

ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАТИВНО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА НИЖНЕГО ДОНА В ТЕКУЩИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

© 2023 г. В. А. Шевченко^{а,*}, С. Д. Исаева^{а,**}, Э. Б. Дедова^{а,***}

^аФедеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, Москва, Россия

*E-mail: shevchenko.v.a@yandex.ru

**E-mail: isaevasofia@gmail.com

***E-mail: dedova@vniigim.ru

Поступила в редакцию 17.11.2023 г.

После доработки 23.11.2023 г.

Принята к публикации 27.11.2023 г.

Многолетние климатические изменения привели к снижению водности ряда рек России. В бассейне р. Дон фаза низкой водности продолжается с 2007 г. Кроме того, в связи с потеплением климата наблюдаются значительные колебания внутригодового гидрологического режима. Климатическая ситуация и высокая антропогенная нагрузка на водные ресурсы осложняют условия развития орошаемого земледелия. В то же время на Нижнем Дону существует очевидная необходимость увеличения площади поливных земель. Авторами статьи предложен ряд мер, способствующих эффективному развитию водохозяйственного комплекса Нижнего Дона на фоне дефицита водных ресурсов. Рассмотрена возможность пополнения стока р. Дон. В условиях Азово-Донского бассейна может быть применена разработанная в Федеральном научном центре гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова геоинформационная веб-система поддержки принятия решений по интегральному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом. Предлагаемая гидродинамическая модель Нижнего Дона может быть использована в целях формирования оптимальных режимов функционирования Цимлянского гидроузла в интересах сельскохозяйственных и рыбохозяйственных водопользователей.

Ключевые слова: речной бассейн, климатические изменения, дефицит водных ресурсов, мелиоративно-водохозяйственный комплекс, орошение, веб-технология.

DOI: 10.31857/S0869587323120071, **EDN:** NMEUOZ

Мелиоративно-водохозяйственный комплекс предназначен для обеспечения устойчивого водопользования, которое способствует эффективному развитию сельского хозяйства, укреплению продовольственной безопасности и решению социально-экономических задач регионов нашей страны. При значительных объемах водных ресурсов, которыми

обладает Россия в целом, регионы, расположенные на юге европейской территории, испытывают дефицит воды, прежде всего для нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также сельскохозяйственного производства и судоходства.

Многолетние климатические изменения привели к снижению водности ряда рек России. Со-



ШЕВЧЕНКО Виктор Александрович – академик РАН, директор ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова. ИСАЕВА София Давидовна – доктор технических наук, заведующая отделом экосистемного водопользования и предотвращения опустынивания земель, главный научный сотрудник ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова. ДЕДОВА Эльвира Батуревна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, заместитель директора по науке, главный научный сотрудник отдела экосистемного водопользования и предотвращения опустынивания земель ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова.

Таблица 1. Ресурсы речного стока в сопоставлении со среднемноголетними значениями (по данным Росводресурсов)

Водосборный бассейн рек	Площадь водосборного бассейна, км ²	Среднее многолетнее значение водных ресурсов, км ³ /год	Водные ресурсы, км ³ /год					Отклонения от среднемноголетнего значения, %				
			2010	2015	2020	2021	2022	2010	2015	2020	2021	2022
Северная Двина	357.0	101.0	97.4	86.1	130.0	87.0	94.5	-3.6	-14.5	28.6	-13.9	-6.4
Печора	322.0	129.0	151.0	170.6	185.0	143.0	127.0	17.1	39.2	43.4	10.9	-1.6
Волга	1360.0	238.0	234.0	189.1	293.0	215.0	216.0	-1.7	-16.8	23.1	-9.7	-9.2
Дон	422.0	25.5	18.3	12.1	10.8	11.8	13.6	-28.2	-52.5	-57.6	-53.7	-46.7
Кубань	57.9	13.9	13.8	9.84	6.46	14.0	12.5	-0.7	-29.2	-53.5	0.7	-10.1
Терек	43.2	10.5	12.0	10.0	8.26	10.1	9.7	14.3	-4.8	-21.3	-3.8	-8.1

крашение величины годового стока характерно для Волги и Кубани, а также для Дона, но из всех рек только в бассейне р. Дон фаза низкой водности продолжается с 2007 г. [1]. В 2021 и 2022 гг. объём стока составил 53 и 47% нормы соответственно. Ресурсы речного стока за ряд лет в сопоставлении со среднемноголетними значениями, полученными на основе расчётов за период 1936–1980 гг., представлены в таблице 1.

