше для рассматриваемого примера. Для годового стока целесообразно назначать соотношение C_s/C_v равным двум.

Во-вторых, в качестве стохастической модели многолетних колебаний стока целесообразно применение процессов Маркова. Известно, что для марковского процесса нормированная корреляционная функция записывается в виде $r(t) = e^{-at}$ и полностью определяется заданием параметра a или значением коэффициента автокорреляции при $t=1$ ($r(1)$). Значение $r(1)$ рекомендуется назначать либо в зависимости от нормы стока [13], либо принимать его районное значение [1, 14]. Заметим, что коэффициенты взаимно- и автокорреляции для нормально и гамма-распределенных последовательностей различаются, что определяется различием соответствующих двумерных законов распределения и выборочных свойств оценок.

В данном методе моделирования коэффициенты парной и автокорреляции нормально распределенных величин теоретически меньше соответствующих параметров для равномерно- и гамма-распределенных последова-

тельностью. Для определения коэффициентов корреляции нормально распределенных величин по заданным коэффициентам корреляции для гамма-распределенных последовательностей можно пользоваться зависимостями, приведенными в работе А.В. Рождественского [17].

Коэффициент автокорреляции $r(l)$ нормальных величин положим равным 0,1 для всех створов. Взаимные корреляционные функции зададим в соответствии с рекомендациями, сформулированными выше. В качестве коэффициентов вариации моделируемых рядов примем их моментные оценки (таблица 2). Собственные вектора корреляционной матрицы нормально распределенных величин, вычисленные итерационным методом, представлены в таблице 3. Определив собственные вектора и задав авто- и взаимокорреляционные функции последовательностей, имеющих нормальное распределение, рассчитаем на основе теоремы о линейном преобразовании случайной функции автовариационные функции коэффициентов разложения по ЕОФ и параметры соответствующих авторегрессионных моделей (таблица 4).

Имея искусственные последовательности притока к основным водохозяйственным уча-

сткам продолжительностью 1000 лет выполним водохозяйственный расчет в соответствии с описанными выше правилами управления и получим 12000 среднемесячных значений стока в узлах расчетной схемы и наполнений водохранилищ.

На рис. 3 в качестве одного из примеров представлены кривые обеспеченности санитарных попусков реки Воронеж в нижнем бьефе Воронежского водохранилища и р. Дон у г. Нововоронеж. Кривые обеспеченности построены по совокупности среднемесячных значений стока в млн. м³ для выборки объемом 12000 значений.

Данные, представленные на рис. 3 свидетельствуют, что в современных условиях, характеризующихся резким спадом безвозвратного водопотребления в бассейне, гарантия санитарно-допустимых величин стока (и величин самого безвозвратного водопотребления) очень высокая. Так, из 12000 среднемесячных значений стока р. Дон у г. Нововоронеж 11931 являются бесперебойными. Несколько меньше гарантия соблюдения санпопуска в нижнем бьефе Воронежского водохранилища, но это связано с принятыми правилами управления:

Т а б л и ц а 2

Исходные данные для моделирования годовых значений стока в расчетных створах (млн. м³) и испарения с водохранилищ (мм/год), оценки параметров распределений стока и парные корреляции нормализованных последовательностей

№ пункта	Водохозяйственный участок	Параметры распределения			Коэффициент автокорреляции $r(l)$	Парные корреляции						
		среднее	C_v	C_s/C_v		1	2	3	4	5	6	7
1	Р. Дон (исток - г. Задонск)	125	0,26	C_v	0,1	1,00	0,56	0,55	0,68	0,61	0,94	0,23
2	Р. Матыра (исток - устье)	13,4	0,33	$2C_v$	0,1		1,00	0,88	0,74	0,55	0,62	0,73
3	Р. Воронеж (исток - г. Липецк) без р. Матыры	36,8	0,29	C_v	0,1			1,00	0,81	0,50	0,70	0,62
4	Р. Воронеж (г. Липецк - устье)	19	0,3	C_v	0,1				1,00	0,63	0,81	0,41
5	Р. Дон (г. Задонск - г. Нововоронеж)	27,5	0,29	C_v	0,1					1,00	0,63	0,41
6	Р. Дон (г. Нововоронеж - г. Лиски)	33	0,29	C_v	0,1						1,00	0,27
7	Испарение с водохранилищ	667,8	0,15	C_v	0,1							1,00

Т а б л и ц а 3

Собственные вектора корреляционной матрицы нормально распределенных последовательностей

№ вектора	№ пункта						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0,37	0,41	0,41	0,41	0,34	0,40	0,28
2	-0,46	0,33	0,23	-0,10	-0,14	-0,40	0,66
3	-0,01	-0,14	-0,37	-0,21	0,84	-0,15	0,25
4	-0,56	-0,03	0,24	0,54	0,32	-0,22	-0,44
5	-0,05	-0,58	-0,25	0,57	-0,18	0,13	0,47
6	-0,16	-0,56	0,65	-0,38	0,12	0,28	0,08
7	-0,56	0,24	-0,31	-0,13	-0,01	0,72	0,01

Т а б л и ц а 4

Автокорреляционные функции коэффициентов разложения по ЕОФ

№ вектора	Сдвиг, г	
	0	1
1	4,735	0,525
2	1,120	0,124
3	0,533	0,059
4	0,332	0,037
5	0,149	0,017

большой приоритет присвоен поддержанию уровня воды в водохранилище возле НПУ.

Результаты имитационных расчетов показали, что при современном уровне водопотребления имеет место высокий уровень надежности бесперебойной эксплуатации водных ресурсов ответственными водопотребителями.

Выводы

Сокращение величин безвозвратного водопотребления в бассейне Верхнего Дона в последние годы привело к уменьшению “напряженности” водохозяйственного баланса. По данным статистической отчетности в последние 10 лет наблюдается снижение водопотребления и водоотведения.

Существующая водохозяйственная система Верхнего Дона представляет собой совокуп-

ность емкостей регулирования и водопотребителей, чьи интересы согласуются лишь на отдельных участках. Более сложные схемы управления отсутствуют, в результате чего гарантированное водоснабжение потребителей, расположенных ниже створа Воронежского гидроузла определяется в основном величинами “естественного” притока.

По прежнему остается весьма “нечеткой” стратегия снижения водоподачи ответственным потребителям при наступлении дефицитного периода. Отсутствуют рекомендации, однозначно определяющие величины безвозвратных изъятий стока в годы с водностью, обеспеченность которой равна или больше расчетной.