В связи с потеплением климата помимо общего сокращения объёмов речного стока наблюдаются существенные изменения внутригодового гидрологического режима р. Дон. Из-за повышения температур в зимний период значительная часть талых вод расходуется на инфильтрацию, возрастает питание рек за счёт разгрузки подземных вод. Перераспределение происходит на общем фоне уменьшения модуля стока подземных вод в бассейне Дона за 1978–2010 гг. с северо-запада на юго-восток от 3.1 л/с·км² (Дон в створе Задонск) до 1.4 л/с·км² (р. Хопер, створ Бесплемянновский) и до 0.8 л/с·км² на р. Медведице (створ Арчединская) [2]. В зимнюю и летнюю межень речной сток формируется полностью за счёт подземного стока. Летний межень особенно критичен для сельскохозяйственного водоснабжения.

Статистика стихийных бедствий, обусловленных водным фактором [1], включая как высокие паводки, в том числе в осенний период, так и засухи, свидетельствует, что увеличиваются их повторяемость и уровень разрушительности, а тем более экономический ущерб от них. Предполагается, что это одно из проявлений глобальных климатических изменений. По прогнозам [3], водный режим рек России в ближайшие два десяти-

летия по основным параметрам будет близким к наблюдавшемуся в последние 30–35 лет. Ожидаемое повышение температуры воздуха зимой позволяет предположить, что увеличенный зимний сток рек сохранится в ближайшие два–три десятилетия, а относительная доля весеннего стока в годовом объёме будет уменьшаться.

Вода в р. Дон [1, 3, 4] по своему качеству оценивается преимущественно как “загрязнённая”, а на участке г. Ростов-на-Дону – г. Азов – “грязная”. Основные загрязнители – соединения железа, меди, сульфаты, органические вещества (по БПК⁵ и ХПК²). Среднегодовые концентрации органических веществ в 2021 г. достигали 3.5–3.7 мг/л по БПК⁵ и 18.8–19.8 мг/л по ХПК, содержание соединений меди превышало предельно допустимые концентрации в 3–4 раза [1]. Загрязнение во многом зависит от экологического состояния притоков, испытывающих большую антропогенную нагрузку. Качество воды в реке Дон и его притоках определяется сбросами коммунально-бытовых стоков, поверхностным смывом с территорий населённых пунктов и земель сельскохозяйственного назначения, чрезмерной зарегулированностью речного стока, что приводит к эвтрофикации водных объектов, накоплению донных отложений, содержащих техногенные за-

¹ БПК⁵ – биохимическое потребление кислорода (БПК⁵, мгО₂/дм³) – количество кислорода, израсходованное за 5 суток в процессе биохимического окисления органических веществ, содержащихся в анализируемой воде (условная мера загрязнения вод органическими соединениями).

² ХПК – химическая потребность в кислороде (мгО₂/л) – количество кислорода, потребляемое при химическом окислении содержащихся в воде органических и неорганических веществ под действием различных окислителей.

грязняющие вещества, сокращению ёмкости водохранилищ.

Нагонные явления, связанные со средиземно-морскими циклонами, активизируют абразионно-эрозионные процессы в Таганрогском заливе и дельте Дона. Те же процессы широко развиты до Цимлянского водохранилища включительно [5]. Усилению негативных процессов способствует геологическое строение берегов и возрастающая антропогенная нагрузка. В этой связи приобретают актуальность детальный мониторинг состояния берегов, обоснование конструктивных особенностей защитных инженерных сооружений и проведение работ по укреплению берега с применением геомембран, геоматов или габионов.

Учитывая состояние русел малых рек Донского бассейна и самого Дона, их заиление и обмеление, необходимо проводить работы по углублению дна с последующей утилизацией изъятых донных отложений. Как показали совместные исследования сотрудников Федерального научного центра гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова и Кубанского государственного аграрного университета им. И.Г. Трубилина, для складирования этих отложений пригодны геотекстильные контейнеры.

Главное богатство бассейна Дона – почвенные ресурсы: чернозёмы занимают здесь 65% территории. По данным Министерства сельского хозяйства РФ на 2023 г., мелиорируемые площади в бассейне занимают 265.1 тыс. га, из которых системы, находящиеся в государственной собственности, располагаются на 246 тыс. га. Протяжённость магистральных каналов – 1600 км, сбросной коллекторно-дренажной системы – 800 км. Воду подают 102 насосные станции. Орошаемые земли занимают площадь 237 тыс. га (96% площади мелиорированных земель), но поливается только четвертая часть, точнее 24.2%. Дождевание в настоящее время используется на площади порядка 33 тыс. га, капельное орошение – на 6 тыс. га, на рисовые чеки приходится 18 тыс. га. Средняя оросительная норма на гектар составляет в Ростовской области от 3 до 4.5 и более тыс. м³ воды.

Принимая во внимание необходимость вовлечения в оборот орошаемых земель, для снижения водно-экологической напряжённости можно предложить следующие меры.

С целью нормализации хозяйственно-питьевого водоснабжения целесообразно рассмотреть перспективы использования подземных вод. В настоящее время в Ростовской области из разведанных 847 тыс. м³/сут таких вод освоено лишь 94 тыс. м³/сут [1]. По оценкам, около 65% подземных вод можно использовать без предварительной очистки. Сложность их доставки до потребителей состоит в значительном удалении место-

рождений от крупных промышленных городов, но учитывая социально-экономическую значимость вопроса, его необходимо решать. В особо засушливые периоды возможно изъятие допустимых объёмов подземных вод для использования в комплексе с поверхностными, в том числе для орошения. Изъятие подземных вод из естественных ресурсов в значительных объёмах как вынужденная временная мера также возможно, но в этом случае отбор предполагается только на протяжении 1–2 маловодных лет с последующим прекращением откачки и (при возможности) искусственным восполнением запасов. Это необходимая мера с точки зрения охраны водных ресурсов. По данным исследования условий искусственного восполнения подземных вод в европейской части России, которое было проведено в 1980-х годах Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрогеологии и инженерной геологии (с 2002 г. – научно-производственная компания “ВСЕГИНГЕО”), потенциальные условия для решения задачи такого рода выявлены на юге и юго-востоке Ростовской области, а также в сопредельных Волгоградской области и Краснодарском крае.

Пополнение стока Дона за счёт изъятия части стока Волги возможно, но трезво оценивая сложность реализации такого масштабного гидротехнического проекта, необходимо системно рассмотреть эту проблему и научно обосновать возможность пополнения стока не только Дона, но и Волги за счёт северных рек (Вычегда, Сухона, Печора, Онега, Северная Двина и др.). Для этого целесообразно провести междисциплинарные исследования с учётом сложившихся социально-экономических условий, климатической ситуации, инновационных технических решений в сфере строительства, гидротехники, водообеспечения и экологии. Такой подход открывает новые перспективы в инновационном управлении мелиоративно-водохозяйственным комплексом европейской части России с тем, чтобы создать условия для противодействия негативным климатическим явлениям и обеспечить устойчивое сельскохозяйственное производство в зоне недостаточного увлажнения.

С целью совершенствования планирования и управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом необходимо перейти на новый технологический уровень интегрального управления с применением автоматизированных систем, геоинформационных и веб-технологий, а также жёстким контролем водопотребления и водоотведения. Интегральное управление предполагает синхронный процесс контроля и комплексного (системного) управления техническим состоянием гидротехнических сооружений, экологическим состоянием мелиорированных земель и водных объектов (водоисточников и водоприёмников) [6].

Эффективное интегральное управление водными ресурсами должно базироваться на достоверной информации, получаемой на стадии информационно-аналитического обоснования принятия решений. Такой подход и необходимость сложной работы всех звеньев мелиоративно-водохозяйственной системы предполагает совершенствование комплексного экологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, включая согласованный и синхронизированный контроль мелиоративного состояния земель, почвенного покрова, поверхностных и подземных вод, гидротехнических сооружений [6]. Система позволяет координировать действия: на локальном уровне (службы эксплуатации мелиоративных систем) при принятии решений в обычном режиме и при внештатной ситуации; на региональном (исполнительные органы государственной власти) – при выполнении программ развития водохозяйственного комплекса, включая мероприятия проектного и восстановительного характера; бассейновом (управление водными ресурсами) – при оптимизации мер использования и охраны водных ресурсов; наконец, на федеральном уровне – обеспечение разработки госпрограмм, нацеленных на развитие сельского хозяйства, мелиорацию земель и водохозяйственный комплекс АПК.