Результаты данного исследования отражают современный уровень хозяйственной дея-

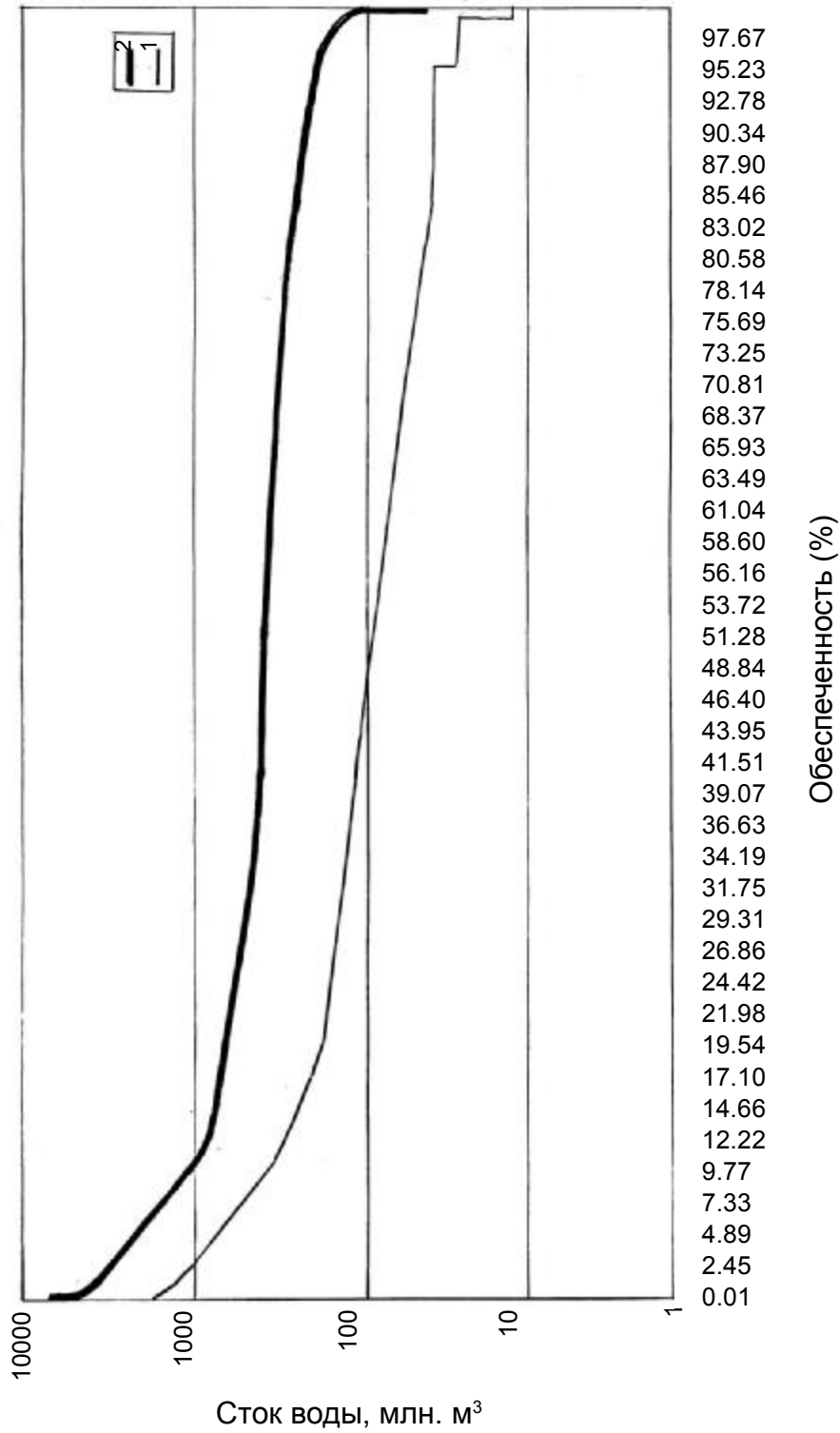


Рис. 3. Кривые обеспеченности санитарных попусков р. Воронеж у г. Воронеж (1) и р. Дон у г. Нововоронеж (2)

Современное состояние и перспективы использования водных ресурсов бассейна Верхнего Дона

тельности в бассейне. Очевидно, что экономика современного этапа нестабильна. Поэтому в дальнейшем будет необходимо рассмотреть несколько сценариев ее развития.

В целом, результаты проведенного исследования показывают, что водные ресурсы региона позволяют гарантировать техническое водоснабжение ответственных потребителей из поверхностных источников при современном уровне безвозвратного водопотребления. Однако при разработке схемы управления водохозяйственной системой потребуются принятие решения о пересмотре существующих правил управления и переоценке ряда санитарно-экологических характеристик. Такого рода исследования необходимо продолжать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болгов М.В., Лобода Н.С., Николаевич Н.Н. Групповая оценка параметров стохастических моделей стока // Метеорология и гидрология. – 1993. – №7. – С. 83-91.
2. Болгов М.В. Моделирование многомерных гидрологических характеристик методом разложения по естественным ортогональным функциям // Метеорология и гидрология. – 1994. – №7. – С. 82-95.
3. Вода России. Речные бассейны. – Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, 2000. – 536 с.
4. Доклад о состоянии окружающей природной среды Воронежской области в 1993 году. – Воронеж, 1994. – 98 с.
5. Доклад о состоянии окружающей природной среды Воронежской области в 1994 году. – Воронеж, 1995. – 82 с.
6. Доклад о состоянии окружающей природной среды Воронежской области в 1995 году. – Воронеж, 1996. – 169 с.
7. Доклад о состоянии окружающей природной среды Воронежской области в 1996 году. – Воронеж, 1997. – 151 с.
8. Доклад о состоянии окружающей природной среды Воронежской области в 1997 году. – Воронеж, 1998. – 181 с.
9. Доклад о состоянии окружающей природной среды Воронежской области в 1998 году. – Воронеж: Истоки, 1999. – 232 с.
10. Доклад о состоянии окружающей природной среды Воронежской области в 1999 году. – Воронеж: ВГУ, 2000. – 204 с.
11. Доклад об использовании природных ресурсов и состоянии окружающей среды Воронежской области в 2000 году. – Воронеж: ВГУ, 2000. – 143 с.
12. Мишон В.М. Река Воронеж и ее бассейн. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 291 с.
13. Раткович Д.Я. Многолетние колебания речного стока. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 250 с.
14. Резниковский А.Ш., Великакнов М.А., Костина С.Г. и др. Гидрологические основы гидроэнергетики. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 263 с.
15. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – Том 7: Донской бассейн. – 459 с.
16. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. – Л.: Гидрометеоздат, 1964. – Том 7: Донской бассейн. – 266 с.
17. Рождественский А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 270 с.
18. Фаддеев Д.К., Фаддеева Д.Н. Вычислительные методы линейной алгебры. – Л.: Физматгиз, 1963. – 734 с.