Особенность перечисленных мер, принимаемых на разных иерархических уровнях управления, – системность и целостность целеполагания, планирования, определения задач и методов их решения, что в совокупности способствует инновационному развитию всего водохозяйственного комплекса АПК. Реализация системного подхода к оценке сложившейся ситуации и обоснованию решений возможна в рамках интегрального (синхронного) управления водными ресурсами, гидротехническими сооружениями, мелиоративным состоянием земель и плодородием почв. В определении приоритетности задач управления значимую помощь могут оказать численные методы оптимизации, позволяющие реализовать планомерное ведение сельского хозяйства и водопользования с учётом экономической эффективности, социальной целесообразности и экологических ограничений.

Большая роль в повышении эффективности водопользования в районе Нижнего Дона принадлежит действующей Ростовской гидрогеолого-мелиоративной партии – филиалу Управления мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Ростовской области (“Ростов-мелиоводхоз”). Воссоздание системы таких экспедиций и партий в других областях и речных бассейнах крайне важно. Необходимо обеспечить данные структуры профильными специалистами, а также программным и иным оснащением, связанным с использованием геоинформационных

технологий, что будет способствовать совершенствованию системы управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом на основе оперативного получения достоверной информации за счёт комплексного экологического мониторинга водных объектов, гидротехнических сооружений, мелиоративного состояния земель и плодородия почв.

В Федеральном научном центре гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова разработана геоинформационная веб-система поддержки принятия решений по интегральному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом, которая может быть апробирована в условиях Азово-Донского бассейна [7, 8] (рис. 1).

С целью совершенствования системы управления в ВЦ ВНИИГиМ разработана гидродинамическая модель Нижнего Дона, позволяющая формировать оптимальные режимы работы Цимлянского гидроузла в интересах сельскохозяйственных и рыбохозяйственных водопользователей, а также водного транспорта, прогнозировать зоны затопления для планирования противопаводковых мероприятий [9] (рис. 2). Подобная гидродинамическая модель предложена для реки Кубань, она позволяет управлять водопользованием на мелиоративных системах водосборного бассейна, а также планированием попусков, решать и другие задачи на Нижней Волге [10].

Для снижения техногенной нагрузки и непродолжительных потерь воды в Азово-Донском бассейне необходима модернизация мелиоративных систем. С этой целью первоначально нужно провести их технико-технологический аудит, который позволит оценить эффективность функционирования мелиоративных водохозяйственных систем на текущий момент для перспективного планирования развития сельского хозяйства [6]. В обоснование решений на основе аудита входит оценка наличия и качества водных ресурсов и возможности увеличения объёмов их использования, технического состояния и эффективности гидротехнических сооружений, а также сложившегося мелиоративного состояния земель и плодородия почв. Для постоянного контроля за ситуацией и управления ею необходима организация комплексного экологического мониторинга силами гидрогеолого-мелиоративных партий.

Можно заключить, что аридизация климата в Азово-Донском бассейне и высокая антропогенная нагрузка на водные ресурсы осложняют условия развития орошаемого земледелия. В то же время очевидна необходимость увеличения площади поливных земель на Нижнем Дону, введения в оборот орошаемых земель. Нужно модернизировать мелиоративные системы, внедрять

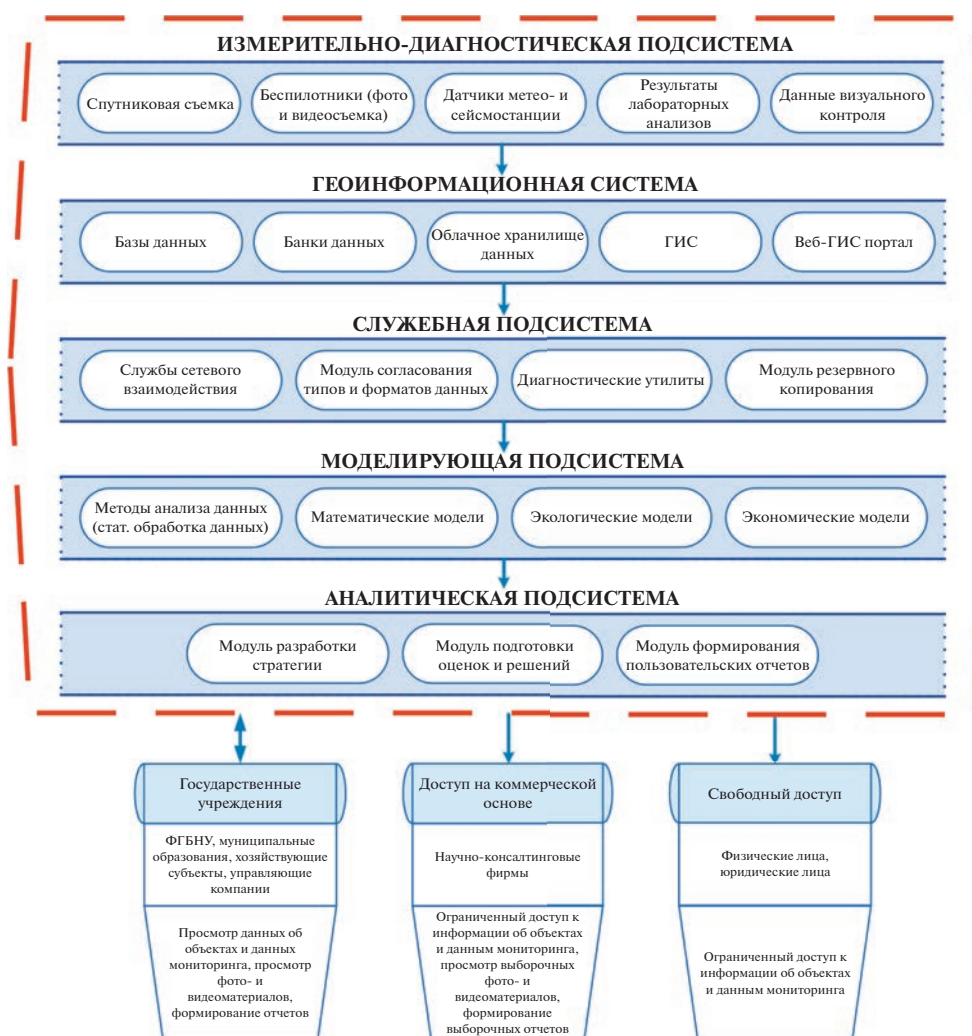


Рис. 1. Геоинформационная веб-система поддержки принятия решений по интегральному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом

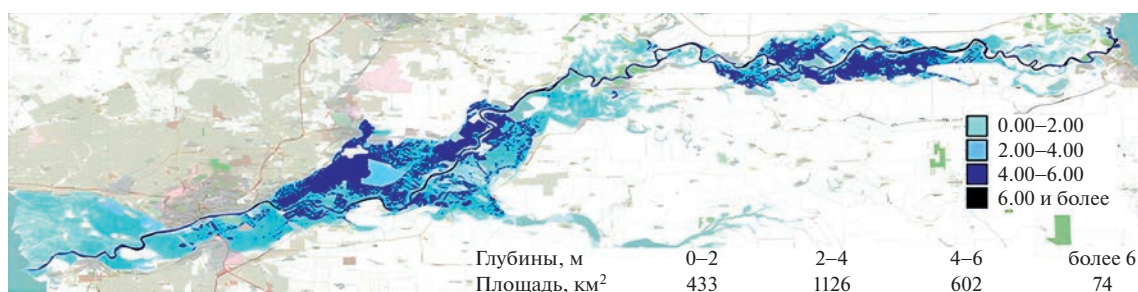


Рис. 2. Зоны и глубина затопления на участке р. Дон от г. Калач-на-Дону до устья Азовского моря
Источник: [9]

инновационные технологии в водопользовании, прежде всего в орошение, полностью исключить сброс недостаточно очищенных вод в малые реки-притоки и собственно в Дон за счёт строительства современных очистных сооружений.

С целью нормализации хозяйственно-питьевого водоснабжения в регионе целесообразно

рассмотреть перспективы увеличения добычи подземных вод. При определённых условиях их ресурсы в особо засушливые периоды могут использоваться как дотация к поверхностным водам, в том числе и для орошения земель.

Повышение эффективности мелиоративно-водохозяйственного комплекса зависит от пере-

хода на новый технологический уровень управления, предполагающий применение автоматизированных систем принятия решений, широкое использование геоинформационных и веб-систем, автоматических систем наблюдений.

Представляется целесообразным рассмотреть возможность междисциплинарного обоснования пополнения стока р. Дон за счёт северных рек европейской части России. Для обеспечения адекватности и надёжности управления ситуацией в Азово-Донском бассейне необходимо достоверное информационно-аналитическое обоснование принимаемых решений на базе комплексного экологического мониторинга состояния компонентов мелиоративно-водохозяйственного комплекса: водных ресурсов, гидротехнических сооружений, мелиоративного состояния земель. Интегральное решение вопроса позволит повысить эффективность мелиоративно-водохозяйственного комплекса Нижнего Дона, стабилизировать водно-экологическую и социально-экономическую ситуацию в регионе в условиях изменения климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проект государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2022 году // https://www.mnr.gov.ru/docs/proekty_pravovykh_aktov/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_v_rossiyskoy_federats/
2. Современные ресурсы подземных и поверхностных вод европейской части России. Формирование, распределение, использование. М.: ГЕОС, 2015.
3. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. <http://voeikovmgo.ru/download/2014/od/od2.pdf>
4. Болгов М.В., Беляев А.И., Пугачёва А.М. и др. Азово-Донская водная проблема // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 6. С. 755–766.
5. Матишов Г.Г., Клещенко А.В., Григоренко К.С. и др. Изменение водного баланса в бассейне Нижнего Дона в условиях маловодья // Наука юга России. 2018. Т. 14. № 3. С. 45–55.
6. Шевченко В.А., Исаева С.Д., Дедова Э.Б. Новый этап развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса Российской Федерации // Вестник РАН. 2023. Т. 93. № 4. С. 355–361.
7. Матвеев А.В., Дедова Э.Б., Исаева С.Д., Шабанов Р.М. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ “Геоинформационная веб-система поддержки принятия решения по интегрированному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом Республики Калмыкия”.
8. Талызов А.А. Применение современных технологий получения, передачи и обработки информации при решении задачи управления гидромелиоративной системой // Сборник ВНИИГиМ, 2023. С. 278–285.
9. Бубер А.А., Бубер А.Л. Разработка гидродинамической модели Нижнего Дона // Сборник “Современные проблемы развития мелиорации и пути их решения (Костяковские чтения)”; Материалы международной научно-практической конференции. Форум молодых учёных // Сборник трудов молодых учёных. М., 2020. С. 100–106.
10. Bolgov M.V., Buber A.L., Komarovskii A.A., Lotov A.V. Search for compromise decisions in the planning and managing of releases into the lower pool of the Volgograd hydropower system. Tactical planning and dispatching control // Water Resources. 2019. Т. 46. № 3. С. 480–491.

PROBLEMS OF THE RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT COMPLEX THE LOWER DON IN THE CURRENT CLIMATIC CONDITIONS

V. A. Shevchenko^{1, #}, S. D. Isaeva^{1, ##}, and E. B. Dedova^{1, ###}

¹*Afederal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia*

[#]*E-mail: shevchenko.v.a@yandex.ru*

^{##}*E-mail: isaevasofia@gmail.com*

^{###}*E-mail: dedova@vniigim.ru*

Long-term climatic changes have led to a decrease in the water content of a number of Russian rivers. In the pool of R. The Don phase of low water content has been going on since 2007. In addition, due to climate warming, significant fluctuations in the intra-annual hydrological regime are observed. The climatic situation and high anthropogenic pressure on water resources complicate the conditions for the development of irrigated agriculture. At the same time, there is an obvious need to increase the area of irrigated land on the Lower Don. The authors of the article propose a number of measures that contribute to the effective development of the Nizhny Don water management complex against the background of water scarcity. The possibility of replenishing the flow of the Don River is considered. In the conditions of the Azov-Don basin, a geoinformation web-based decision support system for integrated management of the reclamation and water management complex developed at the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov can be used. The proposed hydrodynamic model of the Lower Don can be used in order to form optimal modes of operation of the Tsimlyansk hydroelectric complex in the interests of agricultural and fisheries water users.

Keywords: river basin, climate change, water resource deficit, land reclamation and water management complex, irrigation, web technology